

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MANAGEMENT ÎN PRODUCȚIE ȘI
TRANSPORTURI
CATEDRA DE MECANIZARE ȘI INGINERIA TRANSPORTURILOR

Ing. Dumitru IANCULUI

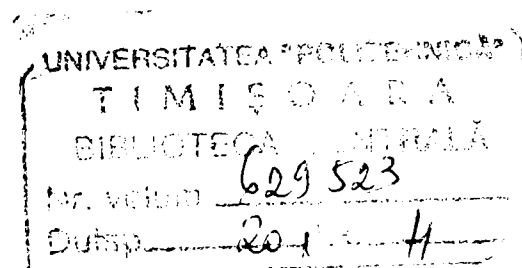
TEZĂ DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND STABILIREA INTERDEPENDENȚEI
DINTRE PARAMETRII CONSTRUCTIVI ȘI FUNCȚIONALI
AI DISPOZITIVELOR DE STROPIT ELECTROSTATIC ȘI
EFICIENȚA TRATAMENTELOR

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Conducător științific

Prof. univ. dr. ing. Constantin ȘTEFAN



TIMIȘOARA

2001

PREFAȚĂ

Pe această cale, doresc să aduc mulțumiri tuturor celor care, într-un fel sau altul, m-au sprijinit și au fost alături de mine, la realizarea acestei lucrări.

Exprim întreaga mea grațitudine și recunoștință, pentru înalta competență științifică cu care m-a îndrumat în toți acești ani, domnului Prof. dr.ing. **Constantin ȘTEFAN**. Sfaturile domniei sale, generatoare de optimism și încredere, criticile sale pertinente, materialul bibliografic, atât cât a fost, pus la dispoziție, m-au ajutat pe parcursul elaborării tezei.

Aduc mulțumiri domnului Prof.dr.ing. Dumitru TOADER și Șef lucr.ing. Constantin BLAJ, din cadrul catedrei de Electrotehnică, care cu pasiune și pricepere, m-au ajutat la realizarea părții teoretice și experimentale, cu privire la încărcarea picăturilor cu sarcină electrică și depunerea acestora pe plante.

Gîndurile mele se îndreaptă spre Conf.dr.ing. Viorel TITIHĂZAN, de la catedra de Electroenergetică, Prof.dr.ing. Anton POLICEC, de la catedra de Telecomunicații, As. ing. Gheorghe VANCI și As. ing. Liviu BĂJAN din cadrul catedrei de Mașini, acționări și utilizarea energiei electrice, care cu deosebită bunăvoință, m-au ajutat și mi-au dat sfaturi prețioase în alegerea metodicii și aparaturii de măsurare și susținut pe toată perioada de elaborare a lucrării.

Calde mulțumiri domnului Prof.dr.ing. Ioan DĂNILĂ, domnului Prof.dr.ing. Constantin NICA de la catedra de MIT, domnului Prof. dr. Gheorghe BABESCU, de la catedra de Matematici și Conf. dr.mat. N. COCIU, de la catedra de Management, pentru sfaturile și sugestiile lor prețioase, la rezolvarea multor probleme, cât și pentru sprijinul moral acordat.

De asemenea mulțumesc foarte mult, domnului Șef lucr.dr.ing. Petru NEGREA de la catedra de Tehnologie chimică anorganică și protecția mediului și domnului ing. chimist Florin ELENES, de la Academia Română, filiala Timișoara, pentru sugestiile date în efectuarea măsurătorilor depunerii și alegerea substanțelor cu care s-a stropit și s-a pus în evidență avantajul stropirii cu picături încărcate

Doresc să exprim profunda mea grațitudine, domnului Conf.dr.ing. Gh. SIMEREA, de la USAMVB Timișoara (fost la Stațiunea Pomicolă Caransebeș), și d-lui ing. Valentin STAMATE, șeful laboratorului de cercetare S3 - Mașini pentru combaterea bolilor și dăunătorilor", din cadrul Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Mașini destinate agriculturii și Industriei Alimentare din București, pentru ajutorul și sfaturile lor utile, acordate pe întreaga perioadă.

Mulțumiri deosebite se cuvin, și colegilor din Catedra de Mecanizare și Ingineria Transporturilor, Șef. lucr.dr.ing. Werner ȘTEFĂNESCU, As.ing.dr. Sorin BUNGESCU, Șef.lucr.dr.ing. Attila GONCZI și Șef.lucr.ing.Remus URSULESCU și, pentru ajutorul acordat în toți acești ani.

Recunoștință deosebită se cuvine de asemenea **familiei mele**, pentru înțelegerea manifestată și ajutorul enorm pe care mi l-a dat pe toată perioada de elaborare a lucrării de față.

Ing. Dumitru IANCULUI

CUPRINS

INTRODUCERE	1
Capitolul 1.	
STADIUL ACTUAL AL PROCESELOR DE COMBATERE A BOLILOR ȘI DĂUNĂTORILOR ÎN PRODUCȚIA AGRICOLĂ	3
Capitolul 2.	
STUDII ASUPRA CARACTERISTICILOR PRODUSELOR DE COMBATERE ȘI A PRODUSELOR VEGETALE, CARE INFLUENȚEAZĂ EFICACITATEA STROPirii ELECTROSTATICE	8
2.1.- Studii asupra caracteristicilor fizice și electrice ale produselor de combatere folosite la stropirea electrostatică.....	8
2.1.1.- Greutatea specifică.....	8
2.1.2.- Densitatea.....	9
2.1.3.- Conductivitatea electrică.....	9
2.1.4.- Permitivitatea.....	12
2.1.5.- Tensiunea superficială.....	14
2.1.6.- Vâscozitatea.....	17
2.1.7.- Dimensiunile picăturilor.....	18
2.2.- Modul de aplicare a produselor de combatere.....	18
2.3.- Studii asupra factorilor de care depinde reținerea produsului de combatere.....	19
Capitolul 3.	
STADIUL ACTUAL AL METODELOR ȘI ECHIPAMENTELOR DE ÎNCĂRCARE A PICĂTURILOR ȘI ASPECTE PRIVIND COMPORTAREA PLANTE-LOR DIN PUNCT DE VEDERE ELECTRIC	20
3.1.- Stadiul actual privind metodele de încărcare cu sarcină electrică, a picăturilor.....	21
3.1.1.- Metoda de încărcare prin contact.....	21
3.1.2.- Metoda de încărcare prin descărcări locale (efect Corona).....	22
3.1.3.- Metoda de încărcare prin influență electrică (inducție electrică).....	25
3.1.4.- Considerații privind alegerea metodei de încărcare.....	28
3.1.5.- Limita maximă de încărcare (limita RAYLEIGH).....	29
3.2.- Considerații actuale privind transferul de sarcină tranzitorie în plantele vii la stropirea electrostatică.....	31
3.2.1.- Influența secetei asupra capacității plantelor de a realiza un transfer de sarcină electrică.....	31
3.2.2.- Modelul plantelor din punct de vedere electric.....	37
3.3.- Stadiul actual al sistemelor și echipamentelor de stropire electrostatică, realizate peste hotare.....	39
3.3.1.- Echipamente pentru pulverizarea pneumatică și încărcarea prin descărcări locale corona.....	39
3.3.2.- Echipamente pentru pulverizarea hidraulică și încărcarea prin contact.....	40
3.3.3.- Echipamente pentru pulverizarea pneumatică și încărcarea prin influență electrică (inducție electrică).....	41
3.3.4.- Echipamente pentru pulverizarea electrodinamică.....	43
3.3.5.- Echipamente pentru pulverizarea centrifugală și încărcare prin influență electrică.....	44
3.3.6.- Concluzii.....	50
3.4.- Sinteza realizărilor indigene.....	52
3.4.1.- Evoluția etapelor de cercetare.....	52
3.4.2.- Concluzii.....	57

Capitolul 4.

CONTRIBUȚII LA MODELAREA TEORETICĂ A PULVERIZĂRII ȘI ÎNCĂRCĂRII CU SARCINĂ ELECTRICĂ A PICĂTURILOR.....	59
4.1.- Pulverizarea lichidului toxic cu duze cu jet în evantai (Tee-Jet).....	59
4.1.1.- Determinarea parametrilor picăturilor după teoria instabilității aerodinamice a pânzei de lichid.....	60
4.1.2.- Calculul parametrilor picăturilor prin bilanțul de energie și al forțelor.....	65
4.2.- Pulverizarea lichidului cu dispozitivul de tip centrifugal.....	79
4.3.- Cercetări teoretice privind încărcarea prin influență electrică a picăturilor.....	81
4.3.1.- Cercetări teoretice asupra încărcării prin influență electrică a picăturilor realizate cu duzele cu jet în evantai.....	81
4.3.1.1.- Varianta modelului idealizat cu electrod de formă cilindrică și aplicarea legii fluxului electric sub formă integrală.....	82
4.3.1.2.- Varianta modelului idealizat cu electrod de formă cilindrică și calculul prin metoda MEF.....	88
4.3.2.- Încărcarea prin influență electrică a picăturilor realizate cu dispozitivul centrifugal.....	108
4.3.2.1.- Calculul încărcării peliculei de lichid, prin aplicarea metodei integrale.....	109
4.3.2.2.- Modelarea cu electrod tip inel-disc și calculul prin MEF.....	112

Capitolul 5

5.- DETERMINĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CARACTERISTICILE ÎNCĂRCĂRII CU SARCINĂ ELECTRICĂ ȘI DEPUNERII PICĂTURILOR PE PLANTE.....	124
5.1.- Determinări experimentale în laborator.....	124
5.1.1.- Aparatura.....	124
5.1.2.- Metode, montaje și echipamente pentru stabilirea comportamentului din punct de vedere electric a plantelor.....	129
5.1.3.- Metode și montaje pentru determinarea parametrilor de încărcare cu sarcină a picăturilor.....	139
5.1.4.- Metodica și montajele folosite la determinarea caracteristicilor de depunere.....	146
5.2.- Experiențe efectuate în câmp (în condiții reale).....	165
5.2.1.- Organizarea terenului experimental în câmp.....	166
5.2.2.- Măsurarea depunerii.....	167
5.3.- Depunerea pe sol.....	173
5.4.- Concluzii.....	177

Capitolul 6

CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE RECOMANDĂRI.....	178
6.1.- Importanța cercetării și atingerea obiectivelor propuse.....	178
6.2.- Concluzii asupra cercetărilor teoretice și contribuțiile personale în domeniu.....	179
6.2.1.- Concluzii asupra cercetărilor teoretice.....	179
6.2.2.- Contribuții personale în domeniu.....	181
6.3.- Concluzii asupra cercetărilor experimentale și contribuțiile personale în domeniu.....	182
6.3.1.- Concluzii asupra cercetărilor experimentale de laborator.....	183
6.3.1.1.- În domeniul metodicii de cercetare.....	183
6.3.1.2.- Asupra rezultatelor cercetării.....	184

6.3.1.3. Contribuții personale în direcția metodicii și desfășurării experimentelor în laborator.....	187
6.3.2.- Concluzii asupra cercetărilor experimentale.....	188
6.3.2.1.- În domeniul metodicii de amenajare a poligonului experimental și ridicării datelor primare.....	188
6.3.2.2.- Contribuții personale la metodică de prelucrare a datelor primare.....	188
6.3.2.3.- Aprecierea valabilității și importanței rezultatelor cercetării.....	188
6.4.- Concluzii și recomandări privind orientarea în perspectivă a cercetărilor pe această temă.....	189
ANEXE	191
BIBLIOGRAFIA	192

INTRODUCERE

Pentru obținerea de producții mari, stabile, dar și de calitate superioară, se impune aplicarea tuturor realizărilor genetice, tehnologice și tehnice obținute în practica agricolă. În cadrul verigilor tehnologice, un rol hotărâtor îl au măsurile de protecție împotriva agenților patogeni, dăunătorilor și buruienilor. Practica producției a demonstrat că, la toate speciile de plante și pomi, nu se pot obține producții mari și de calitate superioară, fără aplicarea la timp și în bune condiții a acestor măsuri. Starea fitosanitară din România, ca de altfel și în alte țări, are în evidență un număr foarte mare de agenți patogeni, dăunători și buruieni (230 agenți patogeni, 208 tipuri de dăunători, peste 250 tipuri de buruieni, iar numărul acestora este în continuă creștere [4].

Producerea de produse agricole sănătoase (produse cerealiere, furaje și în special fructe, ș.a), a impus practicii agricole, generalizarea folosirii produselor de combatere (a pesticidelor (fungicide, erbicide și insecticide, în număr de peste 100.000 de preparate)), în acțiunile de prevenire și combatere a bolilor și dăunătorilor. S-a constatat însă, că în paralel cu rezultatele pozitive obținute în urma aplicării produselor de combatere, au apărut o serie de fenomene negative, ca o consecință a schimbărilor de ordin cantitativ și calitativ din ecosistemele agricole (vegetal în special, pomicol și viticol): înmulțirea unor paraziți, apariția de boli sau dăunători rezistenți sau toleranți față de produsele de combatere, modificarea metabolismului plantelor tratate cu astfel de produse (tratamente cu cantități mari de substanțe), reziduuri de produse chimice în produsele agricole (în special în fructe), poluarea apei și a mediului înconjurător.

În scopul prevenirii unor astfel de efecte, cercetarea agricolă și-a îndreptat atenția, în primul rând în direcția elaborării unor programe de combatere care să cuprindă măsuri și mijloace agrotehnice, fizico-mecanice, biologice, genetice și chimice. În acest context, au apărut conceptele de combatere integrată, ecologică controlată, armonioasă, dirijată, toate cu scopul reducerii tratamentelor cu produse de combatere (chimice) și refacerea structurii relativ stabile a componentelor active din ecosistemele agricole. Aceste concepte elaborate în ultimii 25 ani (și considerate în faza inițială ca un deziderat), au început să fie concretizate printr-o serie de elemente bio-ecologice, ce se pot integra în programele de combatere chimică. Această integrare presupunea în schimb, cunoașterea în amănunt a domeniilor bio-ecologice și a fitofarmaciei [89], [115].

Intervențiile prin tratamentele cu produse chimice asupra culturilor (în special cele pomicole și leguminoase), trebuie să se efectueze cu mult discernământ, la momentele cele mai potrivite și numai la depășirea pragului economic de dăunare [115], cu produse selective, pentru a se evita intoxicarea animalelor care se furajează cu masă verde și fân, tratate, precum și distrugerea insectelor ajutoare (entomofoge și polenizatoare). Una din căile spre realizare a acestui obiectiv, este creșterea efectului de combatere prin reducerea considerabilă a cantității de substanță toxică utilizată, concomitent cu conceperea unor noi procedee tehnologice, în baza cărora întreaga substanță toxică pulverizată să ajungă la locul de tratare (țintă) și nu în "derivă", în aer sau pe sol.

Aplicarea tratamentelor pentru combaterea bolilor și dăunătorilor cu produse de combatere, folosind mașinile care au la bază principiul de pulverizare convențional (hidraulic, pneumatic sau combinat, cu jet proiectat sau jet purtat), este încă considerată ca un proces de combatere eficient. Cu toate avantajele majore pe care le prezintă, mai mult sub aspectul efectului chimic asupra bolilor sau dăunătorilor, stropitul prin metoda tradițională, este un proces extrem de ineficient, deoarece sunt utilizate volume mari de soluții toxice, cu mult mai mari decât sunt necesare teoretic. Cantitatea de soluție aplicată, este incomparabil mai mare decât cea teoretică (de până la 1.000 de ori), deoarece aproximativ 50

50-85 % din picături se pierd, prin așezare pe alte suprafețe, prin căderea pe sol sau prin antrenarea de către curenții de aer. Din acest motiv stropitul cu aceste tehnici, devine pe de o parte, extrem de ne-economic din punctul de vedere al utilizării substanțelor chimice (cresc cheltuielile la hectar), iar pe de altă parte, constituie o sursă importantă de poluare.

Deși s-au căutat și aplicat o serie de metode de îmbunătățire a eficienței tratamentelor, (duze și principii de pulverizare noi prin care să se realizeze o categorie de dimensiuni a picăturilor, dispozitive pentru stropirea în sistem închis cu recuperarea soluției care nu ajunge pe plante, și prin care să se limiteze poluarea), acestea sunt ineficiente, deoarece un număr mare de picături, fie că au un impact insuficient cu planta, fie că sunt purtate de curenții de aer (în general picăturile mici). În același timp, depunerea pe spatule frunzelor, acolo unde se dezvoltă cu precădere mai toate bolile, respectiv se dezvoltă anumiți dăunători, este mică, iar în cazul plantelor cu frunziș des și frunze mari, este chiar zero.

Conceperea de noi principii de aplicare a tratamentelor, care să asigure doze mici la hectar, concomitent cu utilizarea produselor de combatere cu toxicitate redusă și remanență mică, devine mai mult decât necesară. Pe această linie se înscrie și metoda de stropire cu picături încărcate cu sarcină electrostatică, care integrează forțele de natură electrică în deplasarea și depunerea picăturilor pe plante, în toate zonele acestora, pe ambele fețe ale frunzelor, indiferent de mărimea și desimea acestora.

Electricitatea statică (electrostatica), datorită posibilităților multiple de apariție, precum și a efectelor pe care le poate avea, a devenit un domeniu de studiu pentru tehnicieni și cercetare. Deși este utilizată în multe procese agricole ca, stimularea răsării semințelor și a creșterii plantelor, separarea semințelor, curățirea uleiurilor hidraulice uzate de la tractoare și mașini agricole, dezinfectarea semințelor, purificarea aerului, tratarea apei, etc, electrostatica și-a deschis drum și în aplicarea soluțiilor toxice în cadrul lucrărilor de combatere a bolilor și dăunătorilor, cu implicare directă în reducerea cantității de soluție la hectar. Stropirea electrostatică se aplică de mult timp, dar necunoașterea corectă și amănunțită a anumitor fenomene legate de încărcarea picăturilor cu sarcină electrică și comportamentul plantelor din punct de vedere electric, cu contribuții majore în eficiența depunerii pe plante, a determinat ca aceasta să fie cercetată și aplicată limitat doar într-un număr mic de țări (SUA, Germania, Thailanda, mai nou și Liban), însă cu rezultate contradictorii, de la un cercetător la altul.

Lucrarea de față își propune să contribuie la fundamentarea științifică a modului de aplicare corectă și eficientă a electrostaticii în procesul de stropire cu soluții toxice, încât aceasta să devină o metodă de bază în efectuarea tratamentelor fitosanitare în agricultură.

Timișoara, 1 noiembrie 2000.

Capitolul 1.

STADIUL ACTUAL AL PROCESELOR DE COMBATERE A BOLILOR ȘI DĂUNĂTORILOR ÎN PRODUCȚIA VEGETALĂ.

1.1.- Sinteza procedeelelor actuale de combatere.

Este cunoscut faptul că, unul din factorii importanți în obținerea de producții mari la hectar și de calitate superioară (sub aspect fizic), este acela de **distrugere a agenților patogeni (dăunători și buruieni)** care aduc mari pagube, aceștia fiind în număr destul de mare: 230 agenți patogeni, 208 tipuri de dăunători, peste 250 tipuri de buruieni [4]. Pentru distrugerea acestora, atât pe plan mondial dar și în țara noastră, a fost și este folosită metoda chimică, cu efect rapid și ușor de efectuat, unde sunt utilizate peste 100.000 de preparate, compuse din cca 1.000 substanțe active, cu grade diferite de acțiune toxică [129]. Cu toate rezultatele considerate bune care se obțin la aplicarea tratamentelor chimice, au apărut o **serie de fenomene negative**, care a pus pe gânduri cercetătorii în domeniu din întreaga lume, fenomene cu efecte dăunătoare "directe", dar și cu remanență în timp cum sunt:

- 1.- **prezența în principalele produse agricole, de reziduuri ale substanțelor chimice toxice (DDT, HCH, aldrin, dieldrin etc);**
- 2.- **mortalitate ridicată la vânat ,albine și animale;**
- 3.- **dereglări tot mai mari ale ecosistemelor;**
- 4.- **apariția de noi organisme dăunătoare rezistente la o serie de pesticide.**

Aceste fenomene intense de poluare au "alarmat" opinia mondială, printre primele țări care au luat măsuri de prevedere la aplicarea tratamentelor chimice, fiind Germania, Italia, Anglia, etc. La fel ca și în țările amintite și la noi în țară a fost tras semnalul, însă măsuri concrete de limitare a efectelor pesticidelor încă nu au fost luate [4],[5]. La atingerea acestui nivel mare de poluare, au contribuit o serie de geșeli, care pot fi grupate astfel:

- 1.- **aplicarea unor cantități de substanțe toxice cu mult mai mari decât cele necesare producerii efectului biologic;**
- 2.- **utilizarea de pesticide cu grad mare de toxicitate și remanență;**
- 3.- **aplicarea incorectă a pesticidelor (moment de aplicare, dozare, derivă);**
- 4.- **utilizarea exclusivă a pesticidelor și ignorarea altor metode (integrată, ecologică și biologică);**
- 5.- **aplicarea calendaristică a tratamentelor așa-numite profilactice, la care nu s-a ținut seama de pragul economic de dăunare.**

Influența acestor direcții de poluare asupra agro-ecosistemelor, se manifestă mai mult chimic (poluare chimică), ce afectează toate elementele agro-sistemului, astfel:

- **poluarea produselor** - prin administrarea de substanțe toxice pentru combatere, dar și din absorbția din deșeurile remanente existente în sol;
- **poluarea solului** - prin remanența manifestată de unele pesticide încorporate în sol odată cu resturile vegetale, dar și din derivă (multe picături își greșesc ținta);
- **poluarea aerului** - prin evaporarea picăturilor mici care niciodată nu ajung la țintă și care sunt purtate de curenții de aer;
- **distrugerea faunei** - atât în sol datorită acțiunii directe a pesticidelor, cât și în mediul înconjurător prin acțiunea indirectă a acestora;

În etapa actuală, dar și viitor, în agricultura mondială și în special în agricultura românească, se vor pune cu stringență o serie de probleme de o mare importanță, vitale pentru mediu și sănătatea

populației. Dacă unele dintre acestea se pun deja, în perspectivă se vor pune cu siguranță problemele *cu caracter ecologic, legate de protecția produselor agricole și a mediului înconjurător*. Din acest punct de vedere, în lucrare se abordează o problemă cu caracter fundamental ce ține de protecția mediului înconjurător, a poluării solului și a produselor agricole, prin **prezentarea și experimentarea unor noi metode și tehnologii de combatere a bolilor și dăunătorilor plantelor și produselor agricole pe cale chimică**. Problemele vizate, sunt **creșterea efectului de combatere prin reducerea considerabilă a cantității de substanță toxică utilizată, concomitent cu conceperea unui nou procedeu tehnologic, în baza căruia întreaga substanță toxică pulverizată să ajungă la locul de tratare (țintă), și nu în "derivă" în aer sau pe sol.**

Dacă sub aspectul efectului chimic de combatere, aplicarea substanțelor toxice prin metoda convențională (pulverizare hidraulică, pneumatică, etc), mai este încă considerată destul de corespunzătoare din punct de vedere economic, chiar și al efectului de combatere, ea este **extrem de ineficientă**, deoarece sunt utilizate volume de soluții toxice cu mult mai mari decât ar fi necesar. Cantitatea de soluție care se aplică, este incomparabil mai mare (de cca 1.000 de ori) decât cea teoretică, deoarece aproximativ 50 -85 % din picături, se pierd prin așezare pe alte suprafețe, prin căderea pe sol, sau prin antrenarea de către curenții de aer.

Stropitul prin tehnicile convenționale este deci **complet ineficient**, atât din punctul de vedere al utilizării substanțelor chimice (cresc cheltuielile la hectar), dar mai ales **ca o sursă importantă de poluare**. S-au căutat și aplicat o serie de metode de îmbunătățire a eficienței tratamentelor prin metodele tradiționale, contribuția lor neavând prea mare efect. Dintre care cele mai importante metode se prezintă:

- 1.-conceperea de duze și principii de pulverizare noi, prin care să se realizeze o anumită categorie de picături, cu un domeniu îngust al diametrului acestora (volum redus, volum ultraredus);
- 2.-realizarea de noi tipuri de dispozitive, prin care să se limiteze poluarea (stropirea din două părți , mașini cu sistem închis, etc);
- 3.-realizarea unor sisteme electronice complexe, având la bază tehnica micro-electronicii și micro-informaticii, pentru controlul și reglarea anumitor parametri ai tratamentelor (reglarea automată a debitului de soluție toxică, stropirea pe zone, dirijarea agregatelor folosite la aplicarea tratamentelor, prin diverse tehnici, pentru evitarea greșurilor, etc);
- 4.- combaterea buruienilor prin metode termice;
- 5.-aparitia rampelor de foarte mare lățime și a mașinilor autopropulsate, prevăzute cu sisteme de amortizare a oscilațiilor care apar datorită denivelărilor terenului, în vederea reducerii neuniformității la depunere;

Deși în general costurile combaterii bolilor și dăunătorilor reprezintă încă o mică parte din veniturile aferente la unitatea de suprafață, specialiștii agricoli consideră încă eficientă efectuarea tratamentelor cu volum redus (LV) sau ultraredus (UVL) de soluție toxică la hectar, metode folosite frecvent și la ora actuală. Reducerea volumului de soluție, a fost posibilă pe baza creșterii gradului de pulverizare, deci obținerea unor mărimi ale picăturilor de ordinul zecilor de μm . Dar și aceste metode sunt ineficiente deoarece, un număr mare de picături, fie că au un impact insuficient cu planta, fie că sunt purtate de curenții de aer în altă parte. Echipamentele cele mai folosite, sunt cele echipate cu duzele cu jet în evantai (Tee-Jet), și în perspectivă cele centrifugale, cele cu duză în evantai, fiind utilizate în aplicarea tratamentelor în agricultură, în special erbicidarea culturilor. Ambele produc pânze de lichid subțiri, care devin instabile, după care se destramă în picături de diferite mărimi. Mărimea și viteza la care picăturile se formează din pânza de lichid, au o importanță majoră asupra deplasării acestora către plante, deplasare care uneori devine un risc major asupra mediului.

Din aceste motive, apare **necesitatea de concepere și realizare a unor noi principii și dispozitive de pulverizare și utilizarea unor pesticide din ultima generație, cu doze mici la hectar, cu remanență mică sau chiar deloc și cu toxicitate redusă**. Pe această linie se înscrie și metoda

de stropire cu picături încărcate cu sarcină electrostatică, sau pe scurt, **stropirea electrostatică (sprayer electrostatic)**, care integrează forțele de natură electrică în deplasarea și depunerea picăturilor pe plante, atât pe fața și spatele frunzelor, la diferite nivele (vârf, mijloc și bază). Altfel spus, stropirea electrostatică poate fi caracterizată astfel: creșterea eficienței depunerii picăturilor pe plante, este favorizată de forțele de natură electrostatică care apar la apropierea acestora de plante, picături care deplasându-se după liniile de câmp și atrase de plante, se pot fixa atât pe fața cât și spatele frunzelor și tulpinilor.

Comparativ, în fig.1.1 se prezintă eficiența sistemului convențional și a celui electrostatic, care se bazează pe avantajul oferit de forțele electrostatice.

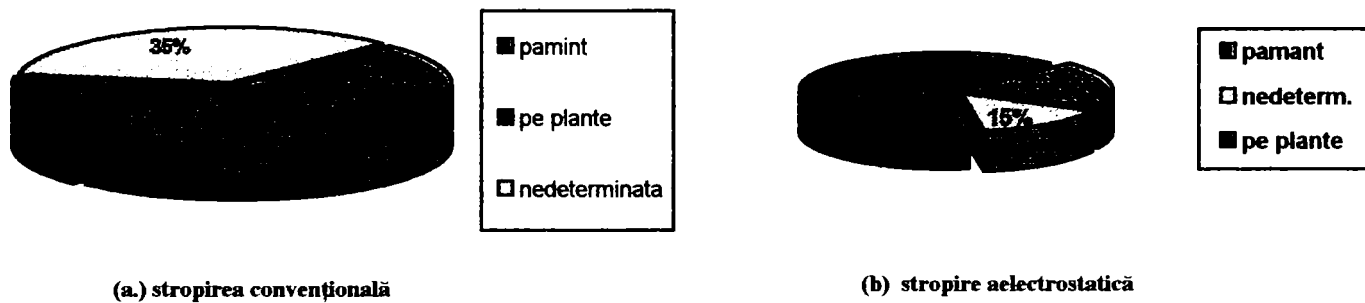


Fig.1.1.- Comparații între stropirea convențională și electrostatică

Motivele expuse, garantează că una dintre metodele care permite utilizarea eficientă a picăturilor foarte mici, (o reducere de soluție), **este încărcarea lor cu sarcină electrostatică**. Folosirea forțelor electrostatice la depunerea picăturilor pe plante, accelerarea și uniformizarea depunerii, oferă importante avantaje economice și de protecție a mediului înconjurător, care să susțină din plin această metodă [79],[80],[179]. Prin folosirea stropirii electrostatice, se rezolvă marile dezavantaje implicate de metodele convenționale și anume:

- reducerea volumului de substanță toxică prin folosirea picăturilor mici și diminuarea derivatei picăturilor;
- creșterea gradului de acoperire (față și spate, la vârf, mijloc și la bază) și a eficienței depunerii (în special pentru pesticidele sistemice);
- reducerea foarte mult a poluării.

1.2.- Cerințe tehnice și bio-tehnologice pentru implementarea stropirii electrostatice.

Folosirea cu succes a beneficiilor oferite de stropirea electrostatică, necesită rezolvarea corespunzătoare a următoarelor 4 categorii de probleme, importante:

- 1.- cunoașterea cu exactitate a fenomenelor care apar la pulverizarea lichidelor toxice folosite la efectuarea tratamentelor chimice;
- 2.- cunoașterea fenomenelor și stabilirea tehnicilor de încărcare a picăturilor cu sarcină electrostatică;
- 3.- cunoașterea condițiilor de transport a picăturilor încărcate cu sarcină către plante;
- 4.- cunoașterea cu exactitate a comportării plantelor din punct de vedere electric, în vederea creșterii eficienței depunerii picăturilor pe acestea.

Primul aspect, impune a fi cunoscute cu exactitate procedeele și dispozitivele de pulverizare, care asigură realizarea unor dimensiuni corespunzătoare pentru picături, care să favorizeze încărcarea cu sarcină electrică și depunerea lor. Cel de al doilea, impune cunoașterea fenomenelor și tehni-

cilor de încărcare cu sarcină a picăturilor, iar celelale impun cunoașterea modului de deplasare a picăturilor, comportamentul plantelor din punct de vedere electric în momentul depunerii.

Literatura de specialitate [80],[20],[27], dar și cercetările proprii, recomandă **faptul că încărcarea picăturilor cu sarcină electrică negativă**, asigură o eficiență mai mare a depunerii. Pentru încărcarea cu sarcină negativă, metoda de încărcare indicată este cea prin influență electrică (inducție), deoarece asigură o încărcare corespunzătoare la tensiuni mici de alimentare a electrozilor, în condiții de "mediu murdar" (aer cu impurități) și nu implică aspecte deosebite, legate de protecția la electrocutare a personalului de deservire a echipamentelor. Se specifică faptul că, la încărcarea picăturilor, timpul efectiv în care are loc acumularea sarcinii de către pelicula de lichid și transferată la picături, trebuie să fie mult mai mic decât timpul de formare a picăturilor.

În ceea ce privește **transportul picăturilor**, sunt teorii diferite[2],[134] în raport cu câmpul electric în care se deplasează picăturile către plante: în câmp electric generat de un electrod auxiliar, în câmp electric generat chiar norul de picături, sau picăturile sunt deplasate spre plante sub acțiunea altor forțe, iar forțele electrostatice să apară numai la apropierea acestora de plante.

Modul de transfer și acumulare a sarcinilor electrice pe plante, sunt aspecte de o importanță deosebită de care trebuie să se țină seama la proiectarea dispozitivelor de pulverizare - încărcare. O plantă izolată, care nu are în apropiere corpuri electrizate sau sarcini electrice spațiale, posedă o sarcină electrică practic egală cu zero. Variațiile mici de sarcini provocate de activitățile metabolice diurne, de mare importanță pentru desfășurarea normală a proceselor biologice, sunt neglijabile în comparație cu variațiile ce apar în desfășurarea fenomenului de depunere electrostatică. În momentul în care norul de picături încărcate cu sarcină electrostatică, se apropie de plante, instantaneu are loc inducerea de sarcini electrice de sens opus în toată planta (sarcini imagine). Altfel spus, pe suprafața frunzelor, ramurilor și tulpinii, apar sarcini electrice induse, de polaritate opusă celei pe care o au picăturile. Pe măsură ce norul de picături se apropie și învâluie planta, în mod natural se stabilește un nivel al sarcinilor induse, care tind să mențină planta la potențialul electric al solului. Caracteristica tranzitorie a transferului de sarcină în plantele vii, este corespunzătoare numai dacă rezistența plantelor este de ordinul a $10^{12} \Omega$, iar timpul de inducere este de ordinul milisecundelor. Cercetările atestă faptul că, oricare este metoda efectivă de pulverizare-încărcare a picăturilor cu sarcină, trebuie exclusă prezența oricărui alt câmp suplimentar de intensitate mare, în afara câmpului electric generat de norul de picături încărcate, deoarece acel câmp suplimentar ar influența inducerea de sarcini, altele decât a celor datorită norului de picături, cât și deplasarea picăturilor după liniile de câmp ale aceluși câmp. Pentru plantele care sunt considerate ținte tridimensionale, ce expun către norul de picături suprafețe întrerupte, asemenea câmpuri electrice de intensitate mare ar **concentra într-o anumită fază**, depunerea de picături pe suprafețele exterioare ale plantelor și nu ar lăsa decât puține picături să pătrundă printre frunze (cazul încărcării prin contact). În cazul încărcării prin influență electrică, unde sarcina cu care se încarcă picăturile este de sens opus tensiunii de alimentare a electrozilor, dacă efectul electrozilor s-ar manifesta direct la nivelul plantelor (ar apare sarcini de polaritate opusă în plante), sarcinile induse în plante, ar constitui un ecran electric de același semn cu cel al picăturilor, iar efectul rezultat ar fi respingerea lor, anulând, sau în cel mai fericit caz, ar diminua depunerea.

Preocupări pentru implementarea stropirii electrostatice, au existat și există, perioadele de evoluție pot fi prezentate succint astfel:

- **perioada de pionerat**, când s-au verificat în mare condițiile de aplicare a stropirii electrostatice: metode, lichide, etc (1954 - 1968);
- **perioada de căutare** a metodelor de încărcare a picăturilor cu sarcină (1972 - 1992);
- **perioada de analiză a comportării plantelor** din punct de vedere electric;
- **perioada de analiză a fragmentării și transportului picăturilor** spre plante;

Particularitatea importantă a acestui procedeu de stropire, constă în definitivarea metodei cea mai eficientă de încărcare, dar și realizarea dispozitivelor care să aplice acest procedeu și să realizeze o eficiență cât mai mare a depunerii picăturilor încărcate pe plante. Într-un fel, creșterea uniformității depunerii pe suprafața plantelor, îmbunătățește controlul asupra bolilor și dăunătorilor care se tratează.

Experimentele efectuate în anumite laboratoare de specialitate din SUA, ANGLIA, GERMANIA și mai nou în INDONESIA, EGIPT, LIBAN etc, arată eficiența acestui procedeu de stropire, însă extinderea aplicării lui a întârziat (întârzie), din cauza neputinței de realizare a unor dispozitive robuste și suficient de fiabile pentru condițiile specifice lucrărilor de efectuare a tratamentelor în câmp. O altă deficiență care a frânat răspândirea procedeuului, a fost necesitatea de a păstra o înălțime constantă între dispozitivul de pulverizare - încărcare și cultură, care practic era greu de realizat, mai ales în cazul mașinilor cu lățimi mari de lucru. Dispozitivele de orizontalizare și eliminare a oscilațiilor lăncilor de pulverizare, permit implementarea procedeuului de stropire electrostatică și pe mașinile de mare lățime de lucru și fabricate în serie.

Și în țara noastră [139],[140],[141], în vederea eliminării poluării, au fost realizate și încercate câteva dispozitive de pulverizare-încărcare: de tip cu disc centrifugal, cu electrod fix și încărcarea prin descărcări locale corona, duză hidraulică cu electrod încorporat. La vremea respectivă (1984-1988), dispozitivele nu au dat satisfacții depline, din cauza unor deficiențe de concepție (umectarea electrodului fix datorită depunerii picăturilor cu sarcină de sens opus și apariția descărcărilor locale Corona), care au condus la diminuarea randamentului încărcării și a eficienței stropirii (depunerii), și ulterior abandonarea definitivă a oricăror cercetări în acest domeniu.

De aceea, reluarea acestor cercetări prin această lucrare, dar după alte principii, a devenit atât de necesară, avându-se în vedere că, obiectivele unei agriculturi performante și sănătoase, încă mai impune utilizarea substanțelor toxice, mai ales în situațiile critice de atac a bolilor sau a dăunătorilor. Însă, aceste intervenții trebuie efectuate eficient, atât din punct de vedere al **efectului asupra bolii** sau dăunătorului, **al costurilor** la unitatea de suprafață, dar și al **minimizării poluării**.

Analiza încărcării și depunerii picăturilor cu sarcină electrică, se face pentru echipamente prevăzute cu duze care au jet în evantai (cele mai folosite în practica agricolă, atât la noi cât și în alte țări), care utilizează debite de lichid mari, cu eficiență mică a depunerii, dar și pentru echipamentul de pulverizare cu disc centrifugal, prin care se poate dirija, prin modificarea turației, obținerea de picături de un anumit diametru. Acestea din urmă, utilizează în lucru, debite mici de soluții toxice. Îmbunătățirea parametrilor de depunere, pentru ambele echipamente, dar în special pentru cele cu duzele cu jet în evantai, este mai mult decât necesară.

Capitolul 2.

STUDII ASUPRA CARACTERISTICILOR PRODUSELOR DE COMBATERE ȘI A PRODUSELOR VEGETALE, CARE INFLUENȚEAZĂ EFICACITATEA STROPirii ELECTROSTATICE

2.1.- Studii asupra caracteristicilor fizice și electrice ale produselor folosite la stropirea electrostatică

Cu toate avantajele presupuse că le are stropirea cu picături încărcate cu sarcină electrică (stropirea electrostatică), nu întotdeauna prin folosirea diferitelor soluții toxice folosite în combaterea bolilor și dăunătorilor sau la erbicidare, se obțin și rezultatele cele mai spectaculoase. Acest lucru se explică prin faptul că, **anumite proprietăți fizice și electrice ale lichidelor folosite, influențează în mod determinant dimensiunile picăturilor și încărcarea lor cu sarcină electrică și în final eficiența tratamentului.** Pentru a se putea aprecia corect forma și starea de încărcare a picăturilor, în anumite condiții de configurații și intensitate a câmpului electric, oferite de un anumit echipament de încărcare cu sarcină, este necesar a se cunoaște mai în detaliu aceste proprietăți.

Dacă proprietățile fizice ale apei, sunt prezentate amănunțit în literatura de specialitate, unde se oferă și anumite rezultate cu caracter general, obținute de anumiți cercetători în diferite situații de temperatură [48], **proprietățile fizice ale preparatelor de combatere** (în general soluții pe bază de apă), sunt prezentate de anumiți cercetători, dar numai pentru diferite situații de utilizare și structură chimică [83],[79],[106],[80], [76].

În schimb, **proprietățile electrice ale preparatelor toxice** sunt mai puțin cunoscute, iar rezultatele prezentate de anumiți cercetători, sunt contradictorii și nu pot fi generalizate decât în anumite limite. Aceasta, deoarece soluțiile toxice sunt supuse unor procese fizice și electrice de transformare, care în interdependența lor cu diverși factori din mediul ambiant (umiditate, temperatură, etc), fac ca, **caracteristicile lor electrice să se modifice în limite destul de largi.** De exemplu, o creștere a concentrației de substanță în soluția toxică, modifică rezistivitatea și conductivitatea soluției și deci, implicit și nivelul sarcinii electrice cu care se încarcă .

Prezentarea care se face în acest paragraf, are ca obiectiv de a arăta influența proprietăților fizice și electrice ale soluțiilor toxice asupra încărcării cu sarcină prin influență electrică (*inducție electrică*). Această prezentare, este efectuată în contextul în care, marea majoritate a substanțelor toxice sunt dizolvate în apă, formând soluții, emulsii, sau suspensii și care au proprietăți fizice și electrice diferite.

2.1.1.- Greutatea specifică,(greutatea volumică) γ a lichidelor toxice omogene de greutate G și volum corespunzător V , este dată de relația:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \left[\frac{N}{m^3} \right] \quad (2.1)$$

Greutatea specifică, variază cu presiunea și temperatura. La presiunea de 760 mm coloană de mercur, apa, aerul și produsele de combatere, au în SI, greutatea specifică prezentate în tabelul 2.1.

Deoarece variația greutății specifice cu presiunea este mică, iar în mod obișnuit temperatura soluției (apei) în aplicațiile din agricultură variază între 0 -30⁰ C, în calcule se ia $\gamma = 9.810$ [N/m³], iar pentru materiale pe bază de ulei, $\gamma=10.000$ [N/m³ sau kg/m².s²].

Greutățile specifice ale unor fluide

Tabelul 2.1

Fluidul	Greutatea specifică γ [N/m ³]
Apă pură la 0° C	9.805
Apă pură la 4° C	9.810
Apă pură la 10° C	9.803
Apă pură la 20° C	9.788
Apă pură la 60° C	9.641
Apă pură la 100° C	9.397
Apă de mare	10.000 -10.300
Soluții, emulsii și suspensii	9.760 ... 10.300 (9.810)
Materiale pe bază de ulei (UVL)	7.848 ... 11.772 (10.000)
Aer la 0° C (γ_a)	12,65
Aer la 40° C	10,98
Aer la 100° C	9,32

2.1.2.- Densitatea preparatelor (lichidelor toxice) sau masa specifică ρ_1 , exprimă gradul de concentrare într-o particulă a substanței conținute, în cazul fluidelor omogene de masă m și volum V , și este fiind exprimată prin relația:

$$\rho_1 = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (2.2)$$

Densitatea, variază cu temperatura ($\rho = \rho_0[1 - \alpha(t - t_0)]$), însă modificările care apar, pentru scopul de față nu sunt semnificative (coeficientul de dilatație este foarte mic, $\alpha = 18 \cdot 10^{-5}/\text{grad}$). Pentru apă pură la 4° C, $\rho_1 = 1.000$ [Kg/m³] sau 1 [gr/cm³] (tabelul 2.2)

Densitatea reală a soluțiilor folosite la combaterea bolilor și dăunătorilor, nu diferă prea mult față de cea a apei, având valori cuprinse în domeniul 995 - 1.050 kg/m³ și **nu influențează semnificativ** asupra pulverizării și încărcării cu sarcină. Deosebiri esențiale, prezintă numai unele preparate UVL (lichide pe bază de ulei), care au densitatea cuprinsă între limitele, 800 - 1.200 [kg./m³].

Valorile densității diferitelor lichide

Tabelul 2.2

Nr.crt	Lichidul sau soluția si aerul	Densitatea ρ_1	
		(kg/m ³)	sau gr/cm ³)
1.	apa pură	1.000	1
2.	soluții, emulsii și suspensii	995 ... 1050	0,995...1,05
3.	materiale pe bază de ulei (UVL)	800 ... 1200	0,800...1,20
4.	aer (ρ_a)	1,21	0,00121

2.1.3.- Conductivitatea electrică $\sigma_e = \frac{1}{\rho_e}$, ($\left[\frac{\text{S}}{\text{m}} \right]$, Siemens/m sau 1/Ω.m), unde ρ_e este re-

zistivitatea soluției), reprezintă proprietatea unui corp (soluții toxice în cazul de față), de a putea fi străbătut de curent electric sub acțiunea unei tensiuni. Are o **importanță majoră în fenomenul de încărcare** cu sarcină și diferă foarte mult, de la o categorie la alta de lichide toxice.

Conductivitatea electrică, este proprietatea care indică într-un anumit fel, **alegera metodei de încărcare** și influențează într-o mare măsură, nivelul sarcinii cu care se încarcă picăturile. Din punctul de vedere al conductivității, la **realizarea dispozitivelor de pulverizare-încărcare**, este indicat să se țină cont de următoarele principii:

- la folosirea soluțiilor cu **conductivitate electrică bună**, să fie utilizată încărcarea prin **influență sau prin contact**;
- în cazul folosirii **preparatelor din ulei (UVL)** cu rezistivitate mare, respectiv, conductivi-

tate electrică mică, metoda de încărcare prin efect Corona, este cea mai recomandată.

În concordanță cu cele de mai sus, se recomandă ca în cazul existenței unei mașini prevăzută cu un dispozitiv de încărcare proiectat pentru o anumită categorie de substanțe, ea nu poate fi utilizată pentru toată gama de substanțe. Utilizarea ei pentru o altă categorie de substanțe decât pentru care a fost proiectată, poate compromite tratamentul, în sensul că încărcarea și ulterior depunerea pe plante, să fie complet diferită față de cea la care se aștepta. Dependența între nivelul de încărcare posibil a picăturilor în raport cu conductivitatea electrică, pentru diferite tensiuni de alimentare a electrodului, prin intermediul căruia se realizează câmpul electric, este prezentată în fig.2.1 [76].

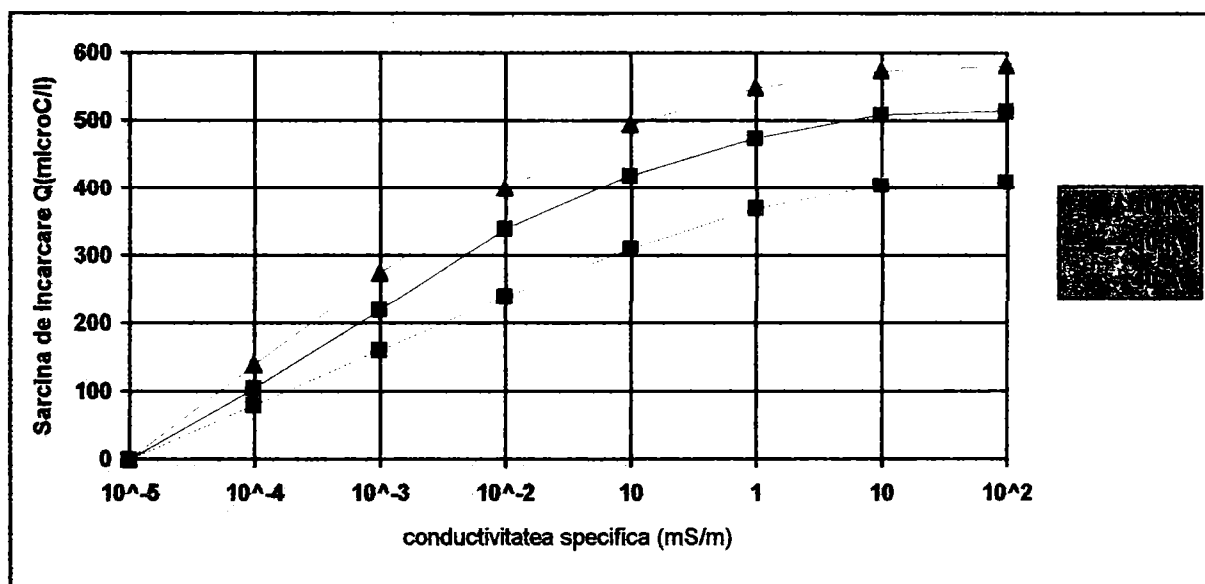


Fig.2.1.- Influența conductivității specific (mS/m) asupra sarcinii de încărcare [$\mu\text{C}/\text{l}$][76]

Este evident faptul că, lichidele de combatere cu conductivitatea mai mare, se încarcă cel mai bine prin metoda de încărcare prin contact, comparativ cu cele care au conductibilitate redusă. De exemplu, pentru tensiunea de alimentare a electrodului dispozitivului de încărcare, de 40 kV, la **soluțiile conductibile electric**, sarcina maximă poate atinge valori, chiar de $400 - 600 \left[\frac{\mu\text{C}}{\text{l}} \right]$.

Metoda de încărcare prin efect Corona, nu este recomandată pentru lichidele cu conductibilitate bună, deoarece și la tensiuni de alimentare relativi mici a electrozilor, pot să apară descărcările locale Corona. De aceea, pentru astfel de lichide, se recomandă utilizarea metodelor de încărcare prin contact sau prin influență electrică, iar la metoda de încărcare prin contact, trebuie obligatoriu create condiții de siguranță pentru operatorul uman, de o eventuală electrocutare.

Teoretic, valorile conductivității produselor de combatere, pentru a fi posibilă încărcarea lor prin influență electrică, sunt precizate în următoarele domenii [80]:

- pentru pesticide sub formă de soluții pe bază de apă: $\sigma_e > 2 \cdot 10^{-6} \text{ [S/m]}$;
- pentru pesticide sub formă de soluții pe bază de uleiuri vegetale: $\sigma_e > 10^{-7} \text{ [S/m]}$;
- pentru pesticide sub formă de uleiuri vegetale: $\sigma_e > 10^{-8} \dots 10^{-12} \text{ [S/m]}$.

Preparatelor **reale** folosite în combatere[76], au conductivitățile electrice cuprinse în limitele:

- la substanțele diluate în apă, $\sigma_e = 20 - 40 \text{ [mS/m]}$;
- preparatele UVL sunt mai rău conducătoare, (nu cu mult) decât suspensiile în apă:
 - uleiul de soia: $\rho_e = 1,3 \cdot 10^{10} \text{ [}\Omega \cdot \text{m]}$; $\sigma_e = 76 \cdot 10^{-12} \text{ [S/m]}$;
 - uleiul de bumbac: $\rho_e = 8,8 \cdot 10^{10} \text{ [}\Omega \cdot \text{m]}$; $\sigma_e = 11 \cdot 10^{-12} \text{ [S/m]}$;

Sistemul ESS MaxCharge AIIC [179], permite o stropire sigură cu lichide care au o rezistivitate electrică cuprinsă în domeniul: $\rho_e = 0.02 \dots 10^4 \text{ [}\Omega \cdot \text{m]}$, respectiv o conductivitate electrică:

$$\sigma_e = 50 \dots 10^{-4} \text{ [S/m]}.$$

Conductivitatea electrică " σ_e ", poate fi determinată plecând de la relația ce exprimă legea conducției. Se consideră lichidul conductor izotrop, plasat în câmpul electric de intensitate \vec{E} . Sub acțiunea forțelor electrice F_e , purtătorii de sarcină electrică, se deplasează determinând un curent electric de conducție cu densitatea " \vec{j} ", care pentru lichidele considerate omogene și la viteze de deplasare " \vec{v} ", în regim electrostatic, se ascrie:

$$\vec{j} = \rho_v \cdot \vec{v} = n \cdot q \cdot \vec{v} \quad [\text{C/m}^2 \cdot \text{s}] \quad (2.3)$$

unde: ρ_v este densitatea volumică a sarcinii electrice, a purtătorilor mobili de sarcină [C/m^3];
 - n , densitatea purtătorilor de sarcină [nr/m^3];
 - q , sarcina corespunzătoare fiecărui purtător [C];
 - \vec{v} , viteza purtătorilor de sarcină [m/s].

Scrisă în funcție de mobilitatea " u " a purtătorilor de sarcină și intensitatea câmpului electric, relația (2.3), devine de forma:

$$\vec{j} = n \cdot q \cdot u \cdot \vec{E} \quad [\text{C/m}^2 \cdot \text{s}] \quad (2.4)$$

unde: - " u " este mobilitatea purtătorilor de sarcină [$\text{m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$]

Aplicând legea conducției electrice $\vec{j} = \sigma_e \cdot \vec{E}$, care exprimă faptul că, în fiecare moment și în orice punct al lichidului ca mediu conductor, densitatea curentului de conducție este proporțională cu intensitatea câmpului electric \vec{E} , factorul de proporționalitate fiind conductivitatea mediului (lichidului) σ_e și, ținându-se seama de relația (2.4) rezultă :

$$\sigma_e = n \cdot q \cdot \mu \quad [\text{S/m}] \quad (2.5)$$

Conductivitatea uleiurilor poate fi îmbunătățită dacă se adaugă aditivi care să conducă la creșterea mobilității purtătorilor de sarcină electrică. Un aditiv, poate fi chiar apa, formând emulsii de ulei în procente de 5 -10% [80],[83], însă, se crede că această metodă conduce la micșorarea diametrului picăturilor, prin evaporarea apei ce intră în componența emulsiei, respectiv a picăturilor. Legea care descrie această reducere a diametrului picăturii formate, în funcție de fracțiunea β de apă ce se adaugă în componența emulsiei, este exprimată prin relația[80]:

$$\frac{\Delta d_p}{d_{p_i}} = 1 - (1 - \beta)^{\frac{1}{3}} \quad (2.6)$$

unde: - d_{p_i} este diametrul inițial al picăturii rezultate prin pulverizare;

- β , fracțiunea de apă (în %) conținută în emulsia de ulei.

Reprezentarea grafică a influenței conținutului de apă în ulei asupra dimensiunilor picăturilor, este ilustrată în fig.2.2.

De exemplu, pentru $\beta=10$, se produce o reducere a diametrului picăturilor cu 3,5 %, iar pentru, $\beta=5$ %, o reducere cu 2 %. Rezultă, cel puțin teoretic, că adăugarea de aditivi conduce la reduceri semnificative a diametrului picăturilor, mai ales la procente mari.

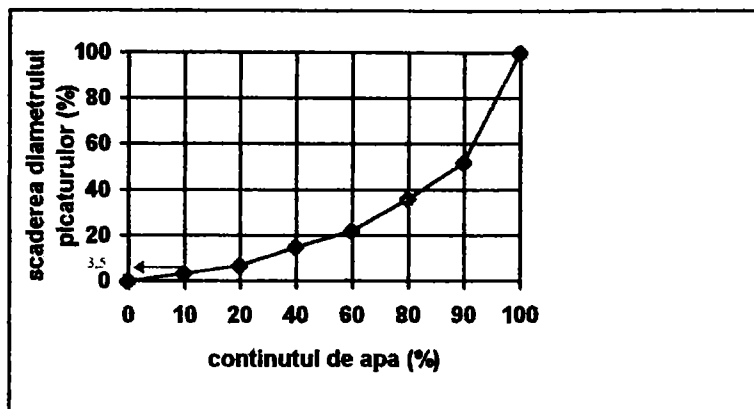


Fig.2.2.-Procentul de reducere a diametrului picăturilor prin evaporarea completă a componentelor volatile adăugate inițial în emulsia de apă-ulei. [83]

În testele întreprinse de E. Law [80], s-a utilizat ulei rafinat de soia și bumbac în care s-au introdus aditivi antistatici ASA 3 (fabricat de Shell Chemical Company) și STADIS 425 (al firmei E.I. du Pont), dar și aditivi tensioactivi naturali, (T2 la T 15 (ai firmei Chemteen), care ușurează încorporarea apei în uleiuri. Rezultatele măsurătorilor rezistivității (în $\Omega.m$), în condiții de variații a concentrațiilor de aditivi, sunt prezentate în fig.2.3.

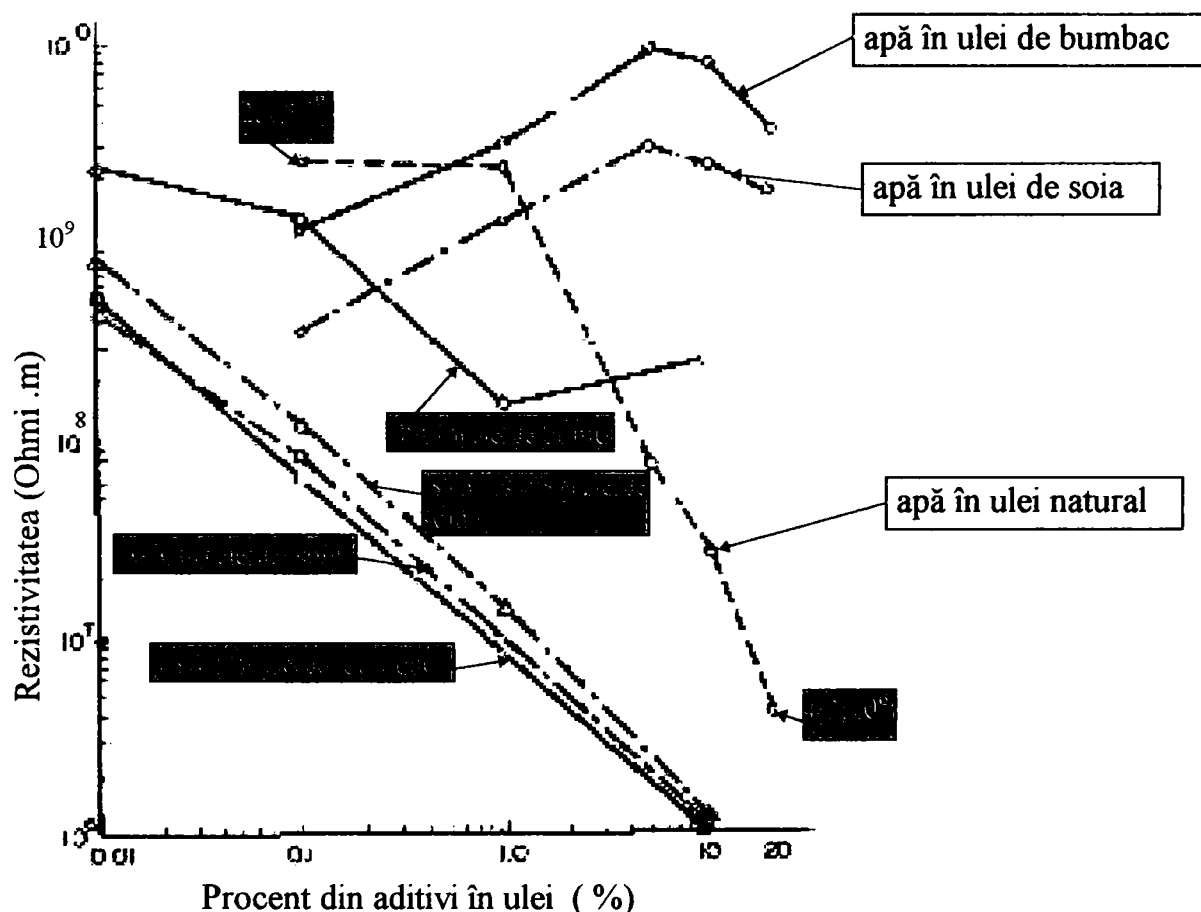


Fig.2.3.- Rezistivitatea uleiurilor de soia și bumbac, pentru diferite concentrații de aditivi și apă de la robinet.

Uleiul de soia simplu rafinat, fără aditivi, are rezistivitatea de $1,3 \times 10^{10}$ [$\Omega.m$], iar uleiul de bumbac, $8,8 \cdot 10^{10}$ [$\Omega.m$]. Pentru a fi posibilă încărcarea prin influență electrică, trebuie micșorată rezistivitatea de peste 2.000 ori.

2.1.4.- Permitivitatea soluției ϵ_1 , [F/m sau C/V.m], nu poate fi măsurată direct, însă ea stabilește modul cum reacționează vâna de lichid sau picăturile, atunci când sunt plasate într-un câmp electric cu caracteristici bine definite. Adică, față de forțele de interacțiune în vid în cazul mediilor dielectrice gazoase, omogene și izotrope, permitivitatea este mai mică de ϵ_r ori, unde ϵ_r este o constantă ce depinde numai de mediu și este numită, **permitivitatea relativă** sau constantă dielectrică,

notată cu K . Produsul, $\epsilon_1 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r = K \cdot \epsilon_0$, se numește permitivitatea absolută a mediului, sau numai permitivitatea mediului [în F/m sau C/V.m].

Permitivitatea, prezintă importanță doar în cazul încărcării prin influență electrică și descărcări locale Corona, deoarece la aceste metode, transferul și preluarea sarcinii electrice se face într-un anumit mediu (de obicei aerul), sau altfel spus, **permitivitatea ϵ_1** împreună cu **conductivitatea σ_e** , influențează în special **timpul de încărcare și cantitatea de sarcină**, eventual și polarizarea temporară, atunci când mediul are permitivitatea relativă $\epsilon_r > 1$.

Teoretic, nivelul sarcinii picăturilor de lichid obținută prin influență electrică, depinde foarte mult de **timpul relativ de transfer (t_{tr}) al sarcinii electrice** (sau **constanta de transfer** și notată de unii autori cu " τ "), **în comparație cu timpul de formare a picăturilor " t_{fp} "**, indiferent prin ce metodă și dispozitiv de pulverizare. Proprietățile electrice ale lichidului, sunt cele care stabilesc această timp de transfer, exprimat ca o funcție de permitivitatea lichidului ϵ_1 și conductivitatea electrică σ_e (S/m), astfel:

$$t_{tr} = \frac{\epsilon_1}{\sigma_e} \quad [s] \quad (2.7)$$

Timpul de transfer " t_{tr} ", poate fi exprimat și în funcție de permitivitatea relativă ϵ_r , **rezistivitatea ρ_e** ale lichidului și **permitivitatea aerului, ϵ_0** :

$$t_{tr} = \epsilon_r \cdot \rho_e \cdot \epsilon_0 \quad [s] \quad (2.8)$$

Pentru a fi posibilă încărcarea picăturilor de lichid prin procesul de influență electrică, este necesar ca timpul de transfer t_{tr} să fie mai mic decât timpul de formare a picăturilor t_f , dar mai mare de $t_f/5$ [80], adică:

$$t_{tr} < t_f \quad \text{dar} \quad t_{tr} > \frac{t_{fp}}{5} \quad (2.9)$$

Timpul t_{fp} , în cadrul destrămării vânei de lichid la duzele hidraulice și dispozitivului centrifugal, este estimat, la valoarea de, 1 - 1,7 [ms] [83].

Dacă se consideră situația cea mai defavorabilă, lichide cel mai puțin conductive, care au $\rho_e = 5 \cdot 10^5$ [$\Omega \cdot m$], timpul de transfer t_{tr} , are valorile:

- pentru soluții pe bază de apă ($\epsilon_r = 80$, $\rho_e = 5 \cdot 10^5$ [$\Omega \cdot m$], $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ [F/m]):

$$t_{tr} = \epsilon_r \cdot \rho_e \cdot \epsilon_0 = 80 \times 5 \cdot 10^5 \times 8,85 \cdot 10^{-12} = 4 \cdot 10^7 \times 8,85 \cdot 10^{-12} = 35,4 \times 10^{-5} [s] = 0,35 [ms].$$

- pentru preparate pe bază de ulei vegetal ($\epsilon_r = 5$, $\rho_e = 10^7$ [$\Omega \cdot m$):

$$t_{tr} = \epsilon_r \cdot \rho_e \cdot \epsilon_0 = 5 \times 10^7 \times 8,85 \times 10^{-12} = 5 \times 10^7 \times 8,85 \cdot 10^{-12} = 44,25 \times 10^{-5} [s] = 0,442 [ms].$$

Teoretic, produsele de combatere, pentru care este posibilă încărcarea prin inducție, trebuie să aibă următoarele caractere electrice:

- soluțiile pe bază de apă: $\rho_e < 5 \cdot 10^5$ [$\Omega \cdot m$], $K = 80$ și $\sigma_e > 2 \cdot 10^{-6}$ [S/m];
- soluțiile pe bază de uleiuri vegetale: $\rho_e < 10^7$ [$\Omega \cdot m$], $K = 5$ și $\sigma_e > 10^{-7}$ [S/m];
- uleiurile vegetale: $\sigma_e = 10^{-11} - 10^{-12}$ [S/m].

Influența permitivității relative ϵ_r a preparatelor de combatere, asupra raportului $\frac{q_\epsilon}{q_{max}}$ este

prezentată în fig.2.4

unde: - q_ϵ reprezintă sarcina reală cu care se încarcă picătura;
- q_{max} , sarcina maximă posibilă cu care se poate încărca picătura;

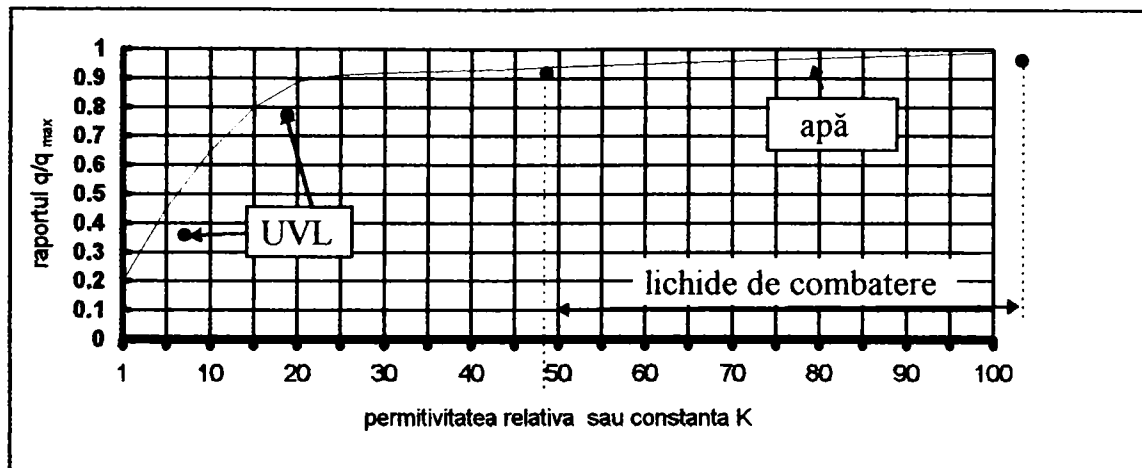


Fig. 2.4.- Influența permitivității asupra încărcării [76].

Prin acest raport, se exprimă de fapt nivelul sarcinii cu care se încarcă picăturile din diferite soluții în funcție de permitivitatea lor, în cazul încărcării prin influență. Se observă că, prin creșterea permitivității, crește și nivelul posibil de sarcină cu care se încarcă picătura:

- la lichidele pentru combatere pe bază de suspensii, care au permitivitatea relativă mai mare de 40, raportul $\frac{\text{sarcina picaturii}}{\text{sarcina maxima posibila}}$ este de 0,9 - 0,95 ;
- în cazul preparatelor UVL, care au permitivitatea cuprinsă între 2 - 15, raportul este de numai 0,5 - 0,8. Permitivitățile absolute pentru diferite materiale, sunt prezentate în tabelul 2.3.

Permitivitatea diferitelor materiale

Tabelul 2.3

Nr.crt.	Materialul	Permitivitatea (F/m)
1.	Lichidele de combatere	$\epsilon_1 = (40...100) \times 8,85 \cdot 10^{-12} = (354...885) \cdot 10^{-12}$
2.	Preparatele UVL	$\epsilon_{UVL} = (2... 15) \times 8,85 \cdot 10^{-12} = (17,7...133) \cdot 10^{-12}$
3.	Vid (permitivitatea absolută)	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$
4.	Aer- permitivitatea relativă	$\epsilon_r = 1,006$

Produsele cu permitivități relative mai mari de 1, sunt considerate ca dielectrici reali, deoarece sunt prezenți ionii proprii sau impuritățile. Dacă intensitatea câmpului depășește anumite valori, în dielectrici apar purtători mobili de sarcină electrică, fenomen cunoscut sub numele de **străpungere**, moment în care dielectricul își pierde calitățile, devenind conductor. **Valoarea maximă** a intensității câmpului electric, ce se poate stabili într-un dielectric, fără ca acesta să fie străpuns, este numită **rigiditate dielectrică** E_d [kV/cm], iar tensiunea la care se produce străpungerea dielectricului, este numită **tensiune de străpungere**.

Rigiditatea dielectrică este puternic influențată de diferiți factori externi ca: umiditatea, presiunea, temperatura mediului, forma electrozilor între care se găsește dielectricul. Cunoașterea rigidității dielectrice, este de mare importanță în fenomenul de stropire electrostatică. Pentru aer, rigiditatea dielectrică este de 22...30 [kV/cm].

2.1.5.-Tensiunea superficială σ_s , se manifestă la exteriorul (pe suprafața) vânei de lichid sau picăturii și se datorește forțelor moleculare care acționează între suprafețele în contact. Prin tensiunea superficială, se explică formarea picăturilor de lichid, fără a fi necesară prezența pereților de sprijin ai unui vas, iar picăturile au formă sferică, de dimensiuni ce depind de mulți factori.

Rezistența lichidelor la forțele de tensiune, se datorește coeziunii care în interiorul lichidelor, acționează radial, cu valori egale asupra fiecărei molecule, acțiunea ei anulându-se reciproc. La moleculele de la suprafață, acțiunea coeziunii nu se mai anulează și ca urmare întregul strat superficial al lichidului, cu grosimea cât raza sferei de acțiune moleculară ($< 10^{-7}$ cm), produce asupra restului

de lichid o presiune normală pe suprafața acestuia și îndreptată spre interiorul lui. Aceasta, este denumită presiune superficială. Deoarece această presiune acționează de sus în jos, moleculele din interiorul lichidului care tind să iasă în **stratul superficial**, necesită pentru învingerea ei, un lucru mecanic, care se transformă în energie potențială. La echilibrul stabil, moleculele stratului superficial tind să treacă în poziția în care energia lor potențială are tendința să se micșoreze, numărul moleculelor din acest strat, respectiv, suprafața stratului superficial, trebuie să fie cât mai mic. Acest strat superficial al lichidului, se comportă ca o membrană care tinde să micșoreze suprafața, în cazul picăturilor, aceasta se manifestă prin aducerea lor sub formă sferică.

Tensiunea superficială σ , influențează în primul rând asupra **formării picăturilor, capacității de umezire și a capacității de încărcare maximă cu sarcină**. Capacitatea de umezire, este caracterizată prin **unghiul perimetric** φ (unghiul de udare), [106] definit ca unghiul format între tangenta la exteriorul suprafeței picăturii și suprafața frunzei pe care se depune (fig. 2.5).

Dacă un lichid, are o tensiune superficială ridicată (unghiul φ mare), atunci picătura va avea o formă accentuat sferică, situație în care ea umezțează puțin suprafața frunzei (fig. 2.5 a). Dacă însă, unghiul perimetric φ are o valoare redusă (fig. 2.5 b), atunci picătura se aplatizează pe frunze, rezultând o suprafață de udare mare.

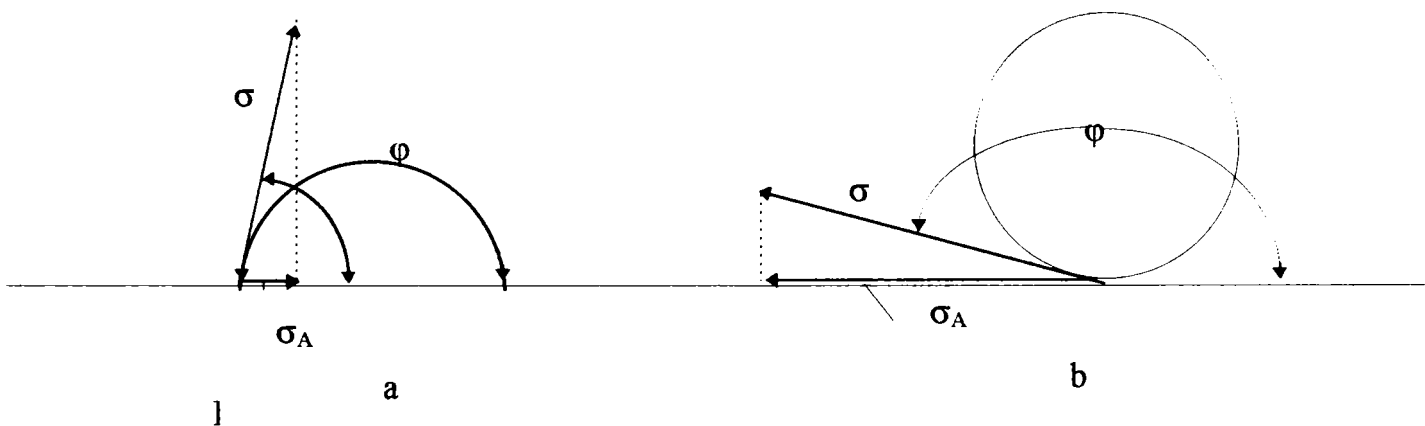


Fig.2.5 Influența tensiunii superficiale asupra unghiului perimetric
a.- tensiune superficială mică → unghi φ mic; b.- tensiune superficială mare → unghi φ mare

Se spune că, **picăturile de această formă acoperă mai bine suprafața, decât picăturile de formă sferică**, suprafața udată fiind exprimată prin relația [86]:

$$A_p = n\pi \frac{d_p^2}{\sqrt[3]{(3\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg}^3 \frac{\varphi}{2})^2}} \quad [\mu\text{m}^2] \quad (2.10)$$

în care: n este numărul de picături de pe suprafața luată în calcul;

- d_p , diametrul mediu al picăturilor (μm);

- φ , unghiul perimetric.

Influența tensiunii superficiale asupra suprafeței udate, este prezentată în fig. 2.6.

Se evidențiază că, scăderea unghiului perimetric φ (deci a tensiunii superficiale σ), la valori mai mici de 45° , determină o creștere bruscă a gradului de udare. În cazul suspensiilor pe bază de apă, unghiul de udare este de $12 - 40^\circ$.

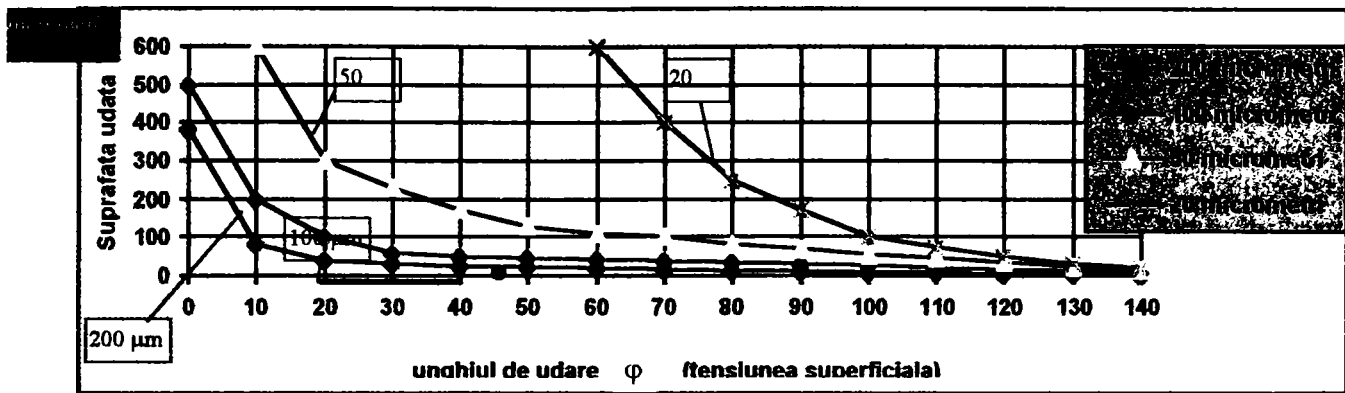


Fig. 2.6- Influența tensiunii superficiale (unghiului perimetric ϕ), asupra suprafeței udare

Din analiza făcută se poate preciza că, tensiunea superficială este unul din factorii cei mai importanți la stopirea electrostatică, în sensul că, ea **influențează asupra tuturor caracteristicilor picăturilor: formării picăturilor, nivelului maxim de sarcină** cu care se încarcă, **gradului de umezire (udare)** a frunzei pe care se depun picăturile, și se explică astfel:

- dacă tensiunea superficială este mică, rezultă umeziri mari și invers;
- dacă tensiunea superficială este mică, iar intensitatea câmpului electric produs între electrozi în faza de încărcare, depășește valoarea limită a forțelor țin întreagă picătura (limita Rayleigh), atunci picătura se destramă în mai multe picături mici și încărcate cu sarcină;
- în cazul încărcării prin efect Corona, picătura de lichid se încarcă cu sarcină maximă posibilă, fără a se atinge limita Reyleigh, deci fără să se destrame;
- în cazul încărcării prin contact, picătura explodează mult mai devreme de a se atinge nivelul maxim posibil. Pentru această situație, sarcina maximă reală a picăturii, poate fi exprimată prin relația:

$$q_{p_{\max}} = 8 \cdot \pi \sqrt{\epsilon_1 \cdot \sigma_1 \cdot r_p^3} \quad (2.11)$$

unde: $q_{p_{\max}}$ este sarcina reală maximă cu care se încarcă picătura [μC];

- σ_1 , tensiunea superficială a soluției [N/m];
- r_p , raza picăturii de lichid [m];
- ϵ_1 , permitivitatea absolută a soluției [F/m].

Relația (2.11) pune în evidență faptul că, cu cât picătura rezultată prin fragmentare are raza mai mare, există posibilitatea încărcării la valori mai ridicate decât limita Reyleigh. Din acest motiv, la picături de dimensiuni egale, în cazul încărcării prin contact, se obține o sarcină de încărcare mult mai mare decât în cazul încărcării prin efect Corona. Însă, sarcina maximă cu care se încarcă picătura, este determinată până la urmă, de valoarea tensiunii superficiale.

În cazul soluțiilor pe bază de apă, folosite la combatere, tensiunea superficială are în general valori apropiate de, $30 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$ (tabelul 2.4).

Este important de menționat faptul că, în cazul pulverizării electrodinamice, formarea picăturilor se datorează în exclusivitate forțelor electrice. Pentru acest caz, tensiunea superficială a lichidului care urmează a fi pulverizat, trebuie să aibă valori cuprinse într-un domeniu restrâns.

În concluzie, la alegerea, respectiv proiectarea dispozitivului de pulverizare-încărcare cu sarcină electrică, trebuie să se țină seama de tensiunea superficială.

Tensiunea superficială a materialelor folosite la combatere

Tabelul 2.4

Nr.crt.	Lichidul	Tensiunea superficială σ_1 (N/m)
1.	suspensii,	$\sigma_1 = (30 - 70) \cdot 10^{-3}$
2.	emulsii,	$\sigma_1 = 40 \cdot 10^{-3}$
3.	apa pură: la 4 ⁰ C	$\sigma_1 = 74,5 \cdot 10^{-3}$
4.	1 0 ⁰ C	$\sigma_1 = 73,5 \cdot 10^{-3}$
5.	20 ⁰ C	$\sigma_1 = 72,8 \cdot 10^{-3}$
6.	25 ⁰ C	$\sigma_1 = 71,8 \cdot 10^{-3}$
7.	preparate UVL	$\sigma_1 = (30 - 40) \cdot 10^{-3}$

2.1.6.- Vâscozitatea, este proprietatea fluidelor de a opune rezistență la curgere, ca rezultat al interacțiunii mecanice dintre particulele constituente. În interiorul fluidelor reale se dezvoltă ca efect al vâscozității, tensiuni tangențiale (forțe), pe orice element de suprafață care separă două porțiuni în mișcare relativă de alunecare, una față de alta. Forțele care apar datorită vâscozității, sunt forțe de frecare interioară, care caută să frâneze și să împiedice într-o anumită măsură, deplasările neregulate ale particulelor fluide, la unele fluide mai încete iar la altele mai repezi. Datorită acțiunii acestor forțe, în timpul mișcării, o parte a energiei cinetice și potențiale a particulelor, este cheltuită pentru învingerea frecării, transformându-se ireversibil în energie calorică, în acest fel, au loc modificări continue a parametrilor caracteristici ai mișcării, cu creșterea temperaturii. De asemenea, stratul care se mișcă mai repede, antrenează fluidul din stratul mai lent. În interiorul fluidelor newtoniene (apa și soluțiile toxice), iau naștere între suprafețele paralele și la variații de viteză în regim de curgere laminară, forțe tangențiale de frecare, a căror valoare este dependentă de coeficientul dinamic de vâscozitate η , de suprafețele în frecare și variația vitezei pe grosimea stratului de fluid:

$$F = \tau A = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dn} \quad (2.12)$$

- unde: - F este forța de frecare între suprafețe [N];
 - τ , efortul unitar tangențial datorită vâscozității [N/m²];
 - A, suprafața de frecare între straturile de fluid, între care apare mișcare relativă;
 - η , coeficientul dinamic de vâscozitate [N.s/m²];
 - dv/dn , viteza de deformație a unghiului drept, format de normală cu axa curentului de curgere;

Pentru problema pulverizării-încărcării, vâscozitatea are o mare importanță asupra pulverizării (destrămării vanei de lichid în picături de o anumită mărime). O vâscozitate ridicată, are ca efect producerea unor picături de dimensiuni mari, care ar prezenta avantajul realizării unei bune acoperiri la ajungerea lor pe frunze, dar și dezavantajul unei încărcări mai mici cu sarcină electrică. Pentru lichidele folosite la combatere, coeficientul dinamic de vâscozitate η , are valorile prezentate în tabelul 2.5.

Coeficienții de vâscozitate ai produselor de combatere

Tabelul 2.5

Nr.crt	Fluidul	Coeficientul dinamic de vâscozitate η [N.s/m ²]	Coeficientul cinematic de vâscozitate ν [m ² /s]
1.	lichide pe bază de apă	$(1,050 \dots 1,630) \cdot 10^{-3}$	$(1 \dots 18,1) \cdot 10^{-6}$
2.	apa curată la 20 ⁰ C	$1,008 \cdot 10^{-3}$	$1,001 \cdot 10^{-6}$
3.	preparatele UVL	$(14 \dots 58) \cdot 10^{-3}$	$(1,17 \dots 7,52) \cdot 10^{-5}$
4.	aer(0 ⁰ C ... 50 ⁰ C)	$(0,0171 \dots 0,0197) \cdot 10^{-3}$	$(1,14 \dots 1,63) \cdot 10^{-5}$

Între coeficientul dinamic η [$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$] și cel cinematic ν [m^2/s], există relația de dependență:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho_1} \quad (2.13)$$

unde: - η este coeficientul dinamic de vâscozitate [$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$];
 - ν , coeficientul cinematic de vâscozitate [m^2/s];
 - ρ_1 , masa specifică [kg/m^3].

Din cele prezentate, reiese clar faptul că, cunoașterea proprietăților fizice ale soluțiilor folosite în combatere este foarte importantă, atât din punctul de vedere al stabilirii metodei de pulverizare, dar mai ales, al stabilirii metodei de încărcare cu sarcină. Din acest punct de vedere, **metoda de încărcare prin contact și influență**, necesită valori mai riguroase ale proprietăților fizice ale soluțiilor decât metoda de încărcare prin efect Corona.

2.1.7.- Dimensiunile picăturilor, au o importanță deosebită, chiar în cazul stropirii obișnuite (fără încărcare, convențională), la asigurarea gradului de acoperire cu substanță toxică a frunzelor. Pentru cazul stropirii electrostatice, dimensiunile picăturilor prezintă o importanță foarte mare în faza de încărcare cu sarcină electrică, unde dispersia, dar mai ales randamentul încărcării depinde exclusiv de acestea.

Cantitatea de sarcină, cu care poate fi încărcat 1 litru de lichid pulverizat în picături, este mai mare atunci când sunt realizate picături mai mici. De asemenea, cu cât cantitatea de lichid din care se va forma picătura, stă mai mult în zona activă (timpul de transfer), cu atât picătura formată pleacă cu o sarcină mai mare, apropiată de valoarea teoretică. Pentru a ajunge la nivelul teoretic de încărcare, picătura ar trebui să staționeze în câmpul electric creat de electrozi, un timp de maxim 1,5 s. În realitate, picătura nu stă în zona de încărcare, decât câteva miimi de secundă.

Prin alegerea corectă a pulverizării (duzelor sau dispozitivului), se poate realiza ca 80 % din picături, să aibă diametrul cuprins între 10 - 100 μm . Numai pentru aceste dimensiuni, se asigură o încărcare specifică de $400 - 600 \frac{\mu\text{C}}{\ell}$, la tensiuni corespunzătoare ale electrozului.

Alegerea corespunzătoare a duzelor cu jet în evantai (duzele Tee-Jet), la efectuarea erbicidării, se poate asigura realizarea de picături cu diametrul între 100 - 600 μm , dar și o uniformitate mai bună. Pentru obținerea de picături sub 180 μm și uniforme ca mărime, cea mai indicată metodă de pulverizare este cea centrifugală, dar ea este încă puțin răspândită în țara noastră.

2.2.- Modul de aplicare a produselor de combatere.

Forma sub care se aplică produsele de combatere (pesticidele), poate fi diferită, dar cel mai des, este folosită aplicarea prin stropire, iar preparatele cele mai folosite sunt:

- 1.- **Soluțiile:** produsele se dizolvă în apă, unde substanța activă ajunge la dizolvarea completă. Depunerile sunt foarte reduse, sau lipsesc complet;
- 2.- **Suspensiile :** produsele se amestecă cu apă și rezultă zemuri de stropit, unde particulele fine se află în suspensie;
- 3.- **Emulsiile :** formă de aplicare mult folosită, unde substanța activă este dizolvată într-un solvent organic, care în contact cu o substanță tensioactivă, emulsionează. Emulsia în apă, are un aspect lăptos și se prepară ca și suspensiile, sau se poate turna direct în rezervorul mașinii.

Cele mai folosite produse de combatere sunt, **fungicidele, erbicidele, insecticidele**, iar modul de acțiune asupra agenților patogeni, buruienilor și insectelor este divers.

2.3.- Studii asupra factorilor de care depinde reținerea produsului de combatere.

Fungicidele, după modul cum acționează asupra agentului patogen, pot fi de contact și sistemice. Cele de contact, distrug agentul patogen prin contact direct, nu se translocă la distanță în țesuturile îndepărtate de locul în care a venit în contact, și nici nu intră în circuitul vaselor conducătoare (xilem și floem). Cele sistemice, acționează după pătrunderea în organele vegetative ale plantei prin rădăcină și prin frunze, apoi în sistemul vascular cu apa și substanțele nutritive. Odată pătrunse în plantă, circulă ascensional spre vârful plantei prin xilem, sau de la vârf către bază, prin floem. Sunt produse care circulă numai prin floem.

În cazul erbicidării, pulverizarea soluției erbicide, se face prin una din metodele de pulverizare cunoscute, distribuind erbicidul pe sol, sau pe frunzele plantelor. Erbicidele sunt de contact și sistemice, iar pătrunderea lor în plantă se realizează în mod specific pentru fiecare erbicid: prin părțile subterane (rădăcini, prin radicele) și părțile aeriene (frunze, muguri, tulpini). Pătrunderea în frunze, se face prin stomate, răni, cuticulă și epidermă.

Reținerea erbicidului pe plante prin părțile aeriene (frunze), este dependentă de următorii factori:

a.- Caracteristicile morfologice ale plantelor.

Buruienile cu frunza lată, cu expoziție cvasiorizontală, rețin în cantități mari erbicidul, comparativ cu gramineele cu frunze ascuțite și expuse vertical, care permit scurgerea acestuia. Chiar și în cazul acestei clase (dicotiledonate), cantitatea de erbicid reținută, depinde mult de unghiul de așezare al frunzei față de tulpină.

Suprafața frunzei, îndeosebi uniformitatea ei, imprimată mai ales de modul de dispunere a particulelor de ceară, joacă un rol important asupra gradului de reținere a erbicidelor. Mazărea de exemplu, deși are o frunză extrem de uniformă și lucioasă, nu reține dinosebatațul și pe acest aspect se bazează selectivitatea ei, față de acest produs. Dacă stratul de ceară este îndepărtat (chimic printr-un tratament preemergent), atunci selectivitatea mazării față de dinosebatațul, devine foarte mare.

Calitatea cerii joacă un rol foarte important. De exemplu, spanacul sălbatic deși are o cantitate mare de ceară pe frunze, se poate combate ușor din cultura de mazăre cu dinosebatațul, deoarece calitatea cerii și dispunerea ei discontinue, nu împiedică ca erbicidul să fie reținut de către frunze.

Pilozitatea frunzei, influențează reținerea soluției, dar ea nu se corelează neapărat cu o retenție redusă, ci depinde foarte mult de densitatea, dimensiunile și rigiditatea perișorilor.

b. - Vârsta plantelor

Frunzele foarte tinere și cele bătrâne, rețin de regulă mai multă soluție, datorită unui strat de ceară mai subțire și intermitent. Un frunziș matur, cu ceară bine formată, reține mai puțină soluție. La stabilirea dozelor economice de erbicide, acest aspect nu este niciodată neglijat.

c. - Calitatea formării produsului

Adăugarea în anumite proporții a unor ingrediente, muianți și substanțe tensioactive în formare, are scopul de a mări cantitatea de erbicid ce trebuie reținută de către frunze și în continuare de a le înlesni pătrunderea în plantă.

d. - Calitatea stropirii.

Stropirile fine, caracteristice de fapt tratamentelor aeriene, favorizează retenția. Picăturile fine, sunt indicate în combaterea gramineelor cu produse fenoxipropionice, tocmai datorită reținerii și dirijării lor spre mugurele de creștere.

e. - Calitatea mediului înconjurător.

Mediul, influențează îndeosebi unele aspecte morfologice, ca formarea de ceară, pilozitatea (vremea rece și uscată favorizează apariția de mai multă ceară), sau provocarea de abraziuni de către vânt. Ca urmare influențează și gradul de reținere a soluției erbicide.

STADIUL ACTUAL AL METODELOR ȘI ECHIPAMENTELOR DE ÎNCĂRCARE A PICĂTURILOR ȘI ASPECTE PRIVIND COMPORTAREA PLANTELOR DIN PUNCT DE VEDERE ELECTRIC

Puține cercetări [79],[76],[23], scot în evidență avantajele combaterii cu picături încărcate cu sarcină electrică, atât din punctul de vedere al reducerii cantității de soluție pe unitatea de suprafață și al depunerii picăturilor pe plante, cât și al reducerii poluării chimice: a solului, aerului, apei și produselor agricole. Aceste avantaje ar fi posibile numai prin o "dirijare" oarecum a picăturilor, prin încărcarea cu sarcină și deplasarea lor într-un câmp electric de intensitate \vec{E} . În cazul picăturilor de mărime corespunzătoare tratamentelor agricole, condiția necesară acestei "dirijării" prin forțe electrice (electrostatice), este exprimată astfel:

$$\vec{F}_p = q_p \cdot \vec{E} \quad (3.1)$$

unde: - \vec{F}_p , este forța electrică, exercitată asupra unei picături individuale încărcate cu sarcină, care se află în câmpul electric de intensitate \vec{E} [N];
 - \vec{E} , intensitatea câmpului electric în care are loc deplasarea picăturii, inițial produs de norul de picături încărcate, iar în apropierea plantei chiar în propriul câmp [V/m];
 - q_p , sarcina cu care s-a încărcat picătura [C].

La prima vedere, mărimea forței electrice exercitate asupra picăturilor încărcate, este dependentă în primul rând de valoarea sarcinii cu care este încărcată picătura, dar și de forma și valoarea câmpului electric (intensitatea, forma liniilor de câmp, etc).

- Câmpul electric în care are loc deplasarea picăturii încărcată cu sarcină, poate fi generat cu ajutorul:
 - a.- unui electrod de o anumită formă, conectat la o tensiune înaltă și amplasat corespunzător în apropierea vânei sau peliculei de lichid;
 - b.- sarcinilor induse prin inducție electrică, în vecinătatea unor contururi (suprafețe limitate);
 - c.- unor câmpuri spațiale, generate chiar de norul de picături individuale încărcate, care se deplasează cu o anumită viteză către plante.
- Nivelul sarcinii "q_p", cu care se încarcă picăturile, este influențat în special de caracteristicile fizice și electrice ale lichidului din care provin picăturile, metoda de încărcare a picăturilor, forma și intensitatea câmpului electric în care are loc încărcarea și modul de manifestare a acestuia asupra picăturilor deja încărcate, mărimea picăturilor (diametrul acestora) și de influența sarcinii spațiale produse de norul de picături deja încărcate, din jurul locului de formare a acestora.

În general, dirijarea picăturilor încărcate spre plante în vederea depunerii pe acestea (deci eficiența tratamentului), este dependentă de un complex mare și variat de factori, între care cei mai importanți sunt:

- 1.- modul de realizare a picăturilor, metoda de încărcare și nivelul de încărcare;
- 2.- capacitatea de generare, forma și structura câmpului electric de încărcare;
- 3.- modul de deplasare, pătrundere și depunere a picăturilor pe plante (comportamentul plantelor din punct de vedere electric).

Cu alte cuvinte, calitatea formării și încărcării picăturilor, "zborul" acestora către plante, dar mai ales depunerea lor pe plante, **constituie reperele** care stabilesc până la urmă eficiența tratamentului, repere formulate astfel:

- **formarea și încărcarea picăturilor** sunt determinate de caracteristicile lichidului (fizice și electrice), respectiv caracteristicile câmpului electric unde are loc încărcarea cu sarcină;

- **deplasarea și depunerea picăturilor** încărcate pe plante, sunt determinate de traiectoriile după care se deplasează picăturile, forțele care intervin asupra picăturilor și în special forțele electrostatice (de atracție), care apar între picăturile încărcate cu sarcină negativă și sarcinile imagine induse în plantă prin efectul de influență electrică (planta fiind legată la pământ prin rădăcină). Prezența sarcinilor induse în plante și repartiția acestora pe suprafața acestora, este dependentă în special de modul de comportare din punct de vedere electric al acestora, adică de modul de transfer a sarcinii tranzitorii prin acestea.

Stropirea cu picături încărcate cu sarcină electrică (stropirea electrostatică), trebuie analizată din punctul de vedere a metodei de încărcare (din care să rezulte un raport sarcină/masă mare la tensiuni cât mai mici), a caracteristicilor câmpului electric, a posibilităților de realizare tehnică a echipamentului care are la bază metoda de încărcare aleasă, a securității personalului de deservire pentru echipamentul de combatere, având în vedere că sunt folosite tensiuni mari, al comportamentului din punct de vedere electric al plantelor care se tratează, dar care să conducă la realizarea unei densități și eficiențe a depunerii cât mai mare, cu o reducere semnificativă atât a cantității de soluție toxică la unitatea de suprafață, cât și a poluării produselor agricole și a mediului ambiant.

3.1.- Stadiul actual privind metodele de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor.

În practica încărcării cu sarcină electrică a picăturilor, sunt cunoscute mai multe metode de încărcare:

- **încărcarea prin contact;**
- **încărcarea prin influență electrică (inducție electrică);**
- **încărcarea prin procesul descărcărilor locale (fenomenul Corona);**
- **încărcarea prin contact și destrămarea lichidului, electrodinamic.**

Sunt prezentate principiile de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor de soluție toxică, specifice fiecărei metode, cu atuurile și minusurile fiecăreia și indicarea celei mai avantajoase, pentru a fi folosită în practică și care să constituie modelul de proiectare a unui echipament ce se dorește a fi realizat și încercat în practică.

3.1.1.- Metoda de încărcare prin contact.

Corespunzător acestei metode, încărcarea cu sarcină electrică a picăturilor de soluție toxică, se realizează prin transferul de sarcină de la duza de pulverizare legată la plusul sursei de înaltă tensiune (2-15 kV), la vâna de lichid cu care vine în contact direct, iar prin pulverizare, sarcina se distribuie la picăturile formate (fig.3.1).

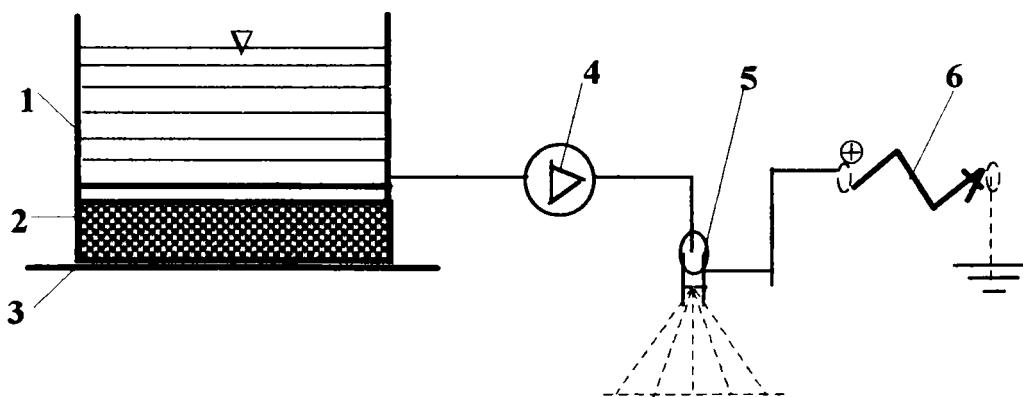


Fig.3.1. Schema de principiu pentru încărcarea prin contact

1.- rezervor cu soluție toxică ; 2.- izolator; 3.- cadrul mașinii; 4.- pompa hidraulică; 5.- duza de pulverizare; 6.- sursa de înaltă tensiune.

Eficiența încărcării este mare (picăturile se încarcă până la saturație), însă la folosirea lichidelor conductoare (soluțiile pe bază de apă care sunt folosite cel mai mult în practica agricolă), prin menținerea duzei la un voltaj mare, este necesară realizarea unei izolări complete și bune a acesteia față de masă, aspect foarte greu de realizat din punct de vedere tehnic.

Nivelul la care pot fi încărcate picăturile de lichid prin această metodă, este dependent de limita **Rayleigh**, care este explicată prin faptul că, la atingerea acestui nivel, are loc destrămarea picăturii în altele mai mici și încărcate cu sarcină de același sens cu picătura mamă. Această limită este influențată în principal de forța datorată tensiunii superficiale a lichidului, care echilibrează forța electrostatică ce acționează la suprafața picăturii și de diametrul picăturii. Deci, picăturile de lichid se destramă atunci când nu se mai păstrează echilibrul între forțele mecanice și cele electrice. Forțele mecanice, sunt datorate presiunii din exteriorul spre interiorul picăturii, iar cele electrice sunt în principal cele datorate presiunii electrostatice, orientată spre exteriorul suprafeței convexe a picăturii conductoare și încărcată electrostatic. Nivelul sarcinii posibile cu care se poate încărca o picătură, atunci când apare dezechilibrul amintit mai sus, este exprimat prin relația lui Rayleigh:

$$q_{RAY} = 8 \cdot \pi \cdot \sqrt{\sigma_l \cdot \epsilon_0 \cdot r_p^3} \quad [C] \quad (3.2)$$

unde: - r_p este raza picăturii de formă sferică (în m);

- σ_l , tensiunea superficială a lichidului $[\frac{N}{m}]$;

- ϵ_0 , permitivitatea absolută a aerului $[\frac{F}{m}]$.

Deoarece posibilitățile tehnice de realizare a izolării sunt relativ puține, pentru ca personalul de deservire să fie protejat contra electrocutării, cât și faptului că lichidele trebuie să fie curate, metoda de încărcare prin contact nu este indicată la încărcarea picăturilor de soluție toxică pentru combatere, pe bază de apă.

3.1.2.- Metoda de încărcare prin descărcări locale (efect Corona).

În conformitatea cu această metodă, încărcarea picăturilor are loc după ce acestea au părăsit locul de formare (duza), în spațiul (câmpul electric) dintre electrozii legați la polul plus al sursei de înaltă tensiune (10 - 25 kV) și duza legată la masă (fig.3.2).

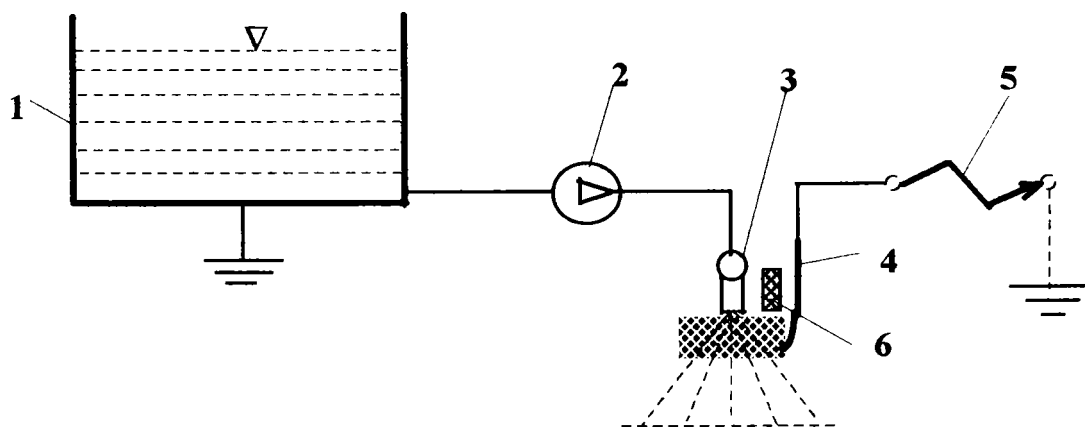


Fig.3.2. Schema de principiu pentru încărcarea prin descărcări Corona.

1.-rezervor cu soluție toxică; 2.- pompa hidraulică; 3.- duza de pulverizare; 4.- electrozi sub forma unui conductor subțire; 5.- sursa de înaltă tensiune; 6.- izolator între duză și electrozi..

Electrozii utilizați sunt sub forma unor fire subțiri de wolfram ($\phi=0,1-0,3$ mm) și legați la plusul sursei de înaltă tensiune, astfel că, pe suprafața lor există o densitate superficială de sarcină mare, iar la vârfurile lor acționează un câmp deosebit de intens (gradientul de potențial depășind valoarea critică de străpungere), care poate ioniza aerul din spațiul dintre aceștia și duză. Primii electroni smulși din unele molecule de aer, capătă viteze mari deplasându-se spre duza 3 legată la masă

de-alungul liniilor de câmp. Acești electroni, lovind în drumul lor alte molecule de aer, declanșează o ionizare prin șoc, astfel că numărul electronilor și ionilor pozitivi crește rapid, întreținându-se ionizarea. Deplasarea ionilor cu mobilitate mare are loc spre duza legată la masă, lăsând în urma lor o dâră de ioni pozitivi (descărcări locale Corona), fenomen care tinde să le frâneze deplasarea, iar electronii se deplasează spre electrozii pozitivi. Deoarece intensitatea câmpului electric scade rapid, pe măsură ce electronii se depărtează de electrozi, procesul ia sfârșit înainte de apariția unei scânteii electrice între electrod și duză. Efectul Corona poate fi negativ sau pozitiv, în funcție de modul de alimentare al electrozilor. La efectul Corona pozitiv, spațiul dintre electrozi se umple cu ioni pozitivi și invers [144],[118].

Picăturile de lichid mai mari de $0,5 \mu\text{m}$, care trec prin zona duză - electrozi, pot capta fiecare (prin atașare) ioni de aer, căpătând semnul de încărcare pozitiv. Sarcina atinge valoarea maximă în momentul în care nici un electron, sau nici un ion din aer, nu se mai poate depune pe suprafața picăturilor, datorită forței de respingere, generată de câmpul sarcinilor depuse anterior pe acestea.

Sarcina pe care o poate căpăta picăturile, (o fracțiune f din sarcina teoretică obținută la saturație q_{TS}), este dependentă în primul rând de permitivitatea ϵ_r a lichidului din care se formează picăturile, aria suprafeței lor și caracteristicile electrice ale încărcării (timpul de încărcare t_i , concentrația de ioni aflată în zona de încărcare N , mobilitatea k_i a ionilor de aer din câmpul unde are loc încărcarea).

După Cabine (1958), și White (1963), sarcina unei picături este dată de relațiile:

$$q_p = f \left[1 + 2 \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} \right] \cdot 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot E_d \cdot r_p^2 \quad (3.3) \quad \text{și} \quad f = \frac{\left[\frac{N \cdot e \cdot k_i}{4 \cdot \epsilon_0} \right] t_i}{\left[\frac{N \cdot e \cdot k_i}{4 \epsilon_0} \right] t_i + 1} \quad (3.3')$$

unde: - q_p este sarcina reală căpătată de picătură [C];

- f , fracțiunea din sarcina teoretică, cu care se poate încărca picătura;

- ϵ_r , permitivitatea relativă (constanta dielectrică) a soluției din care este formată picătura;

- ϵ_0 , permitivitatea absolută a aerului, aproape egală cu cea a vidului, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-19}$ [F/m];

- E_d , intensitatea câmpului electric care favorizează descărcările Corona [V/m];

- r_p , raza picăturii de lichid formate [m]

- N , concentrația de ioni din zona de ionizare [ioni/m³];

- e , sarcina electronului : $e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ [C];

- k_i , mobilitatea ionilor de aer [m²/V.s]; ($k_{i-} \cong 1,89 \cdot 10^{-4}$ [m²/V.s] $k_{i+} \cong 1,37 \cdot 10^{-4}$ [m²/V.s], purtători negativi și pozitivi, în condițiile unui câmp de 100 kV/m, la presiunea atmosferică și 0° C). Viteza pe care o capătă aceștia este: $v_- = 18,9$ m/s respectiv $v_+ = 13,7$ m/s [144];

- t_i , timpul efectiv în care se realizează încărcarea [s].

Alegerea valorilor pentru f și k_i depinde de duza care este folosită, sau care se proiectează pentru acest scop. Din relația (3.3) se observă că termenul " f " are valoarea 1/2, adică picătura se încarcă cu jumătate din cea teoretică (de saturație), pentru un timp de încărcare $t_i = 4 \cdot \epsilon_0 / N \cdot e \cdot k_i$, de câteva milisecunde. Dacă transportul picăturilor se realizează cu un curent de aer suplimentar, atunci este necesar ca din proiectarea aerodinamică a duzei, să se asigure un timp de menținere a picăturii în zona de încărcare, suficient de lung, pentru a se atinge procentul " f " din încărcarea teoretică.

Din punctul de vedere al proprietăților fizice ale lichidului din care este formată picătura, în procesul de încărcare, permitivitatea relativă ϵ_r (sau constanta dielectrică K) are un rol principal în transferul de sarcină. Expresia din paranteza relației (3.3), reprezintă o măsură a gradului în care liniile de câmp electric sunt concentrate pe suprafața picăturii. Valoarea lui K are valori cuprinse între 1,3 (pentru dielectrici buni (uleiuri)) și valoarea maximă 3 (pentru particulele conductoare, în cazul de față, soluțiile pe bază de apă, [79]).

Prin această metodă, teoretic se pot încărca atât particulele din materiale dielectrice solide sau lichide, cât și particulele bune conductoare din metal sau picături de apă, iar sarcina unei picături poate ajunge la jumătate din sarcina teoretică de saturație q_{TS} .

Sarcină transmisă unei picături prin efectul Corona, poate fi determinată și în alt mod [76], dacă se are în vedere faptul că, pentru picăturile de lichid care practic sunt considerate de formă sferică, densitatea de sarcină liberă pe suprafața lor q_s , rezultată la încărcare, poate fi exprimată prin:

$$q_s = \frac{q_p}{4\pi r_p^2} \left[\frac{C}{m^2} \right] \quad (3.4)$$

unde: - q_p este sarcina electrică efectivă a picăturii rezultată la încărcare [C];

- r_p , raza picăturii de lichid încărcată cu sarcină [m].

În același timp, intensitatea câmpului electric generat de picătură în jurul său, conform legii fluxului electric, este:

$$E_p = \frac{q_s}{\epsilon_0} = \frac{q_p}{4\pi\epsilon_0 r_p^2} \quad [V/m] \quad (3.5)$$

Din relațiile (3.4) și (3.5) și dacă se are în vedere faptul că încărcarea nu se realizează până la posibilitățile teoretice, rezultă valoarea sarcinii totale a picăturii:

$$q_p = 4\pi\epsilon_0 r_p^2 \cdot E_p \cdot c_i \cdot \eta_i \quad [C] \quad (3.6)$$

unde: - c_i este coeficientul de încărcare, ce depinde de permitivitatea soluției;

- η_i , reprezintă randamentul încărcării.

Pentru determinarea randamentului încărcării, se pleacă de la ideea că sarcina maximă transferată picăturii, este dependentă de permitivitatea soluției, iar procesul de încărcare are loc într-un anumit timp și într-un anumit mod: la început încărcarea este mai rapidă, însă cu trecerea timpului ea devine tot mai lentă până la saturație, iar procesul poate fi exprimat prin relația:

$$\frac{dq_p}{dt} = \pi \cdot r_p^2 \cdot c_i \left(1 - \frac{q}{q_s}\right) \cdot I \quad (3.7)$$

în care: $\frac{dq_p}{dt}$ reprezintă variația sarcinii în timp, la încărcare a picăturii [C/s];

- q_s , sarcina la saturație și este mai mică decât q_{RAY} , [C];

- I , intensitatea curentului ionic [A/m^2];

- q , sarcina picăturii, la un anumit moment dat [C].

Intensitatea curentului ionic "I", este dependentă de densitatea ρ_i a ionilor [C/m^3], mobilitatea acestora k_i [$m^2/V \cdot s$], intensitatea câmpului electric E produs de electrozi (V/m) și se exprimă prin relația:

$$I = \rho_i \cdot k_i \cdot E \quad (3.8)$$

Creșterea cantității de sarcină la încărcare în unitatea de timp, este cu atât mai mică cu cât valoarea momentană a sarcinii q respectiv q_p se apropie de valoarea de saturație q_s , aspect în care raportul $dq_p/dt \rightarrow 0$, moment în care încărcarea se oprește. Scriind în alt mod relația (3.7), în condițiile în care, $dq_p/dt \rightarrow 0$, se obține:

$$q_p = q_s \left(\frac{t}{t + \tau} \right) \quad [C] \quad (3.9)$$

unde: $\tau = \frac{4 \cdot \epsilon_0}{\rho_s \cdot k_i}$ reprezintă constanta de timp a încărcării ;

- t , timpul ce reflectă durata încărcării (timpul efectiv cât se realizează încărcarea [s]);

- ρ_s , densitatea spațială a sarcinii ionice [C/m^3].

Relația (3.9) scrisă sub forma raportului $\frac{q_p}{q_s}$, rezultă:

$$\frac{q_p}{q_s} = \frac{t}{t + \tau} = \frac{\rho_e \cdot \frac{k_i \cdot t}{4\epsilon_0}}{1 + \rho_e \frac{k_i \cdot t}{4\epsilon_0}} = \frac{\rho_e \cdot k_i \cdot t}{4\epsilon_0 + \rho_e \cdot k_i \cdot t} = \eta_i \quad (3.10)$$

sau în final,
$$q_p = q_s \cdot \eta_i = q_s \cdot \frac{\rho_s \cdot k_i \cdot t}{4\epsilon_0 + \rho_s \cdot k_i \cdot t} \quad (3.11)$$

Relația (3.10) reprezintă tocmai randamentul încărcării. Nivelul sarcinii cu care se încarcă picătura (randamentul încărcării), poate fi mărit fie prin creșterea tensiunii de alimentare a electrozilor (creșterea mobilității și a densității ionilor), fie printr-o formă adecvată a electrozilor. Se observă că la valoarea $t = \tau$, sarcina picăturii devine egală cu jumătate din sarcina maximă: $q_p = 1/2 q_s$.

După Tănăsescu și Cramariuc[145] și Inculeț [70], sarcina electrică obținută prin captare de ioni, depinde de timp și este dată de relația:

$$q_p = \frac{4\pi\epsilon_0(3\epsilon)}{2\epsilon_0 + \epsilon} \cdot \frac{E_0 r_p^2 \cdot t}{t + \frac{4\pi\epsilon_0}{\pi k_i \rho_v}} \quad [C] \quad (3.12)$$

unde:- t este timpul de captare a ionilor [s];

- r_p , raza picăturii [m];

- E_0 , câmpul electric considerat uniform [V/m];

- k_i , mobilitatea ionilor [$m^2/V.s$].

Pentru particule conductoare ($\epsilon \rightarrow \infty$) și $t \rightarrow \infty$, sarcina limită se exprimă astfel:

$$q_p = 12\pi\epsilon_0 \cdot E_0 r_p^2 \quad [C] \quad (3.13)$$

Teoretic, sarcina captată de o picătură de formă sferică, este o funcție ce depinde de patratul razei acesteia. Rezultatele experimentale nu au confirmat însă această formă de încărcare.

Pentru încărcarea prin această metodă, sunt utilizate tensiuni de valori mari (10-25 kV), apărând un risc mare de electrocutare a personalului de deservire, iar mediul în care are loc încărcarea picăturilor nu este suficient de curat, pentru a se realiza încărcarea de o anumită polaritate a picăturilor. Aceste aspecte fac ca această metodă să fie puțin utilizată în practică. Ea totuși a fost utilizată la mașinile de combatere cu pulverizare pneumatică și jet purtat, în special la cele specializate pentru viticultură și pomicultură [106], însă cu un succes neconcludent.

3.1.3.- Metoda de încărcare prin influență electrică(inducție electrică).

Prin această metodă, în procesul de încărcare a picăturilor cu sarcină, fenomenul de influență electrică se manifestă în vâna de lichid, considerată un conductor, numai în prezența unui electrod poziționat în apropierea acesteia. Prezența electrodului încărcat cu sarcină pozitivă (prin legarea la polul plus al unei surse de înaltă tensiune), produce mișcarea sarcinilor libere din vâna de lichid, realizându-se în același timp o separare a acestora. Din punct de vedere teoretic, în cazul fenomenului de influență electrică, distribuția sarcinilor superficiale pe un conductor, depinde numai de prezența și de poziția corpurilor electrizate vecine. Modul cum se realizează această separare a sarcinilor în conductoare prin acest fenomen, este prezentat sumar mai jos (fig.3.3). Se consideră conductorul izolat C, neutru (în cazul electrostatic, pelicula de lichid, planta), fig.3.3 a. Apropiind un corp C', electrizat pozitiv (electrod), pe conductorul C apar sarcini negative dinspre corpul C' și pozitive în partea opusă. Sub acțiunea câmpului electric creat de corpul C' în jurul său, sarcinile libere pozitive și ne-

gative conținute de corpul C în cantități egale și considerabile, încep să se miște, cele negative în sens invers câmpului (deci apropiindu-se de C'), iar cele pozitive în sensul câmpului (deci depărtându-se de C'). Sarcinile astfel separate prin influență pe conductorul C, crează un câmp de sens contrar câmpului generat de C', care atunci când densitățile de sarcină "+" și "-" devin suficiente, îl va anula complet. Densitatea de sarcină pe corpul C variază în mod continuu, de la punct la punct, iar sarcinile pozitive și negative vor fi separate printr-o linie neutră, unde densitatea de sarcină este nulă.

Liniile de câmp, care pleacă de pe corpul C', ajung în regiunea încărcată negativ de pe corpul C. Un fascicul de linii de câmp care pleacă din C' și ajung pe C, decupează pe cei 2 conductori elemente de suprafață, numite elemente corespondente, iar influența este parțială (fig.3.3 b). Sarcinile dq_1 și dq_2 de pe cele două elemente corespondente, sunt egale și de semne opuse, consecință a legii lui Gauss. Fiind o influență parțială, sarcina indusă în C, este însă mai mică decât sarcina inductoare de pe corpul C', deoarece liniile de câmp de pe corpul C' nu ajung în totalitate pe corpul C. Dacă conductorul influențat C, înconjoară complet corpul electrizat C', se spune că este o influență totală, caz în care toate liniile de câmp care pleacă din C', ajung pe corpul C, iar sarcina $-q_2 = q_1$.

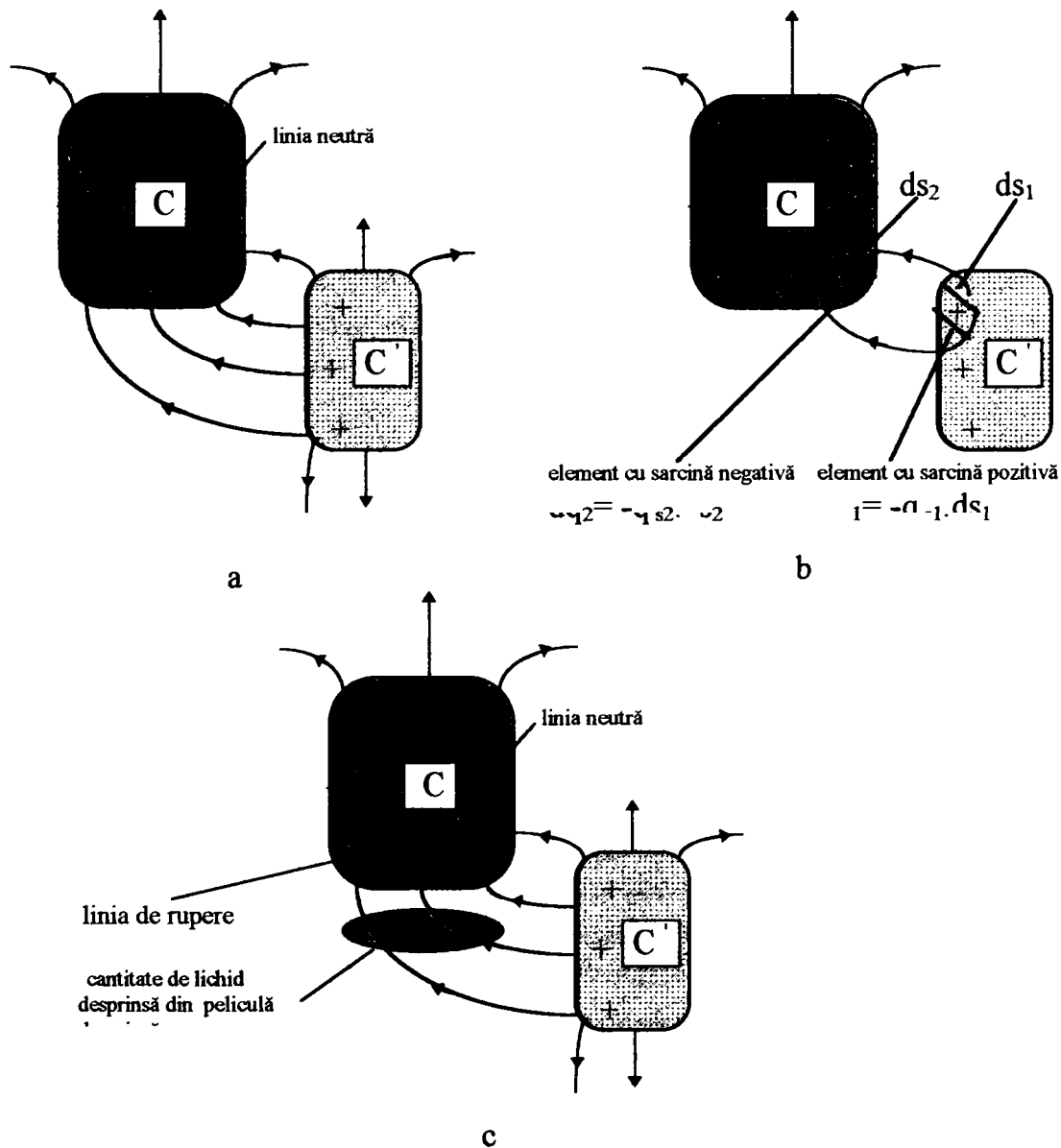


Fig.3.3.- Fenomenul de influență electrică

Practic, fenomenul de influență electrică este folosit atât la încărcarea picăturilor cu sarcină electrică, cât și la depunerea acestora pe plante. Când influența electrică este folosită la încărcarea picăturilor, o cantitate de lichid desprinsă din peliculă, ce posedă sarcină superficială negativă, rămâne cu această sarcină negativă, din ea rezultând prin pulverizare picături încărcate negativ (fig.3.3 c).

In cazul dispozitivelor folosite pe mașinile de stropit (fig.3.4), teoretic vâna (pelicula) de li-

chid 7 conectată la pământ, cu conductivitatea electrică diferită de zero și aflată în zona dintre electrozii 4 legați la plusul sursei de înaltă tensiune 5, poate "acumula" sarcină negativă. Această "acumulare" de sarcină rezultă ca efect al fenomenului de influență electrică (prezentat teoretic mai sus), în scopul menținerii vânei la potențialul pământului, dar numai în prezența electrozilor plasați în apropierea acesteia. Metoda este utilizată cu succes numai la pulverizarea hidraulică și centrifugală, acolo unde se realizează o peliculă (vână) de lichid compactă, înainte de destrămarea.

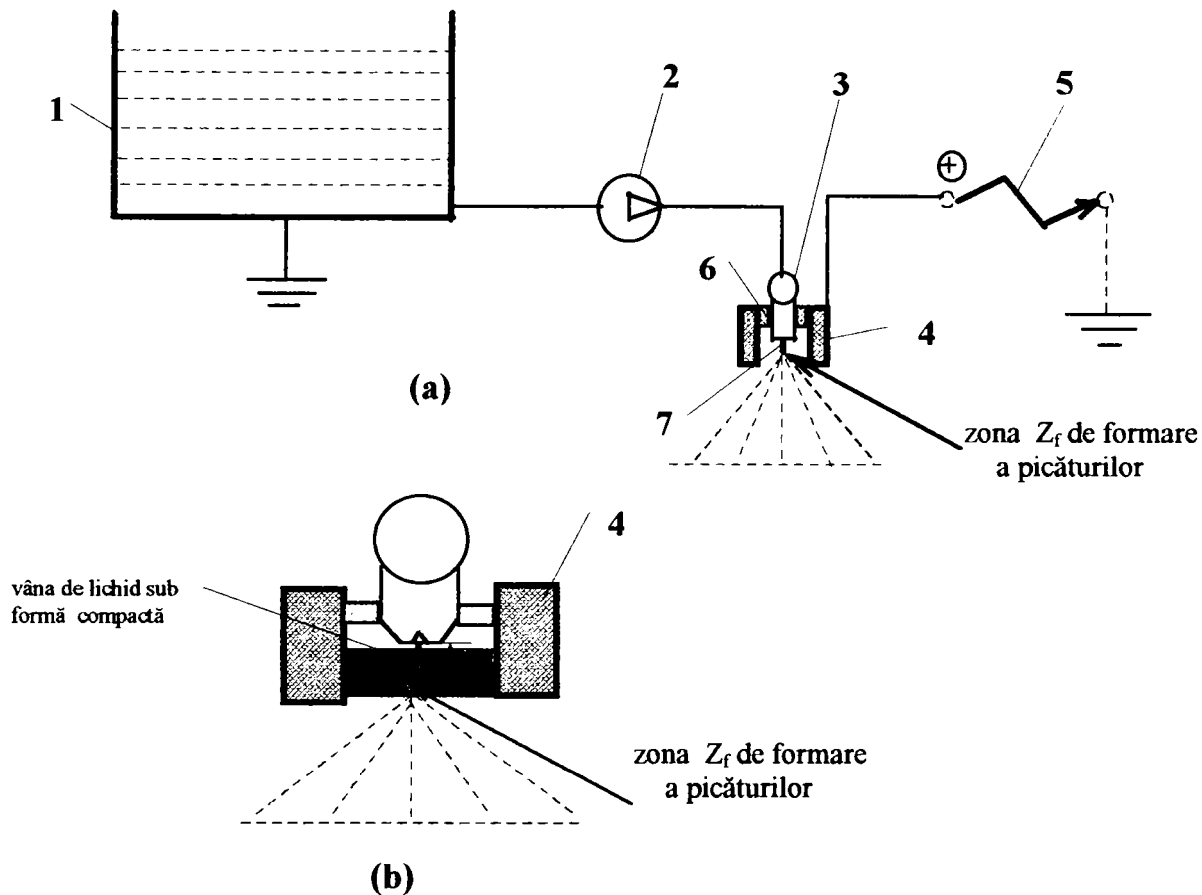


Fig.3.4. Schema de principiu pentru încărcarea prin influență electrică.

(a).- schema generală; (b).- zona duzei și electrozilor.

1.-rezervor cu soluție toxică; 2.- pompa hidraulică; 3.- duza de pulverizare; 4.- electrod(de diferite forme); 5.- sursa de înaltă tensiune; 6.- izolator între duză și electrozi; 7.- vâna de lichid .

Picăturile individuale ce rezultă din destrămarea vânei (peliculei) continue de lichid încărcată negativ, **se vor despărți purtând cu ele sarcină negativă**, acest lucru fiind posibil numai dacă zona Z_f de formare a picăturilor se găsește în zona de influență a câmpului electric ce acționează între electrozi și vâna de lichid. Încărcarea maximă, se obține numai dacă zona de formare a picăturilor (zona terminală a vânei de lichid), **se găsește în regiunea în care intensitatea câmpului electric este maximă.**

O intensitate mare a câmpului electric \vec{E} într-o anumită zonă, **poate fi realizată numai cu electrozi de o anumită formă** (suprafață plană, tronconică, toroidală, semicerc, inelar etc), legați la plusul sursei de înaltă tensiune, de valoare mai mică (1-5 kV), decât în cazul celorlalte metode prezentate. Mediul izolant prin care se realizează influența electrică, este **aerul**.

Așa cum s-a precizat mai sus, picăturile care părăsesc duza și se deplasează către plante, se încarcă cu sarcină electrică negativă, iar dacă acestea nu au capacitatea de a părăsi rapid zona electrodului, există riscul de a fi atrase de către electrozii pozitivi. Acest fenomen, poate fi ușor evitat numai printr-o alegere corespunzătoare a formei și lungimii electrozilor.

Teoretic, nivelul încărcării picăturilor prin inducție electrică depinde în foarte mare măsură de **de timpul efectiv în care are loc transferul de sarcină t_{tr}** , timp care trebuie să fie cu mult mai mic decât timpul necesar formării picăturilor ($t_{tr} \ll t_{fp}$). Capacitatea de transfer de sarcină prin influen-

ță, la vâna de lichid "v" legată la masă, în aceleași condiții de câmp electric, depinde foarte mult de **proprietățile electrice ale lichidului** care formează vâna (pelicula) compactă înainte de a se destrăma în picături. Această caracteristică a lichidului, este reprezentată prin **constanta de transfer de sarcină** τ [80] (sau timpul de transfer a sarcinii t_{trs}), care este o funcție în raport de **conductivitatea electrică și permitivitatea** lichidului:

$$t_{trs} = \frac{\epsilon_1}{\sigma_e} \quad [s] \quad (3.14)$$

unde: - ϵ_1 este permitivitatea lichidului [F/m sau $C^2/N.m^2$];
- σ_e , conductivitatea electrică a lichidului [M Ω /m].

Exprimat în funcție de constanta dielectrică "K" și rezistivitatea " ρ_e " [Ω/m] ale lichidului, timpul de transfer de sarcină are forma:

$$t_{trs} = K \cdot \rho_e \cdot \epsilon_0 \quad [s] \quad (3.15)$$

Teoretic, lichidele la care timpul de transfer de sarcină t_{trs} este mai mic decât durata de formare a picăturilor " t_{fp} ", sunt compatibile cu procesul de încărcare prin influență electrică, iar lichidele cu $t_{trs} > t_{fp}$ nu pot fi încărcate satisfăcător prin această metodă. Limita maximă la care pot fi încărcate picăturile de lichid, este impusă și aici de limita **Rayleigh**.

Pentru montajul din fig.3.4 a, valoarea timpului de formare a picăturilor t_{fp} , este exprimat aproximativ prin relația:

$$t_{fp} = \frac{l_v}{v_v} \quad [s] \quad (3.16)$$

unde: - l_v este lungimea liberă a vânei de lichid [m];
- v_v , viteza vânei de lichid la ieșirea din duză [m/s].

Timpul t_{fp} , în cazul destrămării peliculei de lichid la pulverizarea higrăulică și centrifugală, este estimat la valoarea de **1-1,7 ms**, iar timpul de transfer de sarcină t_{trs} , în soluțiile de stropit pe bază de apă, este de **0,35 ms**, iar la cele pe bază de ulei vegetal, de **0,442 [ms]**.

Deci, metoda prin influență electrică, realizează o încărcare cu sarcină electrică mare a picăturilor, cu folosirea unei tensiuni de alimentare a electrozilor de valoare mică. Poate fi considerată, pe de o parte ca, metoda de încărcare care asigură condiții de protecție a personalului de deservire și în același timp, este o metodă sigură într-un mediu "murdar" (aer cu impurități), prezent la lucrările de combatere din agricultură.

3.1.4.- Considerații privind alegerea metodei de încărcare.

- În primul rând, la combaterea chimică cu picături încărcate cu sarcină electrică, trebuie aleasă acea metodă care asigură în anumite condiții, cea mai **bună densitate de acoperire și cea mai mare cantitate de substanță activă depusă pe unitatea de suprafață [mg/cm²]** la tensiuni de alimentare a electrozilor cât mai mici și o bună protecție a utilizatorilor împotriva pericolului de electrocutare.
- În al doilea rând, metoda de încărcare să poată fi utilizată pentru soluțiile și amestecurile pe bază de apă, cele mai folosite la ora actuală în agricultură, care nu pot fi considerate ca medii efectiv "curate".

Metoda care răspunde la aceste cerințe, este **metoda de încărcare prin influență electrică**, cunoscută și sub numele de metoda de încărcare prin inducție electrică

Fenomenul de influență electrică, aplicat atât la încărcarea cu sarcină electrică a picăturilor de soluții toxice, cât și la depunerea acestora pe plante, nu a fost suficient de bine fundamentat, ceea ce a determinat o mare rețineră în utilizarea lui. Mai mult, necunoașterea în amănunt a anumitor aspecte legate de comportamentul din punct de vedere electric al plantelor, a creat o atmosferă de respingere

totală și abandonare de către foarte multe colective de cercetare. Totuși, o fundamentare amănunțită și științifică a fenomenului de influență electrică, aplicat la încărcarea picăturilor, face ca această metodă să fie cea care asigură o densitate și eficiență mare a depunerii, la utilizarea de tensiuni chiar de valori mici.

3.1.5.- Limita maximă de încărcare(limita RAYLEIGH)

Nivelul de încărcare cu sarcină a picăturilor, așa cum s-a precizat anterior, este impus de instabilitatea hidrodinamică a acestora, în sensul că densitatea maximă de sarcină poate fi obținută atâta timp cât "forța de explozie"(de destrămarea picăturii), este echilibrată de forța de comprimare datorată tensiunii superficiale ce caracterizează soluția folosită. Deci, intensitatea critică a câmpului electric, respectiv încărcarea limită la care apare instabilitatea picăturii, este limitată de tensiunea superficială a lichidului și diametrul picăturii, adică picătura rămâne întreagă atâta timp cât forțele din interior sunt mai mici decât forțele din exteriorul acesteia [70] (fig.3.5 a).

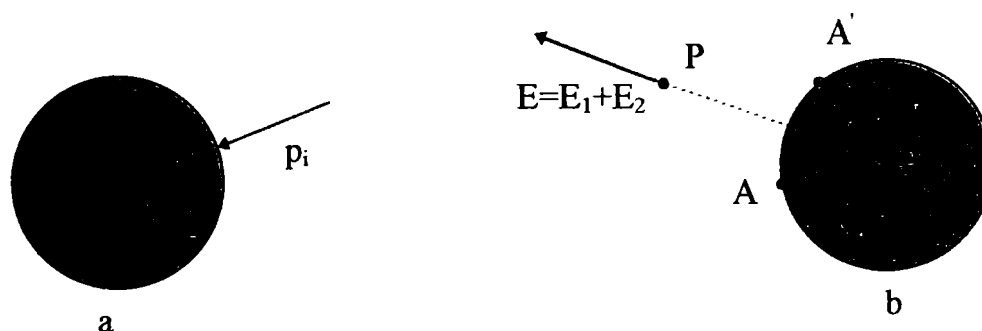


Fig.3.5.- Forțele care acționează la nivelul suprafeței picăturii

Presiunea p_i , ce ține în echilibru suprafața picăturii ca urmare a tensiunii superficiale, îndreptată spre centrul picăturii, este exprimată prin relația:

$$p_i = \frac{2\sigma_1}{r_p} \quad [\text{N/cm}^2] \quad (3.17)$$

unde: - σ_1 este tensiunea superficială a lichidului [N/cm];
- r_p , raza picăturii [cm].

Presiunea electrostatică p_e , îndreptată din interior către exterior, este dată de relația:

$$p_e = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{q_s^2}{2\epsilon_0} \quad [\text{N/cm}^2] \quad (3.18)$$

unde: - E este intensitatea câmpului electric [V/m];
- ϵ_0 , permitivitatea vidului (aerului) [F/m];
- q_s , sarcina specifică pe suprafața AA';

Relația (3.18) se deduce, considerându-se elementul AA' de arie dS din suprafața picăturii conductoare și 2 puncte în vecinătatea sa: P în exterior și P' în interior (fig 3.7 b). În punctul P, câmpul \vec{E} este rezultatul câmpului E_1 , datorat sarcinii $\rho_s \cdot dS$ de pe elementul de arie dS și E_2 datorat celorlalte sarcini de pe suprafața picăturii. Câmpul de intensitate E_1 , poate fi considerat un câmp uniform, creat de o distribuție ρ_s , uniformă la orice distanță de picătură, atâta timp cât dS este mică și ρ_s nu variază pe întinderea ei. Intensitatea câmpului, $E_1 = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0}$ are o direcție normală pe AA'. Conform teoremei lui Coulomb, câmpul total E este de asemenea normal pe AA' și are valoarea $E = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0}$. Câmpul E_2 are valoarea: $E_2 = E - E_1 = E_1 = \rho_s/2$. În punctul P' din interiorul picăturii, $E=0$.

Sarcina $dq = \rho_s \cdot dS$, repartizată pe AA' de arie dS, este supusă unei forțe exercitate de cele-

alte sarcini, a cărei valoare este:

$$dF = dq \cdot E_2 = \rho_s \cdot dS \cdot E_2 = \rho_s \cdot dS \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} = \frac{\rho_s^2}{2\epsilon_0} \cdot dS \quad (3.19)$$

iar $\frac{dF}{dS} = p_e = \frac{\rho_s^2}{2\epsilon_0} = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{\rho_s}{\epsilon_0} \right)^2 = \frac{\epsilon_0 \cdot E^2}{2}$, este presiunea electrostatică, ce acționează asupra elementului de arie AA'.

Din egalitatea $p_e = p_i$ se obține:

$$\frac{2\sigma_1}{r_p} = \frac{\rho_s^2}{2\epsilon_0} \quad \text{sau} \quad \frac{2\sigma_1}{r_p} = \left(\frac{q_p}{4\pi r_p^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2\epsilon_0}, \quad \text{de unde rezultă:}$$

$$q_{p,\max} = 8\pi \sqrt{r_p^3 \cdot \sigma_1 \cdot \epsilon_0} \quad [C] \quad \text{numită și limita Rayleigh} \quad (3.20)$$

unde: - r_p este raza picăturii [m];

- σ_1 , tensiunea superficială a lichidului [N/m];

- ϵ_0 , permitivitatea aerului [F/m].

Pentru soluții pe bază de apă, ($\sigma_1 = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m și domeniul de picături 0- 600 μm), valorile $q_{p,\max}$ sunt prezentate în tab.3.1 și fig. 3.6.

Nivelul maxim de încărcare cu sarcină (limita Reyleigh)

Tabelul 3.1

d_p	3 μm	4 μm	5 μm	6 μm	20 μm	30 μm	40 μm	50 μm	60 μm
q_{\max}	0,0370 pC	0,0571 pC	0,0798 pC	0,104 pC	0,638 pC	1,172 pC	1,805 pC	2,52pC	3,31 pC

70 μm	80 μm	90 μm	100 μm	125 μm	150 μm	160 μm	180 μm	200 μm
4,18 pC	5,10 pC	6,09 pC	7,13 pC	9,38 pC	13,11 pC	14,44 pC	17,2 pC	20,1 pC

250 μm	390 μm	350 μm	400 μm	450 μm	500 μm	550 μm	600 μm
28,2 pC	37,09 pC	46,74 pC	57,10 pC	68,14 pC	79,8 pC	92,07 pC	104,91 pC

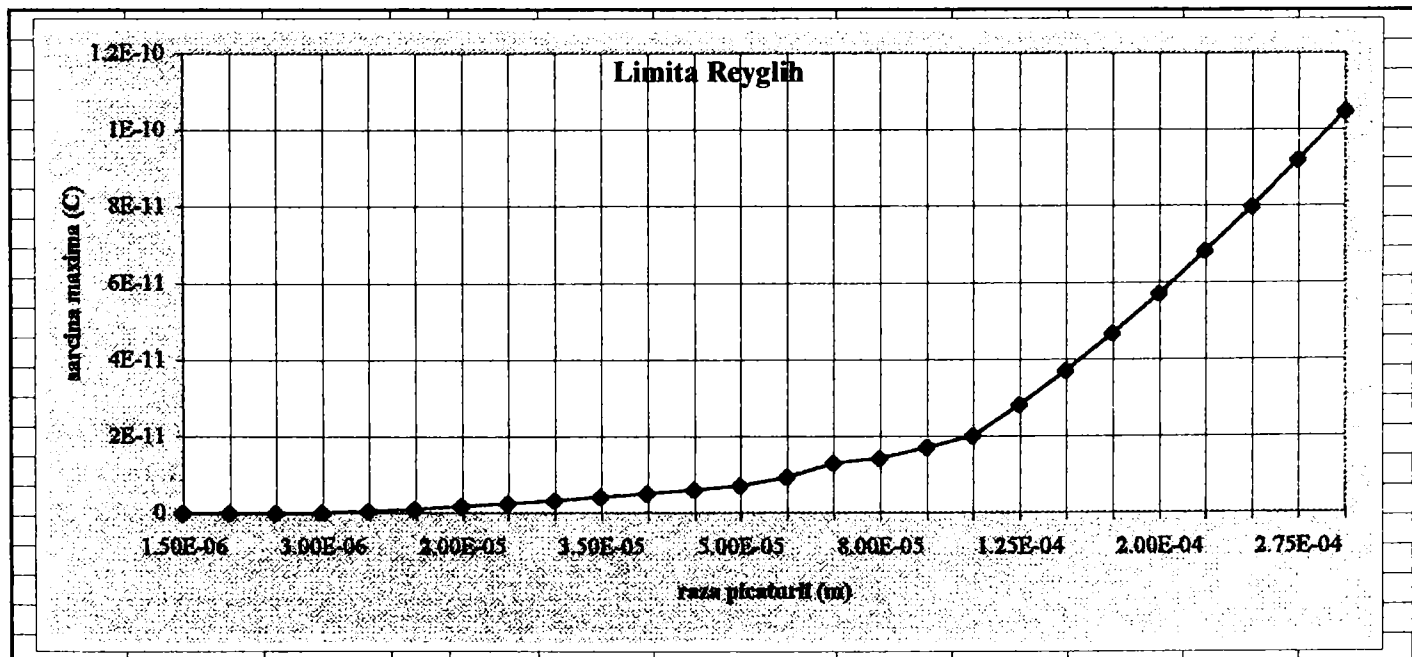


Fig.3.6.-Nivelul maxim de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor (limita Reyleigh)

Orice creștere a sarcinii picăturii peste această valoare maximă, conduce la fragmentarea acesteia în picături mai mici. De aceea, la proiectarea dispozitivelor de încărcare cu sarcină a picăturilor, trebuie obligatoriu luată în seamă această condiție.

3.2.- Considerații actuale privind transferul de sarcină tranzitorie în plantele vii la stropirea electrostatică.

Cercetările efectuate de diferiți cercetători în ultimii 30 de ani, în încercarea de a mări depunerea de substanță toxică activă pe plante și de a obține o cantitate depusă cât mai uniform pe toată suprafața frunzelor (atât pe față cât și pe spate), s-au focalizat în special pe metodele și tehnicile de încărcare a picăturilor cu sarcină electrică, în sensul de a obține un randament al încărcării cât mai mare, adică un raport sarcină/ masă $[q/M]$ cât mai mare.

Unul din aspectele de mare importanță ale procesului de stropire cu picături încărcate și anume, acela al posibilităților de **transfer de sarcină prin/în plantă**, nu a fost suficient de bine aprofundat și de aici unele suspiciuni privind extinderea acestei metode de stropire. De asemenea, a fost puțin și sumar analizate aspectele legate de **condițiile în care are loc acest transfer de sarcină în plante** (umiditatea solului (nivelul secetei), umiditatea aerului, tipul, înălțimea și forma plantelor și a frunzelor, etc).

S-a afirmat aproape de toți că, **succesul stropirii electrostatice în combaterea bolilor și dăunătorilor la plantele de cultură**, exprimat prin cantitatea și calitatea depunerii de substanță activă pe întreaga plantă (tulpină și pe ambele fețe ale frunzelor), sau numai într-o anumită zonă a acesteia, depinde, alături de nivelul de încărcare cu sarcină a picăturilor și de:

- a.- **capacitatea plantelor de a crea un câmp electric, ca răspuns la câmpul electric generat de norul de picături încărcate cu sarcina electrică, realizate de dispozitivul de pulverizare - încărcare;**
- b.- **capacitatea plantelor de a transfera sarcină indusă, în condiții reale de câmp.**

Analiza făcută de autor, a dus la concluzia că stabilirea parametrilor de depunere a picăturilor încărcate cu sarcină pe plante, **în raport cu activitatea electrică a acestora, devine foarte necesară**, deoarece activitatea electrică a plantelor este în directă legătură cu starea de umiditate sau secetă a solului (rezistența de conducție a plantelor).

Au fost supuse unei analize amănunțite următoarele fenomene legate de comportarea din punct de vedere electric a plantelor:

- **modul în care lipsa de umiditate (ofilirea plantei) și modul de legare a plantelor la pământ, influențează asupra fenomenului de transfer de sarcină și a depunerii picăturilor pe acestea;**
- **stabilirea unui model de încărcare prin inducție a plantei și a unui model fizic, care să simuleze din punct de vedere electric planta în condiții reale de câmp și seră.**

3.2.1.- Influența secetei asupra capacității plantelor de a realiza un transfer de sarcină electrică.

3.2.1.1.- Fenomenul de influență electrică.

Pentru a se înțelege în ce măsură umiditatea sau lipsa de umiditate a solului și a plantei, (sau altfel spus, lipsa de conductivitate a plantei), îl are asupra depunerii picăturilor încărcate, este necesar cunoașterea câtorva aspecte legate de "**activitatea electrică a plantei**", activitate ce se manifestă numai în prezența unui câmp electric, generat fie artificial de un electrod, fie real de apropierea norului de picături încărcate cu sarcină către plantă, modul de manifestare fiind prin **influență electrică**. Inducerea sarcinilor de semn opus în plante este posibilă, deoarece rezistența electrică a acestora (legătura frunze-pământ) este de ordinul $0 - 10^{12} \Omega$, (valoarea maximă apare numai în cazul cel mai defavorabil - secetă foarte mare), care nu ridică probleme deosebite.

În procesul de apropiere- depunere a picăturilor pe plante, fenomenul de influență electrică se manifestă direct în plantă, influența fiind generată de norul de picături sau picături individuale încărcate cu sarcină negativă, ajunse în apropierea plantelor fără însă să le atingă, aspect reprezentat idealizat în fig.3.7. Prezența norului de picături, sau a picăturilor încărcate cu sarcină, induce sarcină de

semn opus în plantă. Se consideră inițial planta ca fiind un conductor neutru (fig.3.7 a), în care în momentul apropierei norului sau a unei picături, sarcinile electrice libere din plantă încep să se miște, având loc separarea lor. Dacă norul este format din picături încărcate cu sarcină negativă, sarcinile libere pozitive din plantă se deplasează către partea ei superioară, iar cele negative către partea inferioară și rădăcină (fig.3.7.b). Cum planta este fixată prin rădăcină în pământ, sarcinile libere negative se scurg în sol, rezultând un flux de electroni între plantă și sol (fig.3.7.c), iar planta rămâne numai cu sarcină pozitivă, care sunt de fapt imaginile sarcinilor negative din nor sau picătură (fig.3.7 d). Dacă picăturile cu sarcină negativă se apropie de plantă, între acestea și imaginile pozitive înduse în plantă, au loc forțe de atracție de tip Coulomb, rezultând o favorizare a depunerii lor pe plantă. La depărtarea norului (generatorul influenței), sarcinile pozitive sunt neutralizate de un flux de sarcini negative, care vine dinspre sol spre plantă (fig.3.7 e), iar planta este adusă din nou la starea neutră, la potențialul solului (fig.3.7 f).

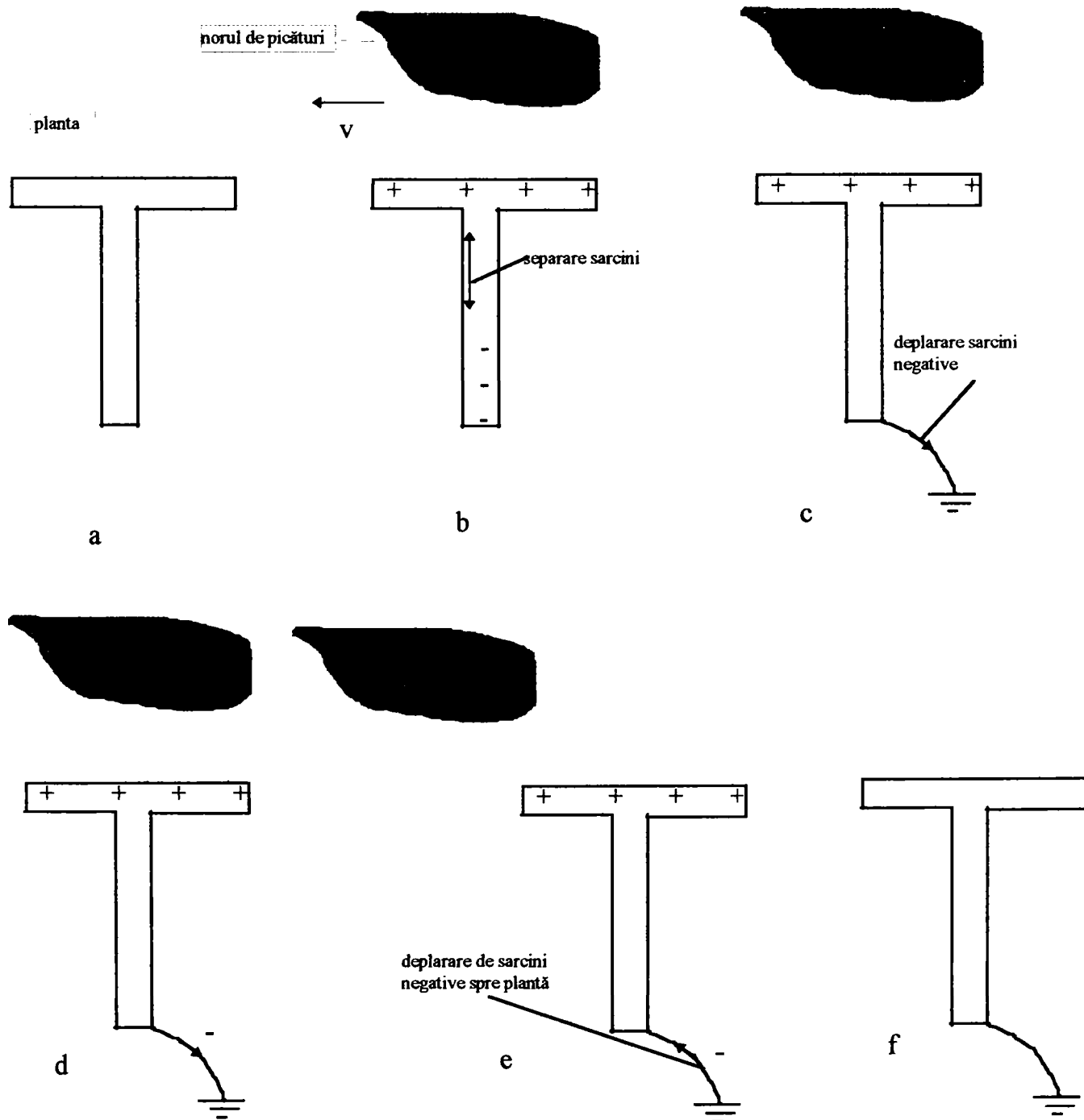


Fig.3.7.- Procesul de influență electrică în plantă

3.2.1.2.- Fenomenul de influență electrică transpus la plantă. Curenții tranzitați prin plantă

Transpunând fenomenul prezentat mai sus pentru plantele reale, desfășurarea procesului de apropiere-depunere a picăturilor încărcate către/pe plantă, (deci apariția unui câmp electric generat de acestea), sarcinile libere care circulă pe suprafața plantei (frunzelor și tulpinii), de aceeași polaritate cu cea a norului de picături, o părăsesc, deplasându-se spre sol, (ca efect al respingerii). Concomitent, din sol "curg" spre plantă sarcini cu polaritate opusă norului, **acestea având mărimea și distribuția astfel încât, să mențină planta la potențialul solului.** Dacă circulația sarcinilor pe suprafața plantelor este "îngreunată", atunci apropierea și depunerea picăturilor încărcate vor fi diminuate, iar când circulația sarcinilor încetează (rezistența plantei devine excesivă din cauza lipsei de umiditate), depunerea picăturilor, ori nu va avea loc, ori va avea un nivel scăzut.

Fluxul de sarcină, respectiv curentul tranzitat prin plantă, este rezultatul următoarelor acțiuni (fig.3.8):

- a.- **fie al mișcării norului de picături încărcate către plantă** (variația intensității câmpului electric generat de nor odată cu deplasarea acestuia);
- b.- **fie al apropierii și depunerii picăturilor încărcate cu sarcină pe plantă;**
- c.- **fie al unor descărcări locale Corona.**

a.- Prima componentă a transferului de sarcină prin plante este *rezultatul câmpului electric \vec{E} , generat de norul de picături încărcate, a cărui intensitate este variabilă în timp, odată cu deplasarea dispozitivului de pulverizare-încărcare a picăturilor în raport cu planta.* Liniile de câmp ale câmpului \vec{E} , se termină pe suprafața frunzele plantelor și ca efect, sarcinile libere de pe suprafața frunzelor și tulpinei trec spre sol, iar sarcinile libere din sol, curg spre / în frunze, cu scopul de a menține potențialul plantei la potențialul solului. Dacă norul este format din picături încărcate cu sarcină negativă, atunci sarcina care vine pe frunze este pozitivă, și ca urmare, pe suprafața acestora se distribuie uniform sarcini pozitive (sarcini induse pozitive), situație prezentată în fig.3.8.a. Între sarcinile induse și sarcinile cu care sunt încărcate picăturile, apar forțe de atracție (forțe coulombiene) și ca rezultat, picăturile de lichid toxic sunt atrase către frunze. Pe măsură ce norul de picături încărcate se apropie de plantă, intensitatea câmpului electric crește, determinând o creștere a sarcinilor induse pe frunze și o distribuție mai uniformă, intensificând în felul acesta și trecerea sarcinilor de la frunze spre sol, respectiv dinspre sol spre frunze, forța de atracție fiind tot mai mare. Acest flux de sarcini, generează un curent, numit curent de poziție, a cărui mărime este direct proporțională cu viteza de variație a intensității câmpului electric \vec{E} , generat de sarcina picăturilor (câmp inductor). ***Dacă fluxul de sarcini este împiedicat să apară (plantă ofilită, sau neîmpământată,etc), atunci sarcina de suprafață indusă pe frunze, nu va atinge densitatea maximă posibilă, iar depunerea de picături (atruse) nu va fi prea mare.***

b.- A doua componentă a transferului de sarcină prin plante, **apare în momentul depunerii (atingerii) picăturilor încărcate pe acestea.** Odată ce picătura încărcată atinge suprafața frunzei, este atrasă cu forța maximă, ea devine imobilă, iar sarcina ei se scurge în pământ prin plantă (fig.3.8 b). Acest flux de sarcină generează un curent denumit "**curent de depunere**", care este mare, atunci când depunerea este maximă. Dacă sarcina picăturii nu se scurge spre sol, ea se cumulează pe frunze, creîndu-se o sarcină totală negativă, cu efect de respingere a picăturilor, care se apropie de plantă (cazul plantelor fără legare bună la masă).

c.- A treia componentă a fluxului de sarcină rezultă dintr-o conducție nedorită, între frunze și norul de picături încărcate, numită descărcare locală (Corona) și de aici **curentul de descărcare Corona.** Acest fenomen apare numai atunci când intensitatea câmpului electric în jurul vârfurilor ascuțite ale frunzelor,(câmpul creat de sarcinile induse și cel creat de picăturile încărcate) devine atât de mare încât, are loc ionizarea locală a aerului: ionii gazoși generați în zonă (în jurul vârfurilor frun-

zilor) sunt pozitivi, pentru un nor de picături încărcate cu sarcină negativă și care sunt foarte mobili, sunt atrași de sarcinile negative ale picăturilor existente în nor, rezultând o neutralizare a unei părți din sarcinile din apropierea acestuia, producând o micșorare a sarcinii totale conținute în nor. Acest fenomen reduce eficiența depunerii picăturilor încărcate pe plante.

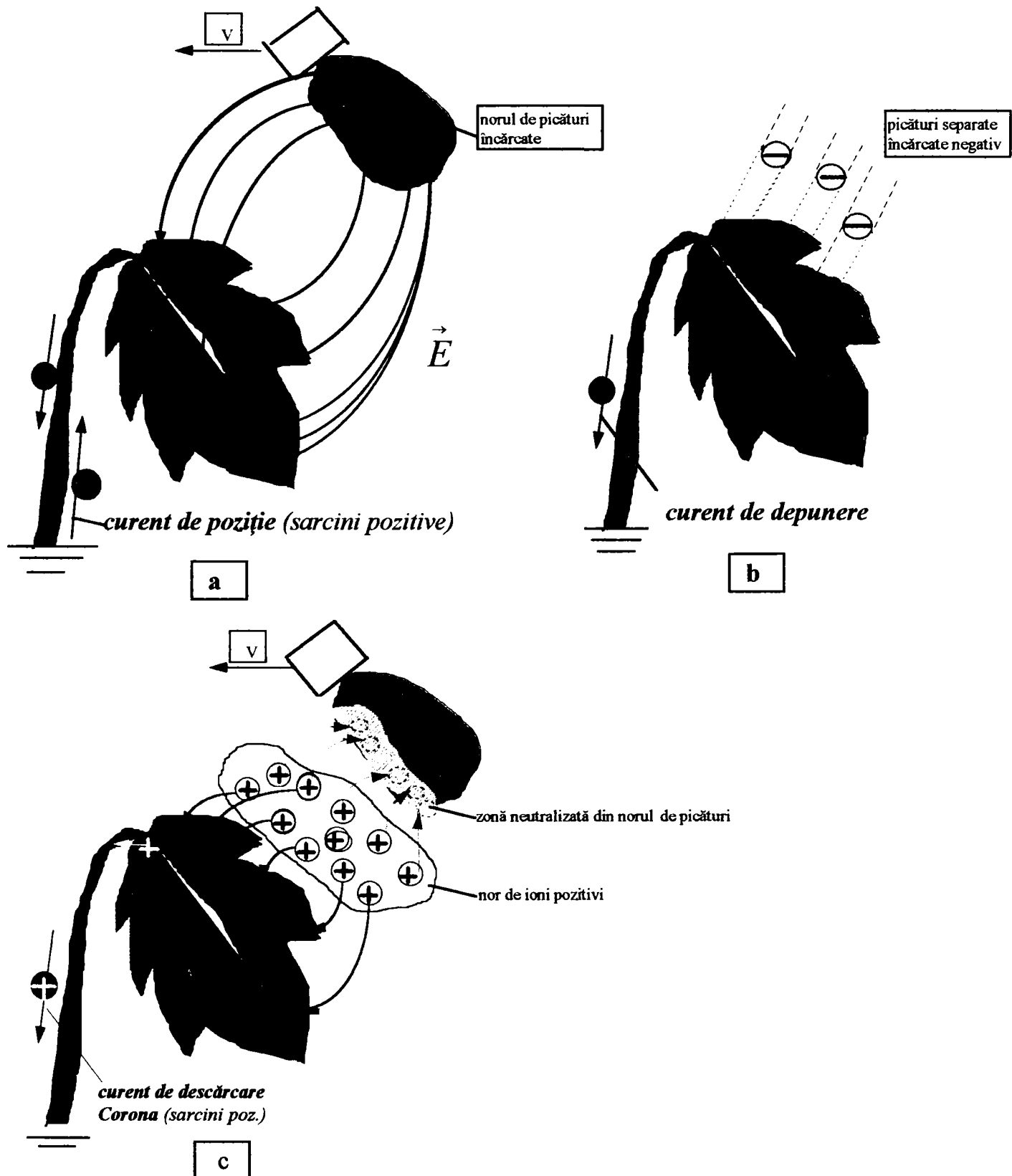


Fig. 3.8.- Reprezentarea curenților și a sensului de curgere. a.- pentru curentul de poziție; b.- pentru curentul de depunere; c.- pentru curentul de descărcare Corona

Formulat altfel, desfășurarea fenomenelor se petrec în două etape:

- în prima etapă, norul de intensitate mare se apropie de plante, generând în plantă un curent de poziție mare și deci sarcini induse mari și ca efect apare fenomenul de descărcări locale Corona, din care o parte din ionii gazoși apăruiți, sunt atrași de picăturile din nor, neutralizându-se o parte din

sarcina acestuia;

- în etapa a doua, concomitent cu neutralizarea unei părți din sarcina norului de picături, norul de ioni gazoși, cu sarcină pozitivă, induc în frunză sarcini electrice, însă de semn negativ. Fluxul de sarcină spre plantă este cel al sarcinilor negative și deci se crează o acumulare excesivă de sarcini negative pe suprafața frunzelor, care vor respinge în faza următoare, picăturile încărcate cu sarcină negativă, ce urmează să ajungă și să se depună pe plante (fig.3.8.c).

Ca urmare, fenomenul de încărcare a picăturilor de soluție toxică, trebuie astfel dirijat, încât să nu apară fenomenul de descărcări locale Corona, care așa cum s-a precizat, defavorizează depunerea și deci calitatea și eficiența stropirii.

Aspectele prezentate, ca de altfel și cercetările efectuate asupra fenomenului de depunere, s-au efectuat în ipoteza că planta este din punct de vedere electric, **ca o suprafață conductoare legată la pământ (impedanță mică) și că sarcina (fluxul de sarcină), teoretic tranzitează instantaneu prin plantă, doar în prezența unui câmp electric.**

În realitate însă, (la diferite stări de umiditate) există o impedanță a plantei Z (o rezistență în deplasarea fluxului de sarcină), iar **transferul de sarcină are loc numai după o perioadă finită de timp " t_{tr} ", numit timp de transfer sau timp de inducere.** Existența acestei impedanțe cât și valoarea ei, conduc la următoarele aspecte:

- o plantă incapabilă să transfere sarcina rezultată din depunerea picăturilor încărcate pe suprafața ei, va acumula o sarcină de aceeași polaritate cu cea a norului de picături și astfel planta va respinge orice alte picături încărcate, care urmează să o atingă și să se depună;
- dacă sarcinile de sens opus nu sunt induse destul de repede în plantă, sub influența câmpului electric tranzitoriu, creat de norul de picături sau de picătura încărcată din apropierea plantei, forțele electrostatice de atracție nu pot să apară, sau vor avea valori mici, aspect ce va conduce la o micșorare a depunerii și la o distribuție necorespunzătoare a picăturilor pe plantă.

3.2.1.3.- Modul de deplasare a sarcinilor și manifestare a câmpului electric în plante.

În ceea ce privește existența deplasării de sarcini de la plantă către sol (curenții), aceasta este realizată prin una din căile:

a.- O cale posibilă "de curgere" a sarcinilor de la vârfurile plantelor la pământ ar fi cea de-a **lungul suprafeței plantei, planta comportându-se ca o suprafață conductoare legată la pământ.** În acest caz, din punct de vedere al comportării electrice, ansamblul **plantă -pământ** poate fi considerat **un condensator**, fiecare frunză și tulpină fiind caracterizate printr-o anumită rezistență R_f , respectiv R_t . Capacitatea plantei C_p , combinată cu rezistența plantei R_p , formează din punct de vedere electric un circuit **RC**, a cărui constantă de timp (constantă de transfer) τ_{tr} , este definită prin relația:

$$\tau_{tr} = R_{pl}C_{pl} \quad (3.21)$$

unde: - τ_{tr} (sau t_{tr}) este constanta de transfer a circuitului [s];
 - R_{pl} , rezistența plantei (calea, vârf frunze-pământ) [Ω];
 - C_{pl} , capacitatea plantei (capacitatea, frunze - pământ) [F];

Creșterea rezistenței pe traseul de scurgere a sarcinii (suprafața frunzei și tulpinii), va duce la o creștere a timpului necesar pentru atingerea echilibrului din punct de vedere electric al plantei (deci un flux mic de sarcini), și ca urmare, sarcinile induse pe suprafața frunzei și tulpinii apar mai târziu, forțele de atracție sunt mici, respectiv depunerea este diminuată.

b.- a doua cale posibilă de curgere a fluxului de sarcini, ar fi **prin lichidul intercelular** al plantei, cu proprietăți de conducție și polarizare similare cu cele ale soluției de apă cu sare diluată (o rezistivitate de $10 \Omega \cdot m$ și constantă dielectrică, $\epsilon_r = 80$).

Din aceste considerente, constanta de timp τ_{tr} , se poate defini prin relația:

$$\tau_{tr} = \frac{\epsilon_p}{\sigma_{ep}} \quad (3.22)$$

- unde: - τ_{tr} este constanta de timp de transfer [s];
 - ϵ_p , permitivitatea lichidului intercelular din plantă [F/m sau C²/N.m];
 - σ_{ep} , conductivitatea electrică a lichidului intercelular din plantă [MΩ/m].

Se observă și aici că, scăderea conductivității σ_{ep} duce la creșterea timpului de transfer a sarcinilor către sol. Descreșterea conductivității electrice a plantei poate fi rezultatul lipsei de umiditate a solului, respectiv scăderea cantității de lichid intercelular. Perioada scurtă de influență (interacțiune) a câmpului electric cu planta vie în timpul procesului de stropire, face posibil ca prezența secetei sau polarizarea sarcinilor ionice din interior, transportate de lichidul intercelular, să determine imposibilitatea transferului de sarcină.

În ipoteza că planta este considerată un conductor, timpul de transfer al sarcinii (de curgere a sarcinii către sol), trebuie să fie suficient de mic, astfel încât să fie respectată condiția:

$$t_{tr} \leq t_d \quad (3.23)$$

- unde: - t_{tr} este timpul de transfer al sarcinii către sol (timpul în care are atingerea echilibrului din punct de vedere electric);
 - t_d , timpul necesar pentru ca norul de picături încărcate să treacă peste plantă (interacțiunea câmpului electric creat de nor sau picătură asupra plantei).

Dacă dispozitivul de pulverizare-încărcare a picăturilor, se deplasează cu o viteză de 1,8 m/s (6,5 Km/h) și influența câmpului norului încărcat începe să se manifeste de la distanța de 0,6 m, atunci timpul de transfer (atingerea echilibrului electric) t_{tr} , trebuie să fie mult mai mic decât $t_d = s/v = 0,6/1,8 = 0,34$ s, pentru ca maximum de sarcină pe suprafața frunzei să poată fi creat, rezultând un maxim de sarcini induse în plantă și deci un maxim al depunerii de picături încărcate.

Teoretic, **timpul t_{tr}** de „scurgere” a sarcinii prin plantă este foarte mic ($t_{tr} \leq 0,1$ s) în comparație cu $t_d = 0,34$ s, cât durează stropirea și astfel potențialul plantei rămâne la cel al solului, pe tot parcursul efectuării stropirii.

Aspectul cel mai important, este acela că, dacă picăturile încărcate din norul de picături, **nu induc într-un timp foarte scurt** (mai mic de 1s), sarcini opuse în plantă, atunci forțele electrostatice ce apar, sunt mici sau chiar zero, lucru ce defavorizează depunerea picăturilor pe plante. **Mărimea și viteza de inducere a sarcinilor opuse în plantă**, sunt dependente de nivelul sarcinii pe care o posedă picătura și variația acesteia în timp, de viteza picăturii în apropierea plantei, dar mai ales de modul de manifestare a câmpului electric produs de electrozii de încărcare în zona plantei (în apropierea plantei, câmpul generat direct de electrozii de încărcare trebuie să fie zero, sau să aibă o valoare nesemnificativă) și **comportamentul din punct de vedere electric al plantei**. Nerespectarea condiției de manifestare a câmpului în apropierea plantei, crează o respingere a picăturilor încărcate și nicidecum atragerea lor de către plantă, de imaginile lor induse în plante (fig 3.9 a).

În funcție de modul de manifestare al câmpului electric generat de electrozi în apropierea plantelor, așa cum este prezentat mai sus, pot exista două situații distincte:

1.- Câmpul electric produs de electrozi se manifestă direct și asupra plantelor (fig.3.9.a)

În acest caz, sub influența câmpului electric direct, sarcinile libere care circulă pe suprafața plantelor (frunzelor și tulpinilor) se orientează astfel:

- cele pozitive, părăsesc planta legată la pământ, ca efect al respingerii;
- pentru menținerea plantei la potențialul solului, dinspre sol către plantă "curge sarcina" de polaritate negativă, care se distribuie uniform pe suprafața frunzelor și tulpinii, formând un ecran în-

cărcat negativ; cum picătura este încărcată cu sarcină negativă, în momentul în care se apropie de plantă, va fi respinsă și nicidecum atrasă,

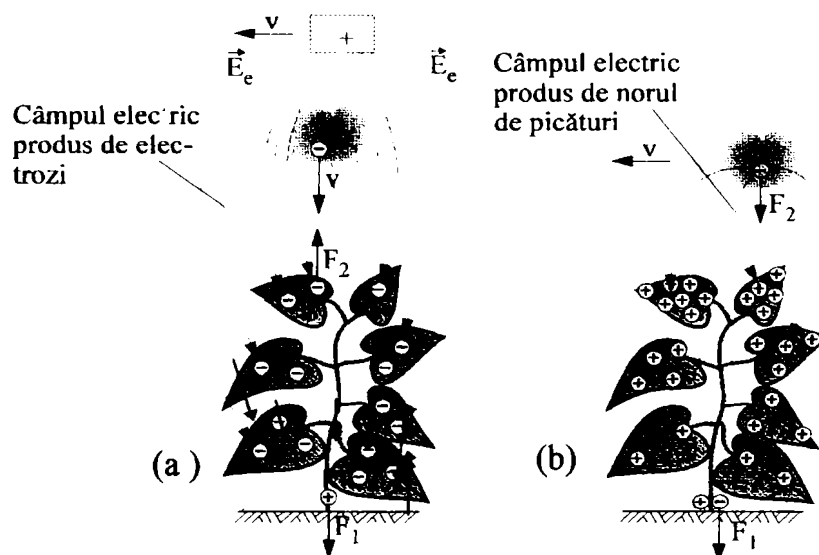


Fig.3.9.-Modul de manifestare a câmpului electric produs de electrozii de încărcare asupra plantelor: a. - situația când condiția nu se respectă; b.- situația când condiția se respectă

2.- Asupra plantei se manifestă doar influența câmpului electric generat de norul (sau picătura) încărcată cu sarcină (fig.3.9 b);

Fenomenele se petrec la fel ca și în cazul (1), însă apariția sarcinilor induse are loc numai sub acțiunea câmpului generat de picătură sau de norul încărcat cu sarcină. În acest caz, în raport cu fiecare picătură care se apropie de plantă, se induce sarcina inversă și deci picătura este atrasă, rezultând o distribuție mai uniformă a picăturilor pe suprafața frunzelor.

3.2.2.- Modelul plantelor din punct de vedere electric.

Luând în considerare aceste precizări, se poate dezvolta pentru plantele din câmp, un model de forma RC (fig.3.10), pentru care sunt făcute următoarele ipoteze simplificatoare[2], [80]:

- frunzele sunt conectate la tulpină, printr-un nod comun;
- capacitatea C_f și rezistența R_f , sunt egale pentru toate frunzele;
- toate frunzele au același potențial;
- în calcule, capacitatea C_t a tulpinii, se consideră ca fiind mică și deci curentul îndus în ea este neglijabil.

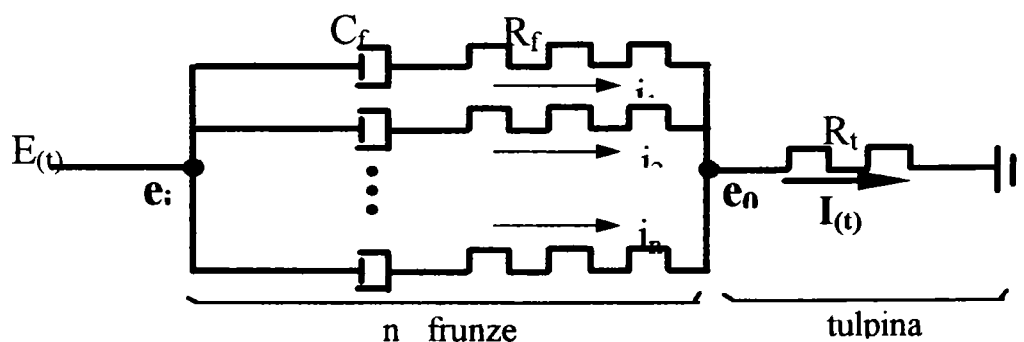


Fig.3.10.- Modelul de simulare al plantei printr-o rețea electrică tip RC

R_f - rezistența frunzei; C_f - capacitatea frunzei; R_t - rezistența tulpinii; $E(t)$ - intensitatea câmpului electric considerat cu variație rapidă; e_0 - tensiunea de ieșire la nodul frunză - tulpină; $I(t)$ - intensitatea curentului ce trece prin tulpină (suma curenților prin cele n frunze). $i_1 \dots i_n$ - curenții prin frunze.

Și pentru cazul plantelor cultivate în ghivece de plastic în sere, se poate stabili în ce măsură carențele de împământare, pentru „plante”, care sunt separate fizic de pământ de o legătură capaci-

tivă, influențează eficiența stropirii electrostatice. Această investigație, apare tocmai din temerea că în seră, nu va fi posibilă niciodată stropirea electrostatică, deoarece diversele vase (ghivece) din plastic, suportii sau mesele nemetalice utilizate în seră, ar împiedica scurgerea sarcinii electrice, cu repercursiuni asupra depunerii picăturilor încărcate. Însă, ca și multe cercetări [23], s-a scos în evidență faptul că și la umidități mici în seră, creșterea sarcinii de suprafață a atins valori care să nu limiteze efectul depunerii electrostatice, în timpul scurt în care se efectuează stropirea.

De aceea, se poate evalua teoretic și experimental prin încercări, atingerea sarcinii și a depunerii, realizate pe plantele cultivate în ghivece, simulând izolarea față de pământ, cazuri întâlnite frecvent în seră. În contrast cu plantele cultivate direct în sol (modelate printr-o rețea tip RC complexă), plantele în ghivece de plastic din seră, pot fi modelate electric, ca un simplu circuit RC (fig 3.11).

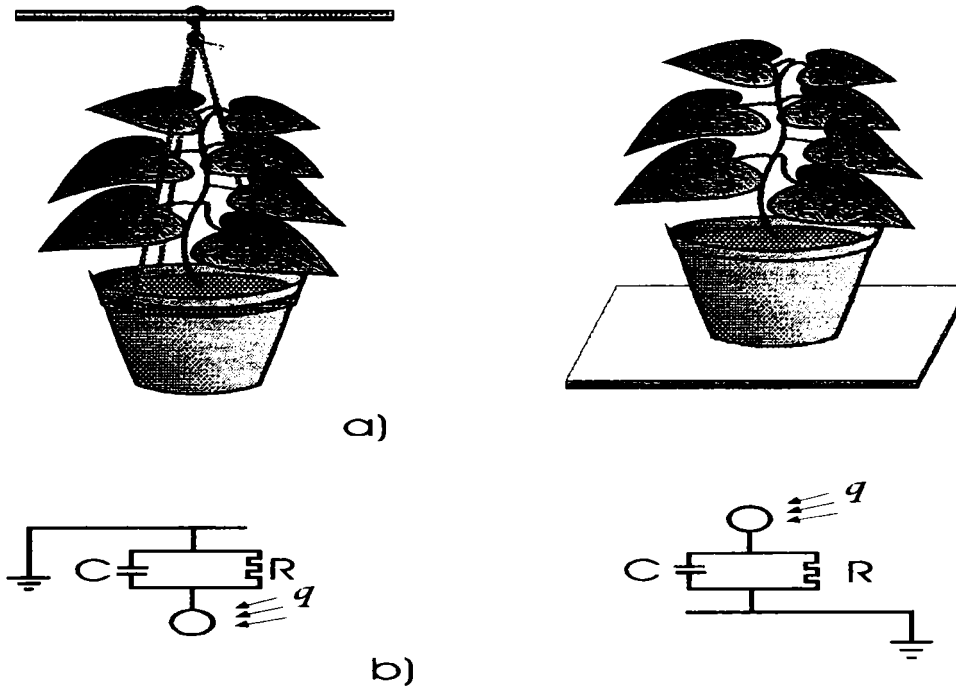


Fig. 3.11.- Modelul electric pentru plantele în seră.
a- diferite moduri de izolare; b- modelele electrice.

Pentru o plantă matură complet izolată, $R=\infty$, cu capacitatea C_{pl} , potențialul electric V_0 atins când picătura încărcată cu sarcina q_p , atinge planta, este:

$$V_0 = \frac{q_p}{C_{pl}} \quad (3.24)$$

unde: V_0 - este potențialul electric atins de plantă la contactul cu picătura cu sarcina q [Volți];
 q_p , sarcina cedată plantei de către picătura încărcată [C];
 C_{pl} , capacitatea plantei [F].

Pentru orice valoare finită a rezistenței de legătură a plantei cu solul, potențialul inițial V_0 va scădea exponențial în timp, astfel:

$$V = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{R_{pl} \cdot C_{pl}}} \quad (3.25)$$

unde: - V este potențialul după un timp t [V];
- t , timpul scurs [s];
- R_{pl} , rezistența de legătură a plantei cu solul [Ω];
- C_{pl} , capacitatea electrică a plantei [F].

3.3.- Stadiul actual al sistemelor și echipamentelor de stropire electrostatică, realizate peste hotare.

Pentru stropirea cu picături încărcate au fost realizate în practică de diverși cercetători, mai mult echipamente experimentale de laborator și mai puțin pentru producție. Primele echipamente au fost realizate pentru substanțele toxice sub formă de pulbere și aveau la bază metoda de încărcare a particulelor solide de substanță toxică prin fenomenul descărcărilor locale corona. Apoi, au fost realizate adaptări ale echipamentelor existente pe mașinile de stropit cu pulverizare pneumatică și jet purtat pentru stropirea electrostatică, prin adăugarea de electrozi sub forma unor tije subțiri sau sub forma unor "petale", prin care se realiza încărcarea picăturilor tot prin fenomenul descărcărilor locale corona. Pentru mașinile echipate cu duze cu jet în evantai, care se găsesc pe marea majoritate a mașinilor de erbicidat (dar folosite și la combaterea bolilor), au fost încercate diferite sisteme de încărcare cu sarcină a picăturilor, cu electrozi sub formă plană, dar care nu au dat randamente corespunzătoare. Metoda de încărcare a lichidului, care a fost experimentată cel mai mult, este cea prin influență electrică (inducție electrică), aplicată în special la sistemele de stropire care realizează vâne sau pelicule de lichid compacte înainte de destrămare: sistemele centrifugale [97], [96], [54], [55] și cele cu duză specială cu electrod sub forma de inel încorporat (sistemul ESS Max - Charge Spray Nozle) [179], [79], [81].

Sunt prezentate aceste sisteme, cu avantajele și dezavantajele fiecăruia, în primul rând din punctul de vedere al realizării tehnice și apoi al eficienței depunerii realizate. Sunt prezentate numai echipamentele concepute pentru soluții pe bază de apă și au la bază metoda de încărcare a lichidului prin **influență electrică**.

3.3.1. - Echipamente pentru pulverizarea pneumatică și încărcare prin descărcări locale corona

Acest sistem de încărcare a fost montat pe mașinile specifice combaterii în pomicultură, prin folosirea unor tipuri de electrozi sub formă de "petale", adaptabili la instalațiile pneumatice de pulverizare clasice (fig.3.12), obținându-se marele avantaj în comparație cu pulverizarea obișnuită: o distribuție cu 85 % mai multă soluție la partea superioară a coroanei pomilor, se asigura aproximativ aceeași depunere la partea inferioară a pomilor, o mai mare uniformitate a depunerii în raport cu înălțimea pomilor, variația cantității de pesticid depusă pe unitatea de suprafață nedeșășind 3 % de la un loc la altul.

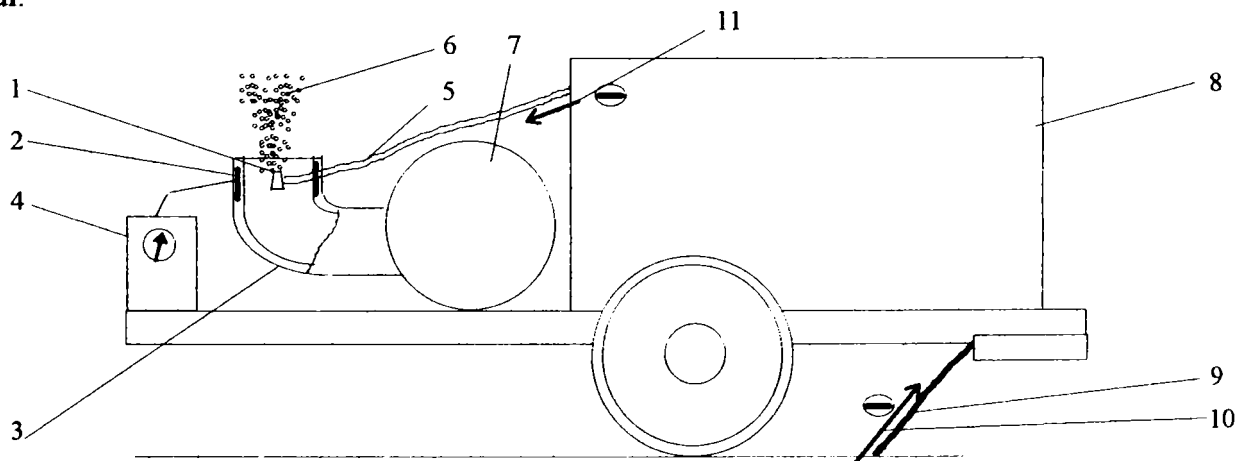


Fig.3.12- Schema de principiu a unei mașini cu pulverizare pneumatică

- 1.- duză; 2.- electrod petală; 3.-dispozitiv de pulverizare; 4- sursă de înaltă tensiune;
5.- furtun de alimentare; 6.- nor de picături; 7.-ventilator; 8.- rezervor de lichid; 9.- lanț
10, 11.- flux de sarcini

Echipamentul de pulverizare - încărcare, se compune din dispozitivul clasic pneumatic de pulverizare 3 (duza 1, ventilatorul 7) care crează un nor de picături 6 prin pulverizarea lichidului, pică-

turi care sunt încărcate prin fenomenul descărcărilor locale Corona. Încărcarea are loc sub influența câmpului electrostatic generat de electrodul 2, sub formă de "petală" (sunt folosiți un set de electrozi corespunzători racordurilor respective), plasați pe circumferința interioară a racordului confecționat din fibră de sticlă și material plastic. Electrocul este conectat la polul "plus" al sursei de înaltă tensiune 4 (80 kV), iar polul "negativ" al sursei este legat la pământ prin intermediul unui lanț 9. Sensul fluxului de sarcini în procesul de încărcare este indicat de săgețile 10 și 11.

Cantitatea de substanță depusă pe pomi este mai mare la stropirea electrostatică decât prin procedeul clasic (pneumatic), aceasta fiind explicat printr-o atracție mai mare a picăturilor [144].

Pentru tratarea plantelor înalte (plantații de meri), unii cercetători [106] au folosit duze pneumatice, în apropierea cărora au plasat electrozi subțiri pentru descărcări locale corona, conectați la o tensiune mare (70 kV) curent continuu. La transportul picăturilor încărcate către plante, s-a folosit un ventilator axial cu un debit de 60.000 m³/h. Rezultatele experimentărilor, cu acest sistem de încărcare și transport au condus la o creștere medie a depunerii de pesticid cu cca. 30 %, în comparație cu pulverizarea convențională.

3.3.2.- Echipamente pentru pulverizarea hidraulică și încărcarea prin contact

Unele echipamente de acest tip sunt foarte mult perfecționate, fiind dotate cu micro sisteme pe bază de microprocesor (micro sisteme specializate) ce comandă un ansamblu de ventile și droșere care reglează în mod automat debitul de lichid în funcție de viteza de lucru a mașinii, astfel încât norma pe unitatea de suprafață (norma la hectar) să rămână constantă. De asemenea, aceste echipamente sunt prevăzute cu sisteme de detectare a înfundărilor parțiale a duzelor, semnalizând optic și acustic momentul și locul apariției înfundării. Unele sisteme reglează automat atât debitul în funcție de viteza de deplasare cât și poziția optimă a lăncilor față de plante. Pentru astfel de echipamente, nu sunt realizate sisteme de încărcare a picăturilor, iar cele care au fost realizate (cu electrozi plani din aluminiu) nu au realizat parametri satisfăcători de încărcare a picăturilor.

În literatura de specialitate [144] este descris un echipament de pulverizare hidraulică și încărcare prin contact, prevăzut cu duze hidraulice speciale, conectate la o sursă de 15 kV curent continuu. Duzele sunt incluse într-un adaptor, în care se află și sursa de înaltă tensiune, adaptor izolat față de cadrul mașinii cu bare electroizilante din material plastic (fig.3.13).

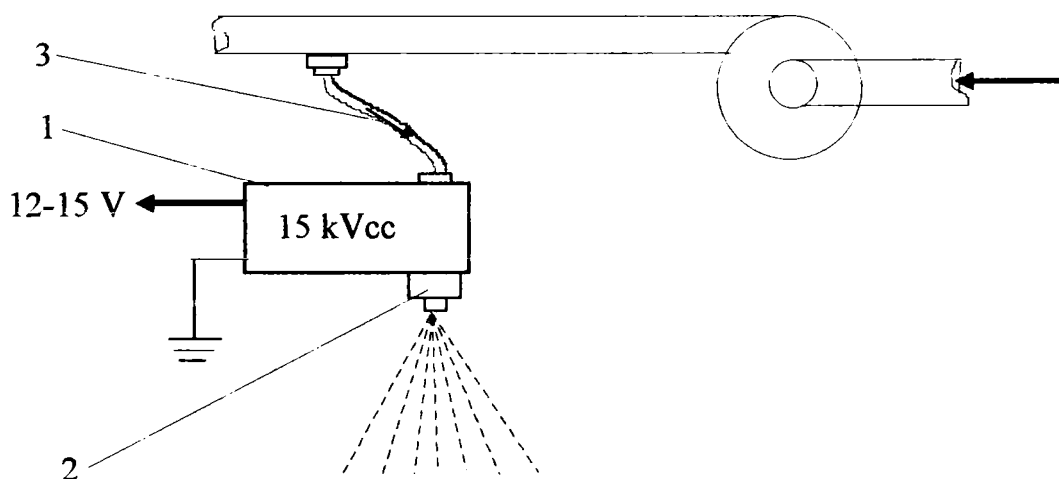


Fig.3.13.- Schema de principiu a unui echipament de stropire hidraulică și încărcarea prin contact: 1.- adaptor; 2.- duza de pulverizare; 3.- furtun de alimentare.

Pentru a se împiedica scurtcircuitarea sursei de înaltă tensiune a adaptorului 1, duza 2 este alimentată cu soluție toxică prin intermediul unui furtun 3 subțire și lung de material plastic, care constituie de fapt rezistența ohmică ce limitează curentul între borna de înaltă tensiune și șasiul mașinii, legat la pământ prin intermediul unui lanț.

Masa adaptorului (inclusiv sursa de înaltă tensiune) este de 0,9 kg, iar tensiunea de lucru 15 kV. Sursa de înaltă tensiune nu poate funcționa decât la deschiderea duzelor, ea fiind răcită prin intermediul lichidului care se pulverizează.

3.3.3. - Echipamente pentru pulverizarea pneumatică și încărcare prin influență electrică (duză specială).

Literatura de specialitate [42],[144] consemnează o serie de rezultate pozitive, obținute la utilizarea echipamentelor de pulverizare pneumatică, la care încărcarea picăturilor de pesticid s-a realizat prin influență electrică, cu ajutorul unor electrozi plasați în jetul de aer, jet care transportă picăturile încărcate spre plantele cărora li se aplică tratamentul chimic. S-a constatat o bună depunere și repartizare a pesticidelor pe frunzele plantelor, atât pe față cât și pe spatele acestora, dar mai ales o reducere importantă a pierderilor de pesticid.

Pasul important la constituit perfecționarea procedurii de pulverizare pneumatică și încărcare electrostatică prin realizarea unei duze speciale, prevăzută cu electrod de inducție încorporat, plasat în zona de formare a picăturilor[42], [79], [179] (fig.3.14).

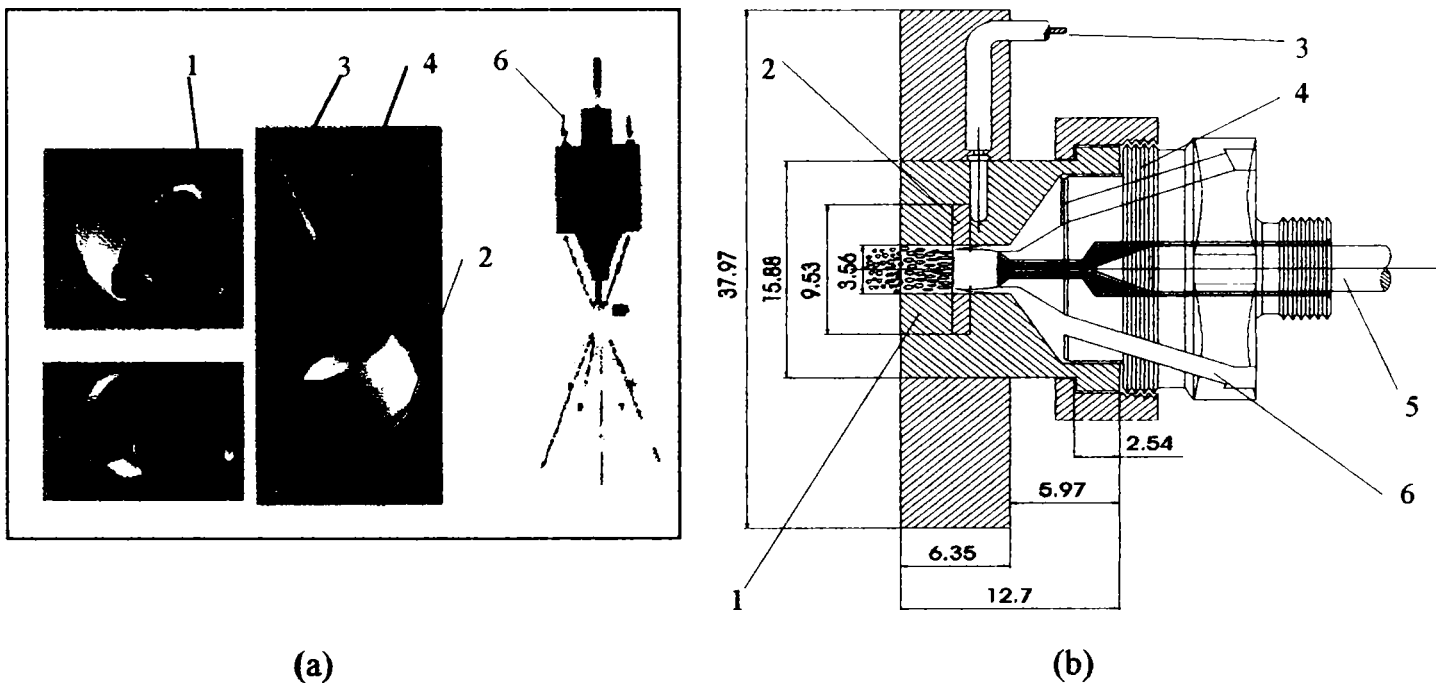


Fig.3.14.-Duză cu electrozi incluși și reglarea fină a debitului de pesticid [179],[79]

(a). vedere de ansamblu; (b).- desenul de ansamblu

1.- ejector din masă plastică; 2.- electrod cilindric din alamă; 3.- cablu de alimentare cu înaltă tensiune; 4.- duză din alamă; 5.- tijă-șurub de reglare a debitului; 6.- canal pentru aer comprimat

Picăturile de pesticid lichid se formează în prezența unui câmp electric intens, care se crează între electrodul pozitiv conectat la polul plus al sursei de înaltă tensiune și jetul de lichid care iese prin orificiul central al duzei, conectat la polul minus al sursei. La viteze subsonice ale curentului de aer, care circulă prin canalele 6, vâna de lichid care trece pe lângă electrod, dar fără să-l atingă, se încarcă cu sarcină electrică prin influență electrică datorită prezenței câmpului electric, apoi ea este transformată în picături de lichid care posedă sarcină și transportate apoi spre plante. Încercările laborioase efectuate în condiții de câmp, au condus la optimizarea formei duzei care poate realiza picături cu diametru controlat (30 - 50 μm), la debite de 75-100 ml/minut. Cu o astfel de duză, realizată în serie, se distribuie norme de 5 -15 l/ha, la viteze obișnuite de 4-6 km/h [42]. Creșterea debitului până la 480 ml/min, s-a obținut prin modificarea diametrului duzei la 1,5 mm.

Experiențele [79], au arătat că s-au obținut încărcări satisfăcătoare ale picăturilor, chiar în condițiile în care valoarea rezistivității este cuprinsă între 10^{-2} - 10^4 $\Omega\cdot\text{m}$, domeniu în care majoritatea substanțelor de combatere, care au fost testate s-au încadrat. Tensiunile folosite și aplicate electrodului au fost de 1-3 kV, iar presiunea aerului, în domeniul 0,69 - 4,14 kPa. Rezultatele acestor încercări

au pus în evidență influența debitului de lichid, presiunii aerului, potențialului aplicat electrodului și diametrul picăturilor, asupra nivelului de încărcare cu sarcină (fig.3.15 și fig.3.16).

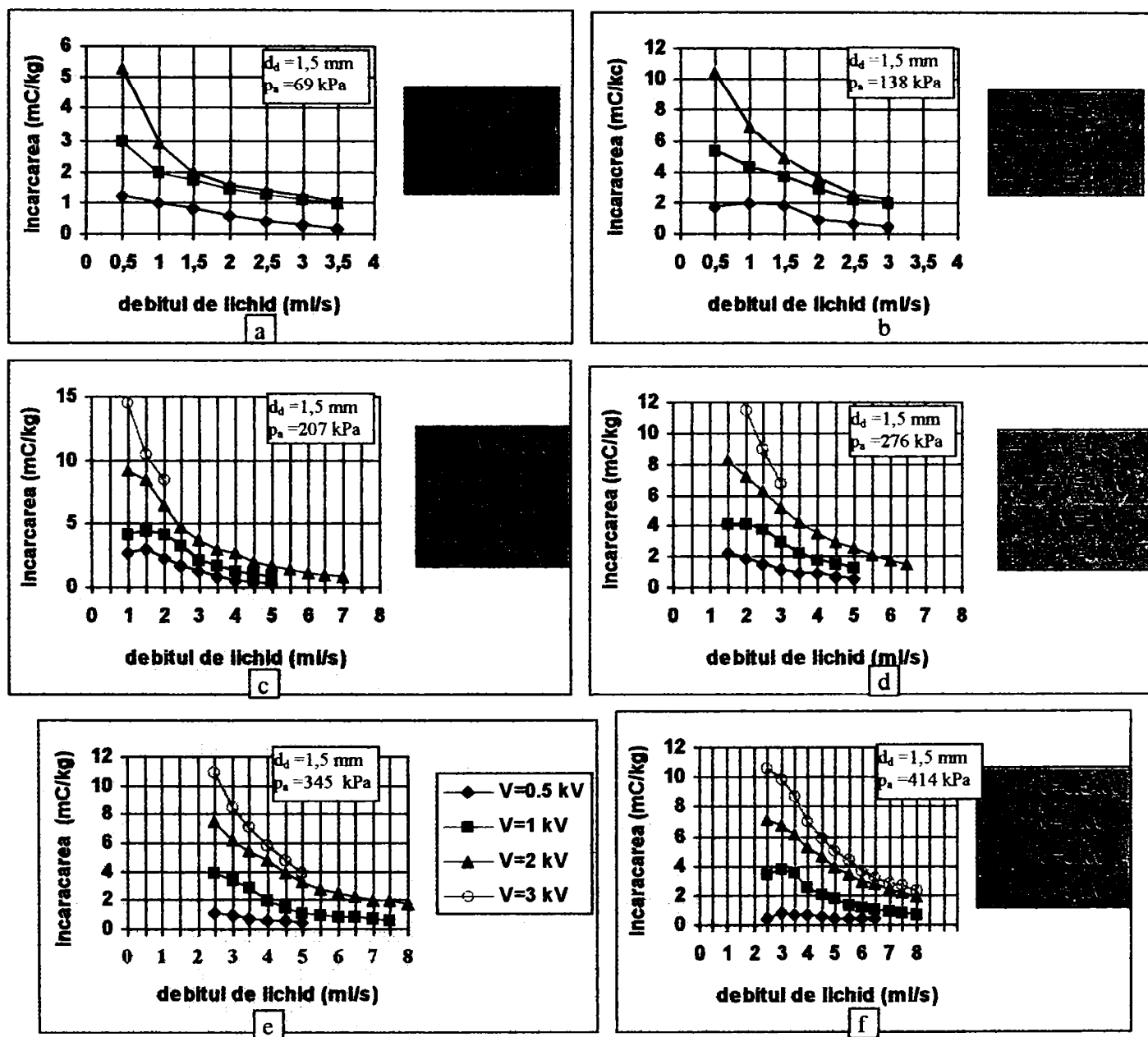


Fig.3.15.- Efectul debitului, presiunii aerului și tensiunii asupra raportului sarcină/masă (mC/kg)

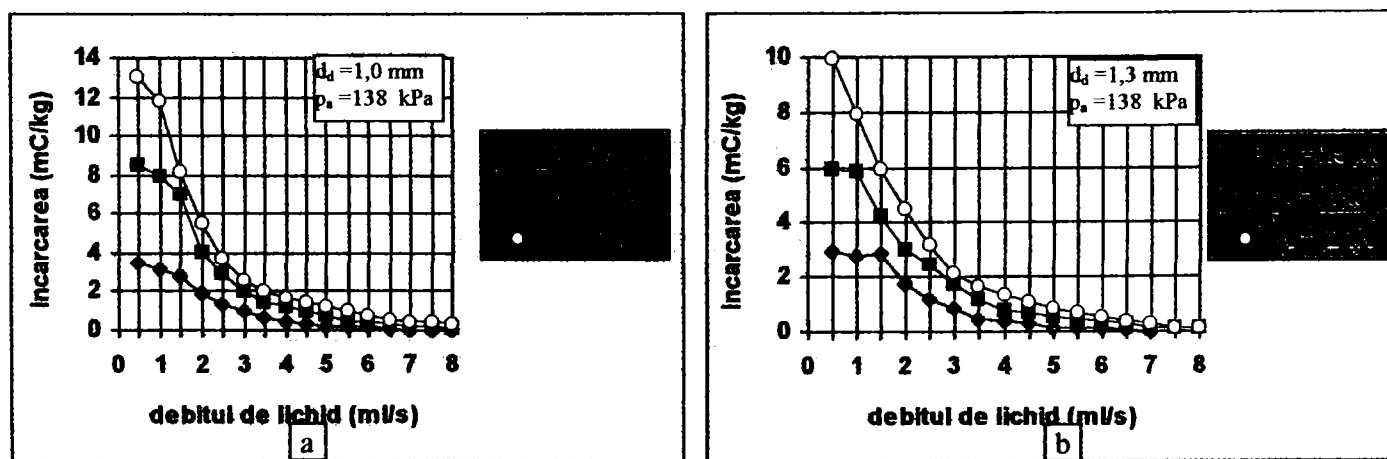


Fig.3.16.- Efectul mărimii picăturilor, debitului și tensiunii asupra raportului sarcină/masă(mg/kg)

În fig.3.15 (a-f) sunt prezentate performanțele duzei cu orificiul de 1,5 mm, în condițiile modificării valorilor presiunii aerului și voltajului aplicat electrodului, iar în fig.3.16 (a și b), performanțele pentru aceeași presiune și voltaj, dar cu orificiul duzei diferit: 1,0 mm și 1,5 mm. Lipsa datelor, în anumite zone, pentru cazul presiunilor mari și debitelor mici, a fost justificată prin imposibilitatea producerii unui nor continuu de picături, iar în cazul tensiunilor de 3 kV (în anumite cazuri), de creșterea curentului absorbit de la sursă peste posibilitățile acesteia.

Din analiză se desprinde faptul că încărcarea crește odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrodului, respectiv a presiunii aerului și descrește odată cu mărirea debitului duzei (a presiunii lichidului și a diametrului orificiului duzei).

Creșterea încărcării, odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrodului, se explică prin faptul că, prin creșterea tensiunii, intensitatea câmpului electric între jetul de lichid (legat la masă) și electrod crește. Intensitatea câmpului este însă limitată de apariția descărcărilor locale Corona, în special pentru distanțe mici între jet și electrod.

Celelalte aspecte sunt oarecum legate între ele. Cum procesul de pulverizare pentru acest tip de duză nu este suficient cunoscut, nu a fost posibilă estimarea raportului de formare a picăturilor prin desprinderea directă din vâna de lichid și respectiv, desprinderii și pulverizării ulterioare datorită vitezei mari a aerului. Însă, prin modificarea vitezei vânei de lichid, cauzată de modificarea presiunii sau a diametrului orificiului duzei, se modifică lungimea porțiunii continue a vânei în interiorul duzei. Cum încărcarea picăturilor depinde foarte mult de poziția zonei de destrămare a vânei în raport cu câmpul electric produs de electrod, schimbarea acestei poziții influențează cantitatea de sarcină indusă în vâna de lichid și implicit sarcina purtată de picăturile formate. O astfel de schimbare a poziției zonei de destrămare a vânei, are loc atât prin modificarea debitului de lichid cât și a presiunii aerului, care afectează și distribuția mărimii picăturilor în norul format de acestea. Mărirea medie a picăturilor s-a putut stabili numai prin încercări experimentale, iar relația care exprimă acest lucru este:

$$d\bar{p} = 92,6 \cdot 10^{-6} \frac{\sigma_1^{0,5} \cdot \rho_1^{0,75}}{v_a} \left(1 + \frac{m_1}{m_a}\right) + 13,1 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_l^{0,85} (\sigma_1 \cdot \rho_1)^{1,2} \left(1 + \frac{m_1}{m_a}\right)^2 \quad (3.26)$$

- unde: - σ_1 este tensiunea superficială a soluției toxice [N/m];
 - ρ_1 , densitatea lichidului [kg/m³];
 - η_l , indicele de vâscozitate dinamică a lichidului [Nm/s];
 - v_a , viteza aerului [m/s];
 - m_1 , debitul masic al lichidului [kg/s];
 - m_a , debitul masic al aerului [(kg/s)

S-a presupus că, cantitatea de sarcină indusă în masa de lichid (în vâna compactă de lichid), depinde de suprafața totală a vânei și implicit de mărirea picăturilor. În ceea ce privește curentul absorbit de la sursă i_{ps} , pentru orificii ale duzei de 1,0 și 1,3 mm și valori diferite ale presiunii aerului și tensiunii electrodului, s-a constatat că, acesta a avut o valoare constantă la valori mici ale debitului, după care a crescut odată cu creșterea debitului. Curentul a avut o creștere mai rapidă pentru presiuni ale aerului mai mici și tensiuni ale electrodului mai mari, tendință constatată pentru ambele duze: de 1,0 și 1,3 mm. La debite de lichid mai mari și tensiunea de 2 kV, curentul absorbit de la sursă a crescut până la valori de 1 mA. Această creștere s-a datorat transferului unui flux de ioni negativi de la aer la jet și a unui flux de ioni pozitivi de la aer spre electrodul de inducție, acest transfer fiind posibil numai datorită conec-tării la sursa de tensiune.

3.3.4.- Echipamente pentru pulverizarea electrodinamică a pesticidelor.

Tehnicile de încărcare prin care se transmit sarcini electrice picăturilor produse cu mijloace mecanice (presiune hidrostatică, forțe centrifuge, aer comprimat) se deosebesc de procedeul electro-dinamic, prin aceea că la acesta din urmă, picăturile sunt formate și transportate spre țintă numai prin utilizarea energiei electrice.

Alimentarea duzei metalice, prevăzută cu orificii calibrate se face prin gravitație, fiind posibile debite de la 0,05 ml/s până la 0,5 ml/s. În cazul în care duza nu este conectată la o sursă de înaltă tensiune, lichidul se scurge sub forma unor picături mari, a căror dimensiune este determinată în primul rând de proprietățile fizice ale lichidului (tensiunea superficială, coeficientul dinamic de vâscozitate). Dacă duza este conectată la sursa de tensiune înaltă, vâna de lichid, la ieșirea din aceasta, este supusă unui câmp electric divergent, care o fragmentează în picături cu atât mai fine, cu cât tensiunea aplicată duzei este mai mare. Variația diametrului mediu al picăturilor de pesticid, în funcție de tensiunea electrică aplicată duzei, este influențată atât de proprietățile fizice dar mai ales de cele electrice ale lichidului. Legătura dintre acestea, este exprimată prin relația [144]:

$$r_p = \left[\frac{36 \cdot \sigma_l \cdot \epsilon_r \cdot m_p^2}{q_p^2 \cdot \rho_l^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3.27)$$

- unde: - σ_l este tensiunea superficială a soluției de pesticid folosit;
 - ϵ_r , permitivitatea relativă a soluției de pesticid;
 - m_p , masa picăturii formate;
 - q_p , sarcina electrică cu care se încarcă picătura;
 - ρ_l , densitatea lichidului (soluției) din care se formează picătura.

Raportul sarcină - masă, este determinat de tensiunea de alimentare a duzei și debitul de lichid. Cum acest raport, este puternic influențat de valoarea rezistivității electrice a lichidului (sau permitivității), se deduce că nu se poate obține o pulverizare bună pentru orice lichid. Soluțiile apoase sau suspensiile nu pot fi administrate economic prin această metodă, lucru ce constituie o limitare a posibilităților de utilizare a procedurii ca atare. Tehnica de administrare UVL (cu debit redus) și a pulverizării centrifugale, permite obținerea de rezultate bune, când se utilizează numai soluții uleioase. Picăturile mici, își păstrează dimensiunile și caracteristicile din momentul formării și până la depunerea lor pe plante [144].

3.3.5- Echipamente pentru pulverizarea centrifugală și încărcare prin influență electrică.

Deoarece a existat o multitudine de rezultate privind raportul încărcare/masă, dar și contradictorii ($2 \cdot 10^{-3}$ C/kg, [20], $2,8 \cdot 10^{-3}$ C/kg [138] și $8,2 \cdot 10^{-3}$ C/kg [79] cu duza pneumo-hidraulică, dar care ridică pretenții mari la realizarea ei [93]), aria cercetărilor pentru încărcarea electrostatică a picăturilor, care să fie eficiente și găsirea altor dispozitive se multiplică (pentru stropirea cu mașini specializate, sisteme centrifugale pentru mașini terestre sau din avion). Deși s-au obținut rezultate bune și la încărcarea prin fenomenul Corona, acest lucru fiind posibil numai cu tensiuni mari de alimentare a electrozului [18]. La aceste sisteme, s-a constatat că atunci când s-a obținut sarcini de încărcare a picăturilor de valori de $5 \cdot 10^{-3}$ C/kg, la debite de lichid relativ mari, curentul generat de picăturile încărcate, a atins valori destul de mari ($240 \mu A$), considerat limită la vremea aceea, dar destul de mare la ora actuală.

J.B. Carlton și D.A. Isler [17] au proiectat în mod special un dispozitiv centrifugal de pulverizare, în vederea studierii modului de încărcare electrostatică prin inducție a picăturilor de lichid, cu care s-a atins un nivel de încărcare cu sarcină de $3,8 \cdot 10^{-3}$ C/kg, la un debit de 4,73 l/min. Deși eficiența încărcării a fost bună, conceptul de proiectare și condițiile de aplicare au ridicat probleme deosebite. Performanțele caracteristice ale acestui dispozitiv (curentul generat de picăturile încărcate sau curentul de încărcare), sunt relativ pozitive și sunt prezentate în fig. 3.17, fig 3.18 și fig. 3.19.

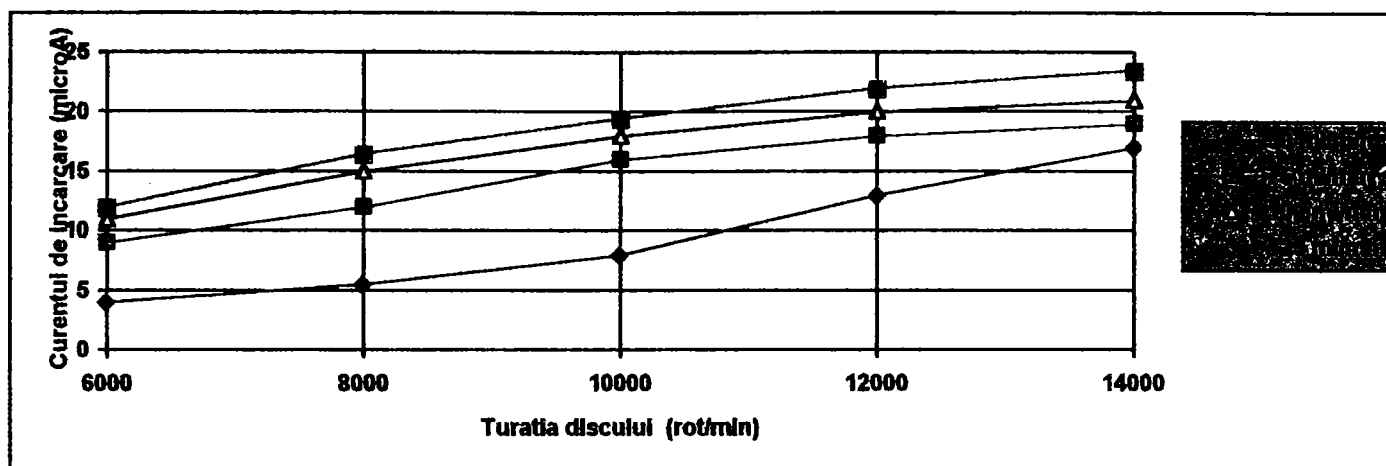


Fig. 3.17.-Datele experimentale privind curentul de de încărcare, la diferite debite și la tensiunea de alimentare a electrodului de 6,5 kV [20]

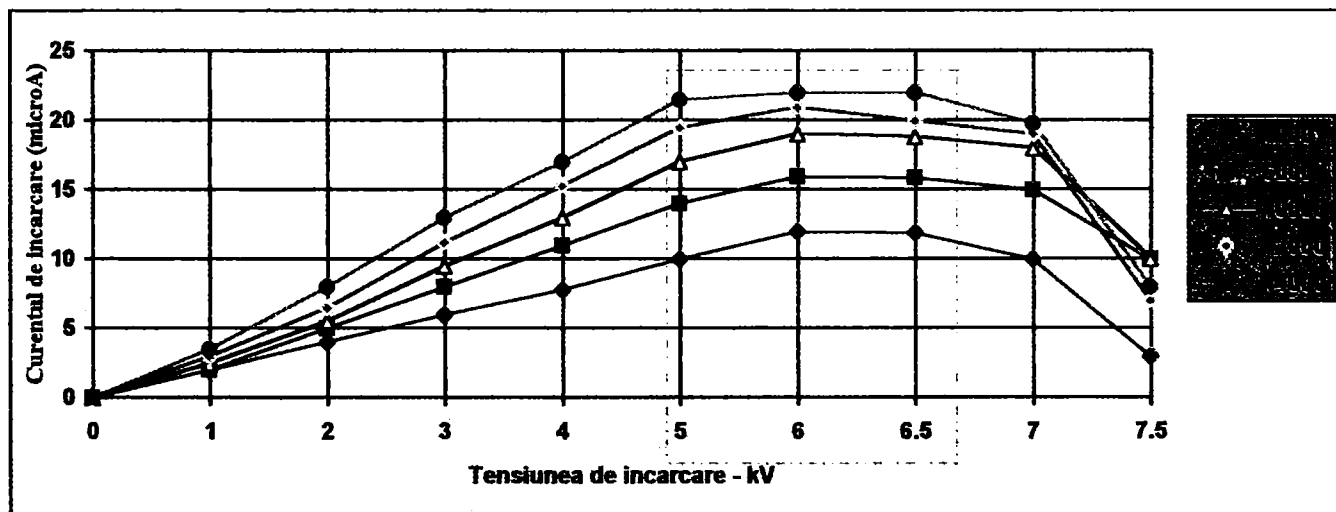


Fig. 3.18.- Curentul de încărcare pentru diferite tensiuni, la debitul 100 ml/min [20]

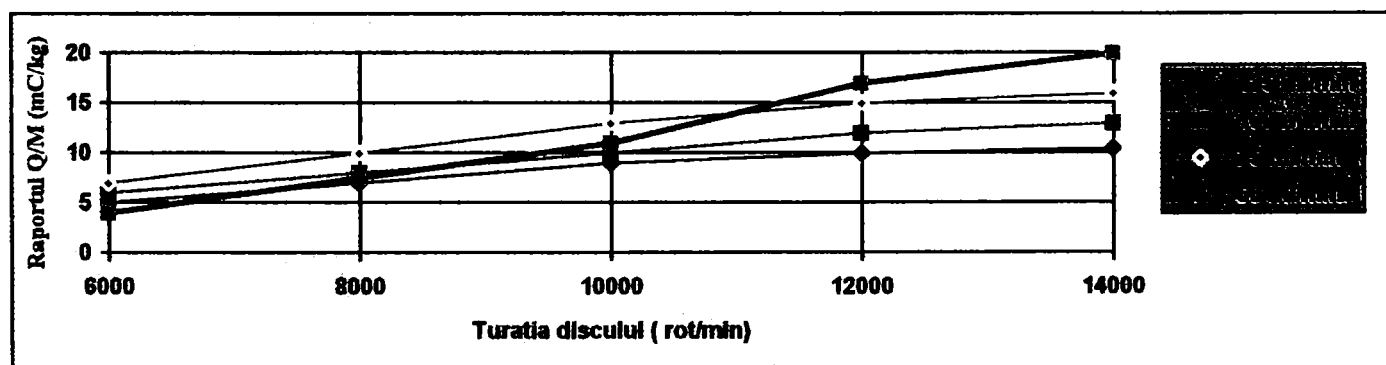


Fig. 3.19.- Raportul Q/M, pentru diferite turații și debite [20]

În afara faptului că dispozitivul are o construcție complicată, valorile maxime ale încărcării au fost obținute la tensiuni mari (5-6,5 kV) și turații mari ale discului de pulverizare, iar aspectul pozitiv foarte important, raportul sarcină/masă s-a obținut la turații mari, atunci când sunt realizate picături mici.

Umezirea electrodului de încărcare, care a apărut prin depunerea de picături încărcate cu sarcină de sens opus (sesizată de cei doi cercetători), trebuia eliminată complet sau redusă la minim. Mai mult, ieșirea picăturilor încărcate din zona câmpului electric de încărcare, trebuie efectuată într-o astfel de manieră încât densitatea de sarcină spațială să fie minimă, pentru a nu influența nici sarcina cu care picăturile urmau să se încarce și nici sarcina cu care se deplasau picăturile spre plante.

Având la bază această observație, A.J.Dix și J.A. Marchand [20] și J.A. Marchand[96], reiau studiul privind încărcarea prin inducție, prin realizarea unui sistem de pulverizare - încărcare centrifugal, destinat mașinilor purtate pe tractor, dar care să răspundă următoarelor cerințe:

- 1.-reducerea tensiunii de alimentare a electrodului;
- 2.-să fie posibilă o mare capacitate de încărcare pentru soluții pe bază de apă, ceea ce este de dorit în practica stropirii.
- 3.-să existe avantajul de a se lucra cu vâna de lichid legată la masă, eliminându-se necesitatea de izolare a rezervorului de soluție.

Reducerea tensiunii de alimentare a electrodului, a fost posibilă prin folosirea unui sistem de încărcare cu electrod separat, de forma unui fir subțire [139],[140],[141] (fig.3.20).

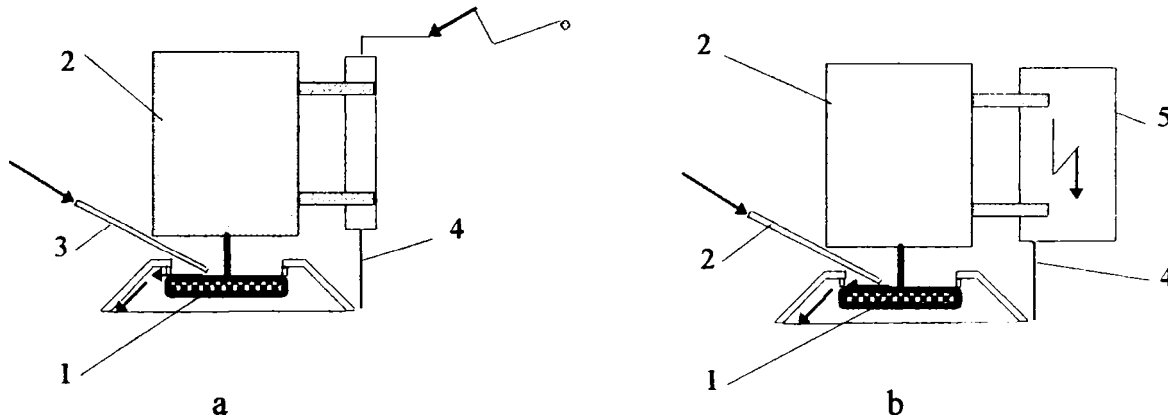


Fig.3.20.- Dispozitiv de pulverizare-încărcare, cu electrod separat, subțire
a.- sistem cu sursă de î.t. separată; b - sistem cu sursa de î.t. înglobată.

- 1.- disc de pulverizare; 2.- motor electric de CC;
- 3.- tub de conducere a lichidului pe disc;
- 4.- electrod sub formă de fir subțire, conectat la sursa de înaltă tensiune;

Acest sistem a necesitat totuși tensiuni de alimentare mari (> 15 kV). Sistemul a prezentat dezavantajul că, la o tensiune și umiditate a aerului mare, descărcările Corona erau intense, ceea ce a condus la scăderea capacității de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor.

Tensiunea de alimentare a electrodului, poate fi redusă și condiția de legare la masă a lichidului poate fi respectată, prin folosirea unui electrod de inducție separat, de forma unui disc 4, amplasat în apropierea peliculei de lichid, care se crează pe discul de pulverizare 1, lichidul fiind adus pe disc prin tubul 3, (fig.3.21).

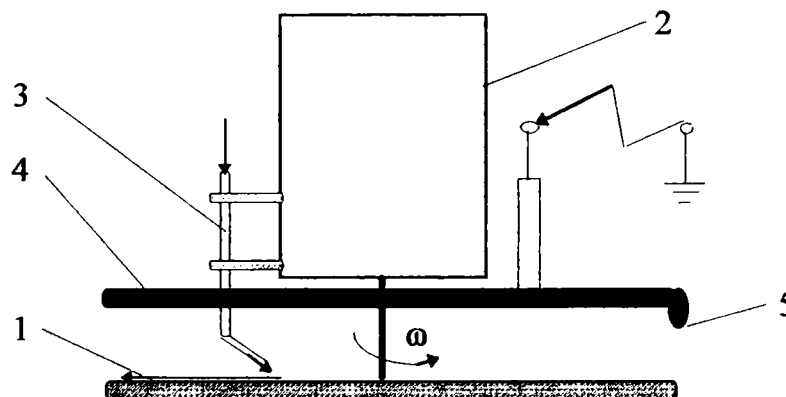


Fig.3.21.- Schema de principiu a sistemului de pulverizare-încărcare prin inducție cu electrod sub formă de disc fix (după modelul Coffe, 1981)

- 1.- disc de pulverizare; 2.- motor electric de CC.;
- 3.- tub de conducere lichid pe disc; 4.- electrod sub formă de disc fix, conectat la sursa de î.t. exterioară; 5- picătură de lichid (punte) formată din picăturile atrase de electrod și colectate ce favorizează fenomenul de descărcări locale, Corona.

Încărcarea picăturilor formate se realizează sub influența câmpului electric creat între electrod și pâna de lichid legată la masă, rezultând o sarcină de polaritate opusă tensiunii electrodului. Prin faptul că electrodul este fix, picăturile atrase de către acesta vor determina "umezirea lui", iar în cazul soluțiilor pe bază de apă, (considerate conductoare), este foarte greu de împiedicat ca lichidul colectat pe electrod să nu genereze scurtcircuite între vâna de lichid (masă) și electrod.

Soluția cea mai simplă dar eficientă, pentru eliminarea depunerii picăturilor pe electrod, și scoaterea lor din zona de influență a electrodului, a fost stabilită de J.A. Marchand [96], [95] și a constat în antrenarea electrodului odată cu discul de pulverizare, care realizează și împrăștierea picăturilor încărcate. Acest sistem fizic este considerat simplu, din punct de vedere al realizării tehnice (proiectarea tehnică), însă a impus rezolvarea următoarelor două probleme majore:

- 1.-montarea electrodului pe același ax cu discul de pulverizare, să nu întrerupă curgerea lichidului pe/ și spre exteriorul discului de pulverizare;
- 2.-modul de conectare al electrodului la sursa de înaltă tensiune să nu ridice probleme tehnice deosebite.

Soluția constructivă a sistemului este prezentată în fig.3.22.

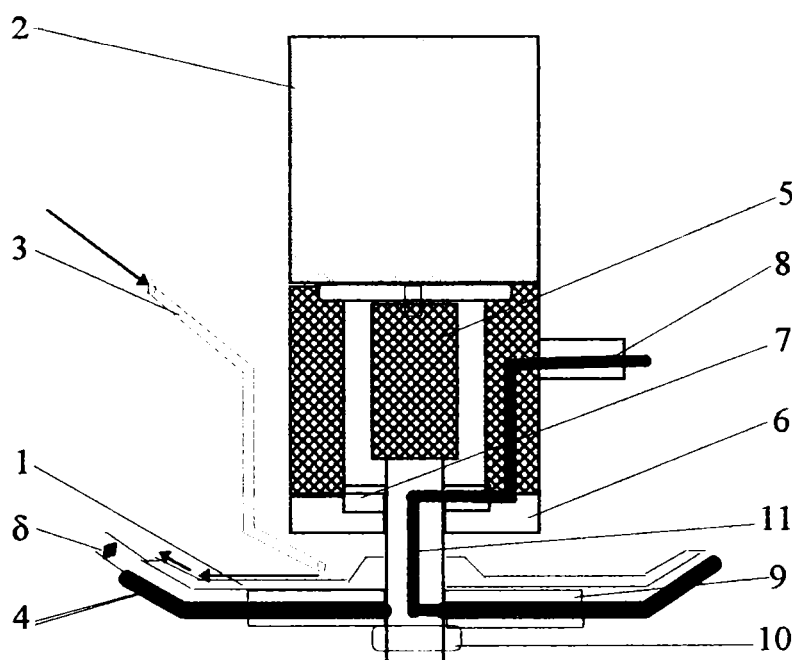


Fig.3.22.- Schema de principiu pentru sistemul de pulverizare - încărcare prin inducție cu electrod rotator; — calea de conducere a curentului spre electrod.

- 1.- disc de pulverizare; 2.- motor electric de CC; 3.- tub de conducere a lichidului toxic pe disc; 4.- electrod sub formă de disc montat pe același ax cu discul de pulverizare; 5.- ax din material plastic; 6.- carcasă; 7.- rulment; 8.- priză de înaltă tensiune; 9.- distanțier din material plastic; 10.- piuliță; 11.- conductor de cupru;

Încercările reluate de E.T. Dante și C.P.Gupta [25], bazate pe unele observații ale lui D.J. Hadfield [56] privind depunerea picăturilor pe fața și spatele frunzelor, au pus în evidență superioritatea stropirii cu picături încărcate cu sarcină, privind creșterea eficienței depunerii în corelație cu viteza de rotație a discului și debitul de alimentare a discului de pulverizare. Obiectivele studiului întreprins, s-au referit mai mult la modul de distribuție a picăturilor ca mărime și caracteristicile depunerii, pentru diferite turații, debite și tensiuni de alimentare a electrodului.

Dispozitivul de pulverizare-încărcare prin inducție încercat, a derivat din cel propus de Marchand [95],[96], la care s-au adus unele modificări (fig.3.23).

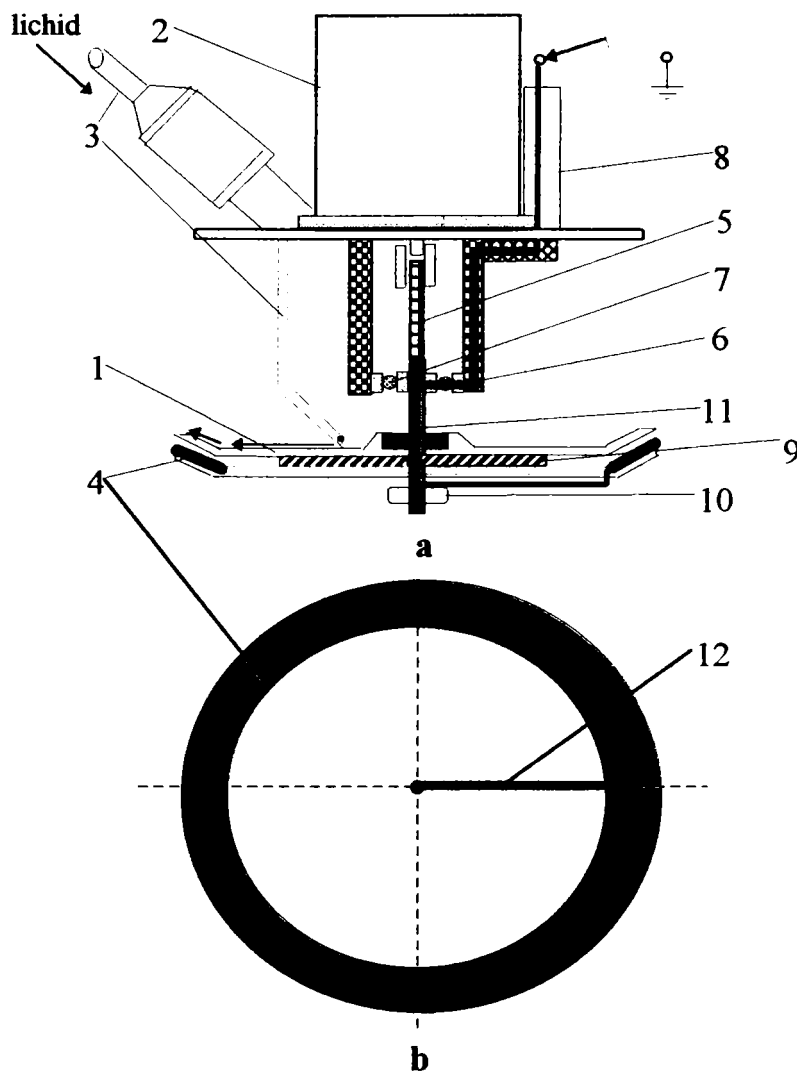


Fig.3.23. Sistemul de pulverizare - încărcare centrifugal prin influență electrică (inducție).
(după Dante și Gupta [25])

a.- schema de principiu a sistemului; b.- modul de ledare a electrodului la sursa de î.t.
1.- disc de pulverizare; 2.- motor electric de CC; 3.- tub de conducere a lichidului pe disc;
4.-electrod de aluminiu sub formă de sector de cerc; 5.- ax din material plastic; 6.- carcasă ;
7.- rulment; 8.- priză de î.t.; 9.- distanțier din material plastic; 10.- piuliță; 11.- arbore
metalic;12.-conductor de legătură;

Mărimea picăturilor măsurate, a variat în limitele:

- 115 - 203 μm , în cazul fără încărcarea picăturilor;
- 109 - 183 μm în cazul cu încărcare.

Mărimea lor a fost analizată pentru debite de 25, 50 și 75 ml/min, la turații ale discului de 2.000, 3.000, 3.500, 4.000 și 5.000 rot./min în condiții de încărcare și neîncărcare (tabelul.3.2.). Tensiunea de alimentare a electrodului a fost modificată în domeniul 0,5 - 5,5 kV, viteza de deplasare a sistemului a fost de 0,2 m/s (0,72 km/h), pe ținte artificiale (modele din aluminiu prin care s-a simulat plantele de soia).

Raportul sarcină/masă (Q/M) determinat cu ajutorul unui dispozitiv corespunzător, depinde de tensiune, turație și debit (fig.3.24).

Metoda de aplicare	Debitul (ml/min)	Viteza de rot. a discului (rot/min)	nmd	vmd	vmd/nmd
- fără încărcare picăturilor	25	2.000	134	203	1,51
		3.000	120	159	1,32
		4.000	98	128	1,30
		5.000	89	123	1,38
	50	2.000	123	195	1,58
		3.000	110	154	1,40
		4.000	100	123	1,23
		5.000	84	117	1,39
	75	2.000	112	178	1,58
		3.000	106	147	1,40
		4.000	94	117	1,24
		5.000	81	115	1,41
- cu încărcarea picăturilor	25	2.000	117	183	1,56
		3.000	111	154	1,38
		4.000	90	126	1,39
		5.000	81	118	1,46
	50	2.000	115	177	1,54
		3.000	103	153	1,48
		4.000	90	119	1,33
		5.000	80	111	1,39
	75	2.000	108	175	1,62
		3.000	99	145	1,47
		4.000	88	116	1,32
		5.000	76	109	1,42

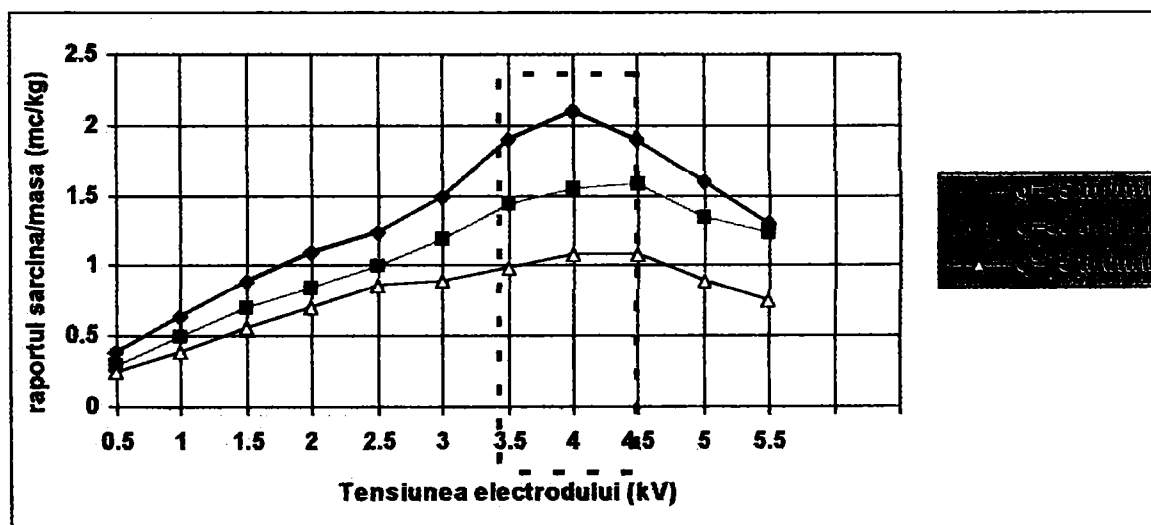


Fig.3.24.- Influența tensiunii electrodului și a debitului asupra raportului sarcină / masă (Q/M) la turația discului de 4.000 rot/min.

Raportul sarcină/masă, pentru turația de 4.000 rot/min, crește proporțional cu creșterea tensiunii de alimentare, până la o anumită valoare după care scade. În funcție de debitul de alimentare, raportul sarcină/masă scade odată cu creșterea debitului. Raportul Q/M maxim, a fost obținut în domeniul 3,5 - 4,5 V și a variat între 2,1 - 1 mC/kg. Descărcările Corona, au fost observate între periferia discului de pulverizare și electrod chiar și la tensiunea de 3,5 V. O explicație a acestui aspect, a fost dată prin descreșterea raportului sarcină/ masă. Deși raportul încărcare /masă descrește odată cu creșterea debitului, în realitate încărcarea picăturilor, crește odată cu debitul.

Raportul Q/M, este dependent de turația discului de pulverizare pentru aceleași tensiuni de alimentare a electrodului, crescând odată cu creșterea turației. Acest lucru este explicat prin faptul

că, la turații mari diametrul picăturilor realizate este mai mic, situație când încărcarea la unitatea de volum de lichid crește.

În ceea ce privește depunerea picăturilor pe fața și spatele frunzelor, tensiunea de alimentare a electrodului și debitul de lichid, au influență asupra eficienței depunerii. Eficiența crește liniar cu tensiunea electrodului, valoarea optimă fiind la tensiuni mai mari de 3,5 kV, fiind cuprinsă în limitele, 55 și 94 %. Analiza s-a efectuat pe ținte(plante) din aluminiu.

Studiile efectuate cu echipamente manuale cu pulverizare centrifugală și încărcare electrostatică prin influență [54], la culturile de orez, soia și porumb, au arătat diferențe semnificative între depunerea în cazul stropirii cu picături încărcate comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate, la trei culturi (orez, soia, porumb), la trei nivele, pe fața și pe spatele frunzelor. Echipamentul are același principiu de funcționare ca cel prezentat anterior, iar caracteristicile depunerii sunt dependente de cultura tratată, tehnica de stropire, unghiul de înclinare al discului față de orizontală.

Rezultatele încercărilor privind depunerea, pentru cultura de soia, în cazul picăturilor încărcate comparativ cu cele neîncărcate, sunt prezentate în fig.3.25 și tab.3.3 (pentru depunerea pe fața frunzelor) și fig.3.26 și tab.3.4 (la depunerea pe spatele frunzelor).

Depunerea medie (ng/cm^2) la soia pentru debitul 100 ml/min Tab.3.3

Tip tratament	Debit (ml/min)	Viteză (m/s)	Norma (l/ha)	Depunerea (ng/cm^2)		
				virf	mijloc	baza
Stropire hidraulică (picături neîncărcate)	640	0,38	190	231	199	206
Disp. centrifugal (picături încărcate)	50	0,21	27	439 (1,5)↑	291 (1,1)↑	211 (2,4)↑
Disp. centrifugal (picături neîncărcate)	50	0,21	27	291 (0)	235 (0)	190 (0)

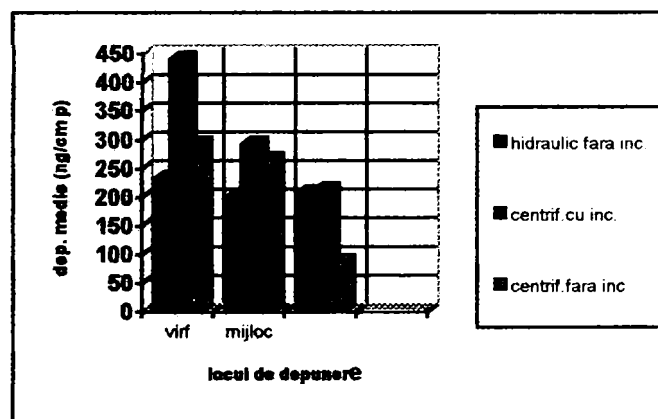


Fig.3.25.- Depunerea medie la diferite nivele la plantele de soia

Depunerea medie pe spatele frunzelor (%) Tab.3.4

Tip tratament	Depunerea (ng/cm^2)		
	virf	mijloc	baza
Stropire hidraulică (picături neîncărcate)	2	3	0
Disp. centrifugal (picături încărcate)	18 (1,5)↑	23 (2,9)↑	2
Disp. centrifugal (picături neîncărcate)	12 (0)	3 (0)	0 (0)

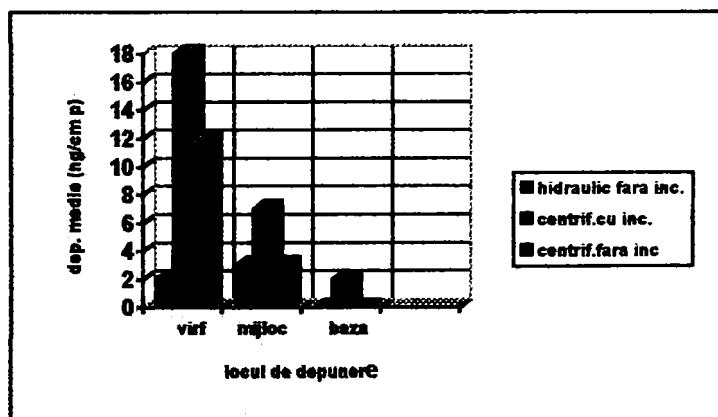


Fig.3.26.- Depunerea pe spatele frunzelor, pe nivele .

3.3.6.- Concluzii

- Datorită simplității echipamentelor care folosesc la pulverizarea pesticidelor numai presiunea hidrostatică, fără jet auxiliar de aer, acestea s-au impus în special la lucrările de erbicidare a culturilor;

- În cazul dispozitivului pentru pulverizarea pneumatică și încărcarea prin influență, creșterea

debitului de lichid, ori descreșterea presiunii aerului, conduc la creșterea diametrului picăturilor. Lipsa informațiilor privind procesul de fragmentare a vânei de lichid, a făcut dificilă evaluarea influenței acestor parametri în procesul de încărcare prin inducție

Creșterea curentului de cărcare, este posibilă datorită decărcărilor locale (Corona) care pot să apară la valori mai mici ale tensiunii decât cele calculate. Scăderea curentului la presiuni mai mari ale aerului, este determinată de creșterea densității aerului, iar valorile ridicate ale curentului (debite mari și presiuni mai mici ale aerului), sunt datorate în special neputinței păstrării electrodului de inducție în stare uscată, picăturile mici de lichid care sunt atrase de electrod, formând picături mari care apoi se preling de pe acesta generând "vârfuri" unde densitatea de sarcină devine mare și ca urmare pot apărea descărcări Corona mult mai devreme.

- procedeul pulverizării electrodinamice, oferă o serie de avantaje care se pot formula astfel: absența pieselor în mișcare, consum redus de energie, viteză mare a picăturilor, ce elimină deriva dar defavorizează depunerea, posibilitatea alegerii convenabile a mărimii picăturilor prin alegerea corespunzătoare a tensiunii de alimentare a duzei, omogenitatea pulverizării.

Studiile și experimentările atestă că procedeul asigură o pătrundere bună a picăturilor între frunzele nu prea dese a plantelor. La plantele cu frunziș des și care se acoperă între ele, pătrunderea devine mai greoaie, caz în care sunt folosite alte tehnici de pulverizare - încărcare

- Au fost obținute rezultate bune și la încărcarea prin fenomenul Corona, însă acest lucru este posibil numai cu tensiuni mari de alimentare a electrodului [18]. La aceste sisteme, s-a constatat că atunci când s-a obținut sarcini de încărcare a picăturilor de valori de $5 \cdot 10^{-3}$ C/kg, la debite de lichid relativ mari, curentul generat de picăturile încărcate, a atins valori destul de mari (240 μ A), considerat limită la vremea aceea, dar destul de mare la ora actuală;

- Pulverizarea centrifugală și încărcarea prin inducție electrică, este domeniul în care există foarte multe cercetări, efectuate cu foarte multe tipuri de sisteme de pulverizare-încărcare. După Marchand J.A. [95], [96], sistemul de pulverizare-încărcare centrifugal oferă avantajul important față de pulverizarea hidraulică și pneumatică, prin aceea că, permite realizarea de plăți apropiate ca mărime, diametrul lor încadrându-se într-un interval determinat, de viteza periferică a discului de pulverizare, pentru care rezultă și un anumit domeniu de încărcare cu sarcină electrostatică a picăturilor. Deși pulverizarea lichidului este total diferită față de cea hidraulică, metoda este capabilă să producă picături cu proprietăți fizice cunoscute, care să poată fi controlabile pentru un domeniu extins.

- La dispozitivul de pulverizare-încărcare centrifugal, dezvoltat de Dante și Gupta [25], variației mărimii picăturilor, i se pot asocia mai multe cauze:

- în toate variantele de încărcare, diametrul picăturilor a scade cu 1-10%; acest lucru se explică prin faptul că, componenta orizontală a intensității câmpului electric creat la periferia discului, ajută forța centrifugă la formarea mai rapidă a picăturilor;
- efectul evaporăției asupra încărcării picăturilor ar fi un argument în susținerea scăderii diametrului, însă acest lucru conduce la creșterea sarcinii specifice și de aici tendința de fragmentare în picături mai mici (așa numitul fenomen de explozie);
- debitul și turația discului au influențe inverse asupra mărimii picăturilor: mărimea minimă a picăturilor se obține la debite mari (75 ml/min) și turații mari (5.000 rot/min). Acest lucru este contrar cercetărilor lui Marchand [96], care arată că mărimea picăturilor este invers proporțional cu turația dar nu depinde de debit.

Deși raportul sarcină/masă crește încet liniar de la 3,5 -4 kV, eficiența depunerii nu numai că nu crește semnificativ, dar însă scade la valori ale tensiunii peste 2,5 kV. La tensiuni peste 3 kV, picăturile se depun numai în partea superioară a frunzelor plantelor, fenomen explicat doar prin aceea că, câmpul electric creat între electrod și plante (electrod neecranat), are influență directă asupra lor, inducând sarcini, altele decât cele generate de apropierea picăturilor încărcate, fapt care a determinat o respingere a acestora

- Fiind utilizate tensiuni mari, realizarea surselor impune anumite condiții tehnice, iar în exploatare există riscul de electrocutare a personalului de deservire

3.4.- Sinteza realizărilor indigene.

În țara noastră [139],[140] și [141], prin colaborarea colectivului de cercetare din ICPE cu colectivele de cercetare din CCPP și ICSITMUA, s-au realizat mai multe modele de echipamente și dispozitive de stropire electrostatică a pesticidelor. Realizarea și încercarea acestora au avut ca scop, punerea în evidență a avantajelor stropirii electrostatice (cu volum redus), în comparație cu stropirea clasică, cu care se efectuau cu preponderență lucrările de combatere în agricultura românească la acea dată.

Printre obiectivele propuse, pe primul loc erau următoarele:

- reducerea dozelor de pesticid cu cca 30 % față de dozele omologate pentru mijloacele clasice;
- reducerea consumului de metal și energie, prin construirea unui echipament ușor, eficient și fiabilitate ridicată;

3.4.1.- Evoluția etapelor de încercare.

Încercările s-au desfășurat în mai multe etape:

Etapa a I-a, a constat în realizarea unor duze cu electrozi încorporați pentru pulverizare pneu-matică, asemănătoare celor proiectate de Law S.E [79], dar acestea nu au dat rezultate satisfăcătoare, deoarece materialul folosit ca izolator n-a corespuns.

În etapa a II-a, s-a trecut la realizarea dispozitivelor centrifugale și încărcarea picăturilor prin fenomenul descărcărilor locale Corona, discurile fiind acționate cu ajutorul unor motoare pneumatice, care nu au prezentat siguranță în funcționare.

În etapa a III-a, s-a conceput acționarea discurilor de pulverizare cu motoare de curent continuu la 12-24 V, iar după definitivarea conceptuală a sursei de înaltă tensiune și a dispozitivelor, s-a realizat primul model funcțional, încercat în condiții de câmp (echipament purtat pe tractor, cu rampe pe care se găsesc 6 dispozitive centrifugale și încărcare). Prima variantă a echipamentului a fost purtată în spatele tractorului (fig.3.27).

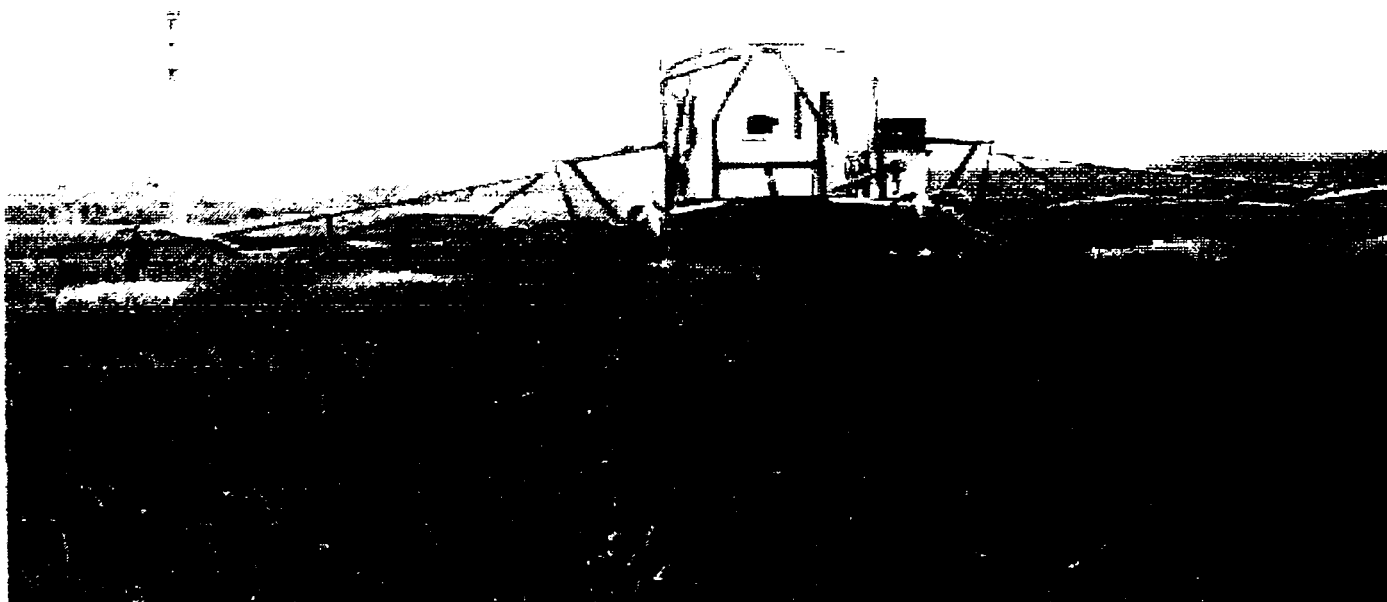


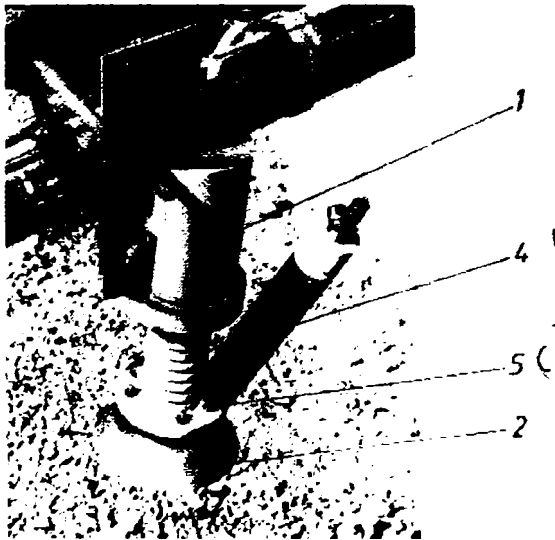
Fig.3.27.- Prima variantă a echipamentului: purtat în spatele tractorului.

Dotorită nementinerii distanței între plante și dispozitive, în special la trecerea peste denivelările solului, cât și faptului că dispozitivele nu puteau fi urmărite cu ușurință de către mecanizator, s-a trecut la realizarea unei noi variante de echipament, purtat în fața tractorului și prevăzut cu rampe inerțiale (fig.3.28).



Fig.3.28.- Varianta de echipament purtat în fața tractorului

Prima variantă EC-1 a dispozitivului centrifugal (fig.3.29), are în componență motorul electric de curent continuu 1 cu excitație în serie, prevăzut cu două piese polare ce asigură o turație de cca 6.000 rot/min, la o putere absorbită de 45 VA. Printr-un cuplaj elastic 4 este antrenat discul centrifugal de pulverizare 2. Lichidul toxic ajunge la discul centrifugal prin tubul capilar 5 cu rol de drosel, iar electrodul 3 este conectat la sursa de înaltă tensiune prin conductorul 6, sau chiar direct la sursă. Dispozitivul EC-1 a fost realizat în două variante: cu sursă comună (fig.3.29 a) și cu sursă separată (fig. 3.29 b)



a



b

Fig.3.29.- Dispozitivul centrifugal electrostatic EC-1
a.- cu sursă comună; b.- cu sursă separată;

Fig.3.30, reprezintă principiul de lucru al dispozitivului centrifugal - electrostatic. Încărcarea picăturilor de lichid cu sarcină electrică, are loc în principal prin contact cu discul 2, pe suprafața căruia prin vârful electrodului se "injectează" un flux continuu de sarcini electrice. Lichidul din rezervor, ajunge prin conductă și racord la discul de pulverizare și de aici în contact cu discul 2. Picăturile încărcate cu sarcini electrice negative, sunt transportate către plante, unde sunt atrase de sarcinile "imagine" care apar în acestea.

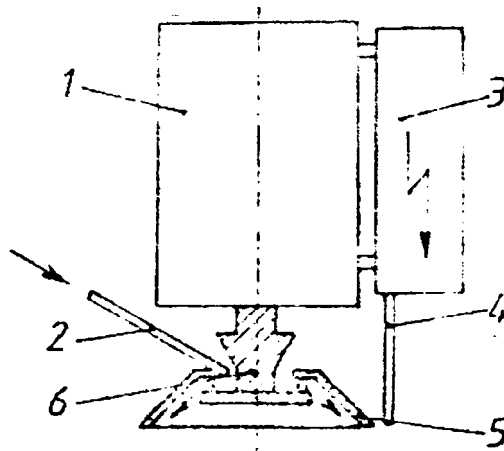


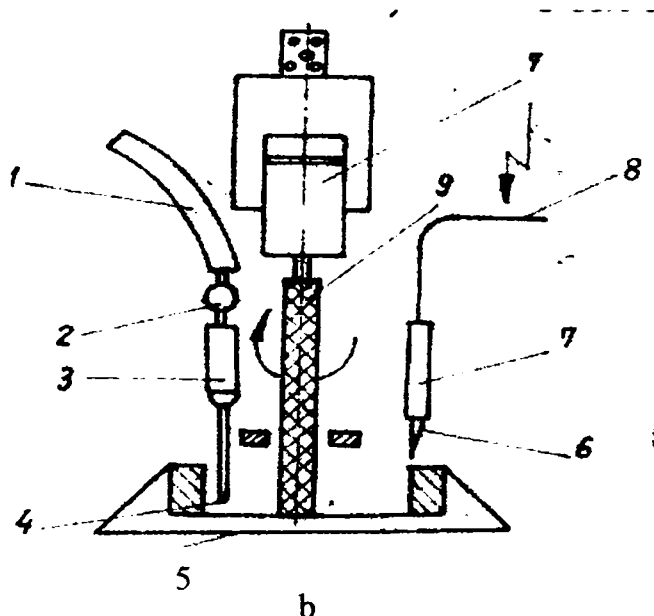
Fig.3.30.-Schema funcțională a dispozitivului centrifugal-electrostatic EC-1.

Această variantă nu a corespuns, ceea ce a determinat trecerea la varianta EC-2, unde tubul capilar era protejat cu ajutorul unei carcase cilindrice, realizându-se o variantă mai compactă, dar nici aceasta nu a dus la un randament satisfăcător.

S-a conceput varianta, EC-3, care diferă de EC-2, prin o poziționare mai bună a electrodului de înaltă tensiune și folosirea unor izolatori mai buni (fig.3.31)



a



b

Fig.3.31.- Dispozitivul centrifugal - electrostatic EC-3
a.- vedere; b.- schema funcțională;

Lichidul este adus prin tubul capilar 4 pe discul de pulverizare 5, pe suprafața căruia, prin vârful de ionizare 6 se transferă sarcini prin descărcări Corona. Diametrul discului de pulverizare la EC-3, s-a mărit cu 20 mm față de EC-2, pentru a se asigura o viteză periferică de 40-45 m/s, viteză care favorizează producerea unor picături relativ uniforme, de dimensiuni cuprinse între 65 - 75 μm .

Cu ajutorul acestui echipament, au fost efectuate în câmp, o serie de tratamente pentru combaterea unor dăunători. Au fost urmărite următoarele obiective:

1.- testarea performanțelor tehnice ale echipamentului, prin colectarea depunerii pe lamele de sticlă;

Din acest punct de vedere, încercările efectuate într-o cultură de cartof, bine întreținută, cu tufe de 30 - 40 cm înălțime și bine individualizate, cu spații între ele, au condus la rezultatele prezentate în fig.3.32, unde cantitatea de substanță depusă s-a colectat ca număr de picături și nu în

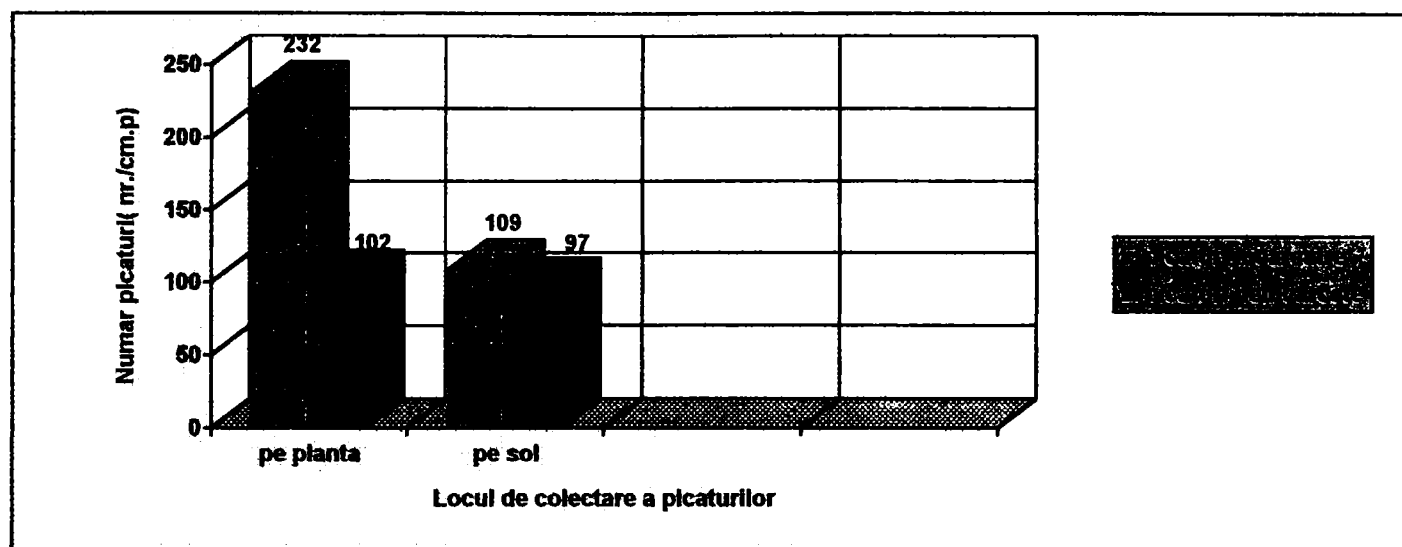
greutate [ng/cm²].

Fig.3.32.- Depunerea medie a picăturilor pe plante și sol (număr)

S-a observat că, numărul de picături depuse în cazul încărcării lor, este mai mare de 2 ori, comparativ cu situația picăturilor neîncărcate, aspect favorizat de atragerea picăturilor încărcate de către plante. Analiza din punctul de vedere al derivei picăturilor, a scos în evidență că, în cazul folosirii încărcării, numărul picăturilor ajunse pe plante (232 picături) este dublu numărului căzute pe sol (109 picături), aspect destul de semnificativ. Nu același lucru se poate spune pentru cazul stropirii fără încărcare, când nu există diferențe semnificative între numărul de picături depuse pe plante și pe sol (102 respectiv 97)..

2.- comportamentul diferitelor culturi (răsaduri în ghivece) (salată, fasole, sfeclă de zahăr, tomate, porumb, varză, vinete, ardei, castraveți, cartofi, soia și grâu) la efectul tratamentului. Au fost folosite 4 pesticide: Carbetox 37, Sinoratox, Dursban și Onefon VUR, la doze recomandate de producție (doză dublă și triplă, la norme de 10 l/ha). S-a analizat efectul după 24, 48, 72 și 168 ore, iar rezultatele sunt prezentate în tabelul 3.5.

Modul de afectare a culturilor la stropirea cu pesticide [139]

Tabelul 3.5

Nr. crt.	Pesticidul	Cultura										
		Salata	Fasole	Sfecla	Tomate	Porumb	Varză	Vinete	Ardei	Castrav.	Soia	Grâu
1.	Carbetox, doza 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carbetox, doza 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Carbetox, doza 3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	Netratat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Sinoratox, doza 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Sinoratox, doza 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Sinoratox, doza 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Netratat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	Dursban, doza 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Dursban, doza 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Dursban, doza 3	0	0	0	0	3	0	0	0	1	2	3
	Netratat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.	Onefon UVL, doza 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Onefon UVL, doza 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Onefon UVL, doza 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Netratat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0 - neafectat; 1.-afectat foarte puțin; 3.- afectat puternic;

3.- testarea biologică a metodei în combaterea gândacului de Colorado, s-a efectuat prin

utilizarea următoarelor pesticide: Oltitox și Dusban, la diferite doze (optimă, redusă cu 33 % și redusă cu 50 % față de cea optimă). Pentru stabilirea eficacității, s-a calculat mortalitatea insectelor în comparație cu tratamentul cu volum ultra redus (UVR), executat cu același echipament și dispozitive, dar fără încărcarea picăturilor.

În cazul folosirii insecticidului Oltitox, rezultatele sunt prezentate în tabelul 3.6.

Eficacitatea biologică a pesticidului Oltitox [139]

Tabelul 3.6

Nr. crt	Caracter. trata-	Doze l/ha	Populația vie de insecte													
			Înainte de tratare						După tratare						%	
			Total	Adulti	Larve				Total	Adulti	Larve				mortalitate totala	% din care larve
					1	2	3	4			1	2	3	4		
1	Cu încărcare	1,5	76	76	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	77,5	100
2	Fără încărcare	1,5	496	72	6	84	196	138	22	22	0	0	0	0	95,6	100
3	Cu încărcare	1,1	201	81	4	32	31	53	52	48	2	0	2	0	74,1	97,5
4	Fără încărcare	1,1	532	69	0	96	209	158	68	43	0	3	9	13	91,9	95,0

În urma încercărilor și după datele din tabel, s-au făcut următoarele observații:

- în cazul tratamentelor, atât cu picături încărcate și neîncărcate, aplicate la culturi necorespunzător întreținute, combaterea este necorespunzătoare. Combaterea este mai bună, atunci când tratarea se face fără încărcarea picăturilor. Stropirea electrostatică nu a fost favorizată de vegetația bogată, datorită acumulării de picături încărcate pe vârful frunzelor, atunci când a apărut fenomenul de respingere a picăturilor;

- dacă se ia în considerare combaterea larvelor, eficacitatea produsului este foarte bună, pentru ambele norme (1,5 și 1,1 kg/ha), iar procentul de mortalitate este cuprins între 95 % și 100 %.

La folosirea insecticidului Fastac, rezultatele indică două aspecte diferite:

- când tratamentul se execută în culturi foarte îmburuienate, procentul de mortalitate este asemănător ca și în cazul folosirii insecticidului Oltitox;

- în cazul tratamentului aplicat în culturi bine întreținute, procentul de mortalitate este foarte bun, atât la dozele normale cât și la cele reduse. Ba mai mult, la doze reduse (50 ml/ha), procentul de mortalitate este mai mare (99,43 %) decât în cazul dozelor de 100 ml/ha, dar fără încărcare (89,65 %);

4.-stabilirea derivei picăturilor, în comparație cu cu stropirea tot centrifugală dar fără încărcarea picăturilor, pentru cultura de porumb pentru masă verde. Viteza vântului în timpul încercărilor a fost de 2,6 - 3,1 m/s (măsurată cu un anemometru), iar pentru vizualizarea picăturilor antrenate de curentul de aer, s-a utilizat un colorant violet de metil N. Pentru captarea picăturilor, s-au utilizat lame de microscop degresate, instalate pe stative metalice, amplasate din metru în metru, pe o distanță de 5 m lateral, față de echipamentul de pulverizare. Lamele au fost fixate pe stativ, pe trei nivele (30, 60, 100 cm față de nivelul solului), iar mașina s-a deplasat perpendicular pe direcția vântului, cu viteza tehnologică. Lamele stropite au fost analizate cu analizorul automat Picomet, determinându-se, atât diametrul picăturilor, cât și densitatea și gradul de acoperire. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 3.7.

Datele privind deriva picăturilor [139]

Tabelul 3.7

Nr.crt	Specificare	Distanța de la mașină la locul de colectare											
		1 m			2 m			3 m			4 m		
		nr.pic	gr.acop (%)	VMD	nr.pic	gr.acop (%)	VMD	nr.pic	gr.acop (%)	VMD	nr.pic	gr.acop (%)	VMD
1.-	cu picături încărc.												
	lama 1 (30 cm)	60	1	109	45	0,1	-	-	-	-	-	-	-
	lama 2 (60 cm)	54	0,3	99	30	0,15	-	-	-	-	-	-	-
	lama 3 (100 cm)	82	0,2	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.-	fără încărcare												
	lama 1 (30 cm)	101	21,7	118	96	0,4	98	76	0,15	98	20	0,01	98
	lama 2 (60 cm)	191	2,6	100	308	2,0	100	53	0,2	93	4	0,03	97
	lama 3 (100 cm)	56	0,2	98	70	0,3	100	101	0,7	100	46	0,1	99

Din analiza datelor rezultă că, datorită încărcării cu sarcină a picăturilor, forța de atracție dintre acestea și plante a fost mai mare decât forța datorită vitezei vântului.

- La distanța de 1 m și înălțimea de 30 cm, gradul de acoperire cu lichid a lamelor a fost de 1 %, în comparație cu aceeași poziție, dar când picăturile nu sunt încărcate, iar gradul de acoperire a fost 21,7 %;

- La distanța de 2m, în cazul stropirii cu picături încărcate, gradul de acoperire a fost de 0,1 - 0,2 %, iar în cazul fără încărcare, de 0,4 - 2 %;

- La 3 m distanță, nu mai apar picături deviate în cazul stropirii cu picături încărcate, în timp ce la stropirea obișnuită, s-a constatat picături chiar la o distanță de 4 - 5 m.

În cazul erbicidării preemergente la cultura de porum pentru boabe, folosindu-se 3 erbicide graminoide (Eradicane, Alirox și Dizocab), nu au fost diferențe semnificative în ceea ce privește numărul de buruieni crescute după tratament (stropirea clasică cu EEP - 600 în agregat cu grapa cu discuri și echipamentul centrifugal cu încărcare și fără încărcare). Nici la încercările la alte culturi (grâu de toamnă și soia), cu erbicidele corespunzătoare, unde deși anumite buruieni au fost distruse complet iar altele mai puțin, nu au fost diferențe semnificative față de erbicidarea clasică.

3.4.2.- Concluzii

1.- Nivelul sarcinii electrice cu care se încarcă picăturile produse cu diverse dispozitive de pulverizare, este dependent în primul rând de **caracteristicile fizice**, (modul cum are loc pulverizarea vanei de lichid, dimensiunile picăturilor, etc) și **electrice ale lichidelor, intensitatea și forma câmpului electric** generat prin intermediul electrozilor legați la plusul sursei de înaltă tensiune, **metoda de încărcare** și de alți factori.

2.- Din analiza proprietăților preparatelor de combatere, metoda de încărcare care corespunde cel mai bine pentru cele pe bază de apă, și medii murade, este cea prin influență electrică. În condiții de cunoaștere bine a factorilor care influențează încărcare, ea asigură încărcări mari, la tensiuni de alimentare a electrozilor, mici;

3.- Nivelul maxim al sarcinii picăturilor, este limitat la valoarea sarcinii maxime Rayleigh, care este dependentă de mărimea picăturilor. Picăturile mici sunt indicate pentru încărcare;

4.- În ceea ce privește transferul de sarcină tranzitorie în plante, teoretic, există curentul de poziție, de depunere și de descărcări corona, care apar în diferite faze a interacțiunii norului cu planta. Valoarea curenților, depinde de starea de conductivitate a plantei (starea de secetă a solului).

5.- Mărimea și viteza de inducere a sarcinilor imagine în plante, sunt dependente de nivelul sarcinii picăturilor, viteza picăturilor în apropierea plantelor, dar mai ales de modul de manifestare a

a câmpului electric produs între electrozi și plante, care în zona plantelor trebuie să fie zero, sau să aibă o valoare foarte mică.

Nerespectarea acestei condiții, face ca pe plantă să apară sarcini negative induse, care vor respinge picăturile încărcate cu sarcină negativă, iar în loc să se realizeze a atracție, de fapt se

realizează o respingere, respectiv va rezulta o depunere mică;

6.- Planta cultivată în sol sau în ghivece, poate fi privită ca ca un model de forma RC, a cărui constantă de timp, determină viteza și nivelul sarcinii induse și transferate, respectiv a curenților prin plantă;

7. Pe plan mondial, au fost realizate echipamente de pulverizare-încărcare, experimentale de laborator, dar și în serie, pentru toate tipurile de preparate. Pentru preparatele pe bază de apă și încărcarea prin influență electrică, au fost realizate dispozitive speciale(cu electrod încorporat, modelul ESS Max -Charge Spray Nozzle, la care pulverizare se face pneumatic), cât și cu disc centrifugal. Nu sunt realizate echipamente cu duze cu jet în evantai(Tee-Jet), care sunt folosite foarte mult în practica agricolă.

8.- Echipamentele de pulverizare-încărcare, cu disc centrifugal, realizate în multe variante [25], au permis încărcarea lichidului cu nivele mici de sarcină(2,1 mC/kg), la tensiuni mari(4 kV). Pe aceste echipamente, electrodul a fost fie plasat sub discul de pulverizare, pe un disc suplimentar din material izolator, ambele montate pe axul motorului de antrenare, fie sub forma unui disc din material conductor. Cu acest fel de electrozi, câmpul electric creat între ei și plante, are influență directă asupra plantelor, inducând sarcină, alta decât cea indusă de picături, rezultând o respingere și nicidecum o atracție a picăturilor;

9.- Echipamentele realizate în țara noastră sub diferite forme(CCPP, ICSITMUA București), au dat rezultate nesatisfăcătoare, fie din cauza materialelor necorespunzătoare folosite, fie a unor deficiențe de concepție, generate de necunoașterea fenomenelor de inducere a sarcinii electrice în pelicula de lichid.

10.- Din prezentarea încercărilor, efectuate în zone diferite ale globului de diferiți cercetători, a rezultat concluzia că: stropirea cu picături încărcate poate fi utilizată în tratamentele din agricultură, numai dacă se crează condițiile ca acesta să aibă eficiența maximă(dimensiunile ale picăturilor sub 100 μm, tensiuni mici de alimentare a electrozilor, o anumită viteză a picăturilor);

Rezolvarea tuturor acestor probleme, face din stropirea electrostatică o metodă de executare a tratamentelor chimice în agricultură, cu bune rezultate, care să dea posibilitatea de re-ducere cu peste 30 % a cantității de soluție, ceea ce înseamnă că tratamentul este unul " mai ecologic".

CONTRIBUȚII LA MODELAREA TEORETICĂ A PULVERIZĂRII ȘI ÎNCĂRCĂRII CU SARCINĂ ELECTRICĂ A PICĂTURILOR

4.1.- Pulverizarea lichidului toxic cu duzele cu jet în evantai (Tee-Jet).

Pulverizarea lichidului toxic este procesul principal în aplicarea pesticidelor în agricultură. Au fost prezentate mai multe **metode de pulverizare**. Cea mai răspândită este cea hidraulică și cu mari perspective se prefigurează cea centrifugală.

Pulverizarea hidraulică, constă în fragmentarea (pulverizarea, destrămarea, atomizarea) unei pelicule (pânze) subțiri de lichid, rezultată la ieșirea dintr-un orificiu calibrat (duză) sub acțiunea unei presiuni și formarea de picături, cu un spectru de diametre dependent de caracteristicile constructive și funcționale ale duzei și de proprietățile fizice ale lichidelor toxice care se pulverizează. Evaluarea calității peliculei de lichid produsă de duză, este reflectată prin spectrul picăturilor rezultate. Duzele cu jet în evantai (Tee-Jet) sunt foarte mult utilizate în aplicarea tratamentelor în agricultură (în special erbicidarea). Acestea produc pânze de lichid subțiri, care devin instabile, după care, se destramă în picături de diferite mărimi. Mărimea și viteza picăturilor formate din pânza de lichid, au o importanță majoră asupra deplasării acestora către plante, deplasare care, uneori devine un risc major pentru mediul înconjurător.

Deoarece pulverizarea soluției toxice este un proces foarte complex, în lucrare se face o analiză în detaliu a acestui proces, din mai multe puncte de vedere, care să clarifice într-un anume fel, atât formarea picăturilor, cât și comportarea lor ulterioară în deplasarea lor către plante.

Pentru explicarea principiului fundamental al fragmentării și pulverizării lichidului în picături, s-a apelat la **analiza dimensională a picăturilor formate, instabilitatea aerodinamică a peliculei de lichid, bilanțul de energie (BE) și de forțe (BF)**.

Analiza dimensională a permis dezvoltarea unor expresii empirice privind parametrii de rupere ai peliculei de lichid și chiar dezvoltarea de relații pentru caracteristicile jetului și diametrul picăturilor în funcție de numărele Reynolds și Weber (Re și We). Această metodă empirică a avut însă unele limite în posibilitatea de a explica fenomenul de pulverizare.

Teoria instabilității aerodinamice a pânzei de lichid, nu a condus direct la expresii pentru diametrul picăturilor, ci doar pentru determinarea caracteristicilor pânzei la rupere (lungimea zonei continue și a grosimii la rupere). Estimarea diametrului picăturilor s-a făcut în mod indirect, prin intermediul corelației caracteristicilor pânză-ligamente-diametru [31],[41]. Dacă această teorie are o contribuție majoră la descrierea ruperii peliculei de lichid, ea nu poate fi extinsă cu precizie și în cazul explicării formării picăturilor.

Principiul bilanțului de energie și al forțelor, are la bază corelarea între caracteristicile picăturilor formate cu cele ale pânzei de lichid:

- Van Der Geld și Vermes (1994), aplică ecuațiile de conservare a masei și energiei pentru o porțiune din pânza de lichid, explicarea modului de dezintegrare a acesteia, bazându-se pe caracteristicile ligamentelor de formă cilindrică, rezultate înaintea formării picăturilor;

- El-Awady [35], aplică bilanțul forțelor pentru cazul când picăturile se separă din pânză pe direcție laterală, și dezvoltă două relații ce exprimă dependența mărimii picăturii de viteza și unghiul de pulverizare a pânzei, aspect ce nu corespunde în totalitate cu fenomenul real de formare a picăturilor;

- Sidahmed [134], aplică bilanțul de energie și dezvoltă o relație ce exprimă dependența între **mărimea/viteza picăturii** care se formează și **viteza pânzei de lichid** la ieșirea din duză.

Metoda bazată pe bilanțul forțelor și energiei, poate fi aplicată oricărei pânze de lichid, indiferent de modul de dezintegrare (cu duze cu jet în evantai sau centrifugal), cu condiția ca pânza de lichid să fie continuă, iar marginea liberă a acesteia să fie definită.

4.1.1.- Determinarea parametrilor picăturilor după teoria instabilității aerodinamice a pânzei de lichid.

În urma investigațiilor întreprinse de Dombrowski și Johns [31], care au efectuat fotografii rapide ale fenomenului de fragmentare a pânzei de lichid la duzele cu jet în evantai, s-a ajuns la concluzia că, **caracteristicile pânzei de lichid la ieșirea din duză sunt în principal dependente de proprietățile fizice ale lichidului și numărul Reynold**, număr ce caracterizează curgerea lichidelor prin orificii, exprimat prin relația:

$$Re = \frac{v_s \cdot d_0 \cdot \rho_l}{\eta_l} \quad (4.1)$$

unde: - v_s reprezintă viteza pânzei (vânei) de lichid la ieșirea din duză [m/s];
 - d_0 , diametrul orificiului duzei [m];
 - ρ_l , densitatea lichidului toxic folosit la combatere [kg/m³];
 - η_l , coeficientul dinamic de vâscozitate a lichidului [N.s/m²].

Conform observațiilor acestora, pânza de lichid, la ieșirea prin orificiul duzei datorită interacțiunii cu aerul din jur, capătă forma unei pelicule cu oscilații de amplitudine crescătoare pe direcția normală față de cea a vitezei. Ea rămâne intactă pe o distanță oarecare, numită lungime coerentă și notată cu x_B , după care se rupe în fragmente de lichid, (ligamente), din care se formează ulterior picăturile (fig.4.1) Fragmentele de lichid au la început o formă dreptunghiulară cu **lungimea egală cu jumătate din lungimea de undă a oscilației (λ), și grosimea h_B** , (adică de dimensiuni $L \cdot \lambda / 2 \cdot h_B$), apoi își schimbă forma în ligamente de formă cilindrică cu diametrul (d_L), care sub acțiunea forțelor datorate frecării cu aerul și a tensiunii superficiale (σ_l), se destramă în picături cu diametrul " d_p ". În plan longitudinal, pânza de lichid capătă forma unei oscilații sinusoidale (onduire), iar ruperea fragmentelor din pânza de lichid, în vederea formării ligamentelor și apoi a picăturilor, este dependentă de o gamă largă de factori.

Modelul din fig. 4.1, reprezintă o idealizare a procesului real de pulverizare cu duze cu jet în evantai, din care se observă că lungimea coerentă a vânei de lichid " x_B " poate fi greu definită. **Procesul de on-duire și de creștere a amplitudinii oscilației (undei), desprinderii și formării picăturilor de lichid, poate fi ușor înțeles dacă se are în vedere următoarele aspecte:**

- acțiunea duzei cu jet în evantai este aceea a transformării vânei de lichid de la ieșire, mai întâi într-o vână de lichid ce se lățește și se subțiază continuu (ajunge la lățimea L_B , lungimea x_B și grosimea h_B), până când începe să se destrame. Această lățire și subțiere are loc pe toată lungimea coerentă x_B ;

- vâna de lichid, care se deplasează în linie dreaptă diverge începând de la orificiul duzei, subțierea acesteia are loc proporțional cu lățirea, astfel încât în permanență să se satisfacă principiul conservării masei, rezultând în final o peliculă subțire de lichid de lățime L_B . Liniile curentului de lichid pot fi considerate ca fiind divergente de la un centru de presiune I_p , situat în amonte de orificiul duzei, către zona de formare a picăturilor (fig.4.2.b).

Se exprimă grosimea pânzei de lichid " h ", la orice distanță " x " de centrul de presiune I_p , sub forma:

$$h = \frac{k}{x} \quad \text{iar} \quad k = \frac{A}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad [m^2] \quad (4.2)$$

unde: - k este **constantă de atenuare** a pânzei de lichid (de lățire în plan orizontal, respectiv de subțiere în plan vertical și definită de Dombrowski [31];
 - θ , unghiul real de divergență a liniilor de curent, sau altfel spus, θ este unghiul real sub care pânza de lichid iese prin orificiul duzei, (în afara cazului când forma pânzei este limitată de geometria camerei înainte de orificiul de ieșire) [grade];
 - A , aria orificiului duzei [m²].

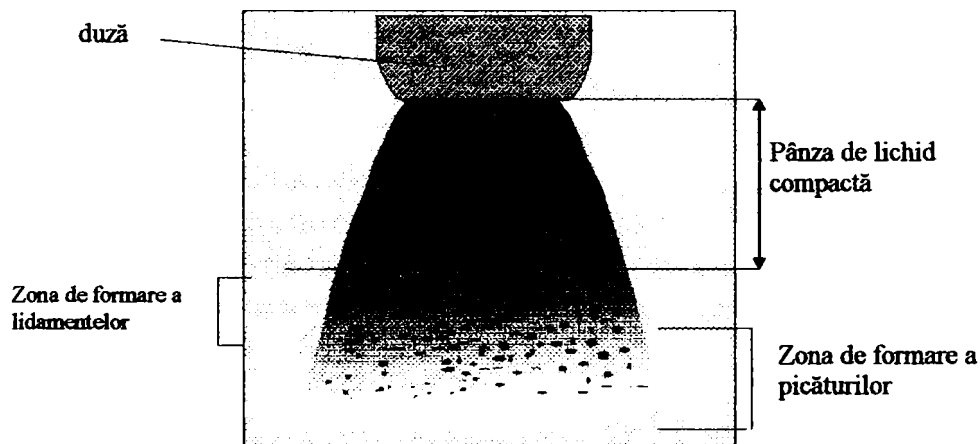
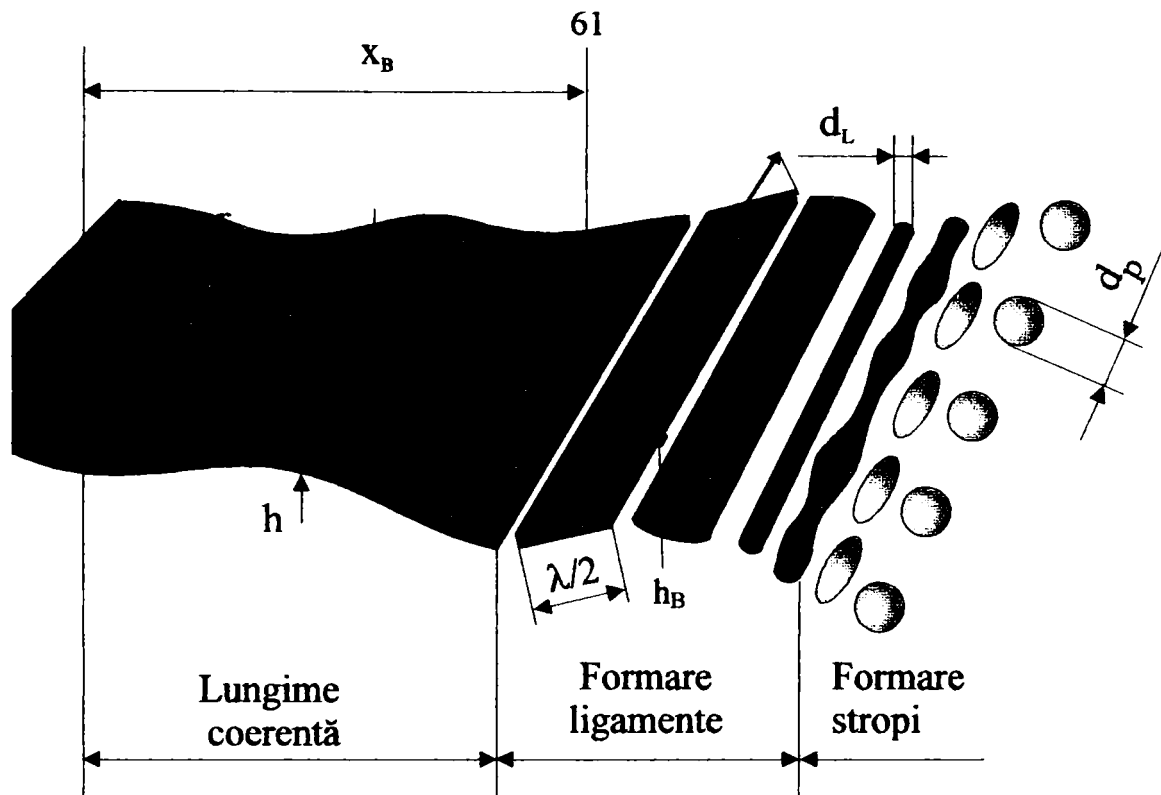


Fig.4.1. Modul de fragmentarea vânei de lichid (după[131])

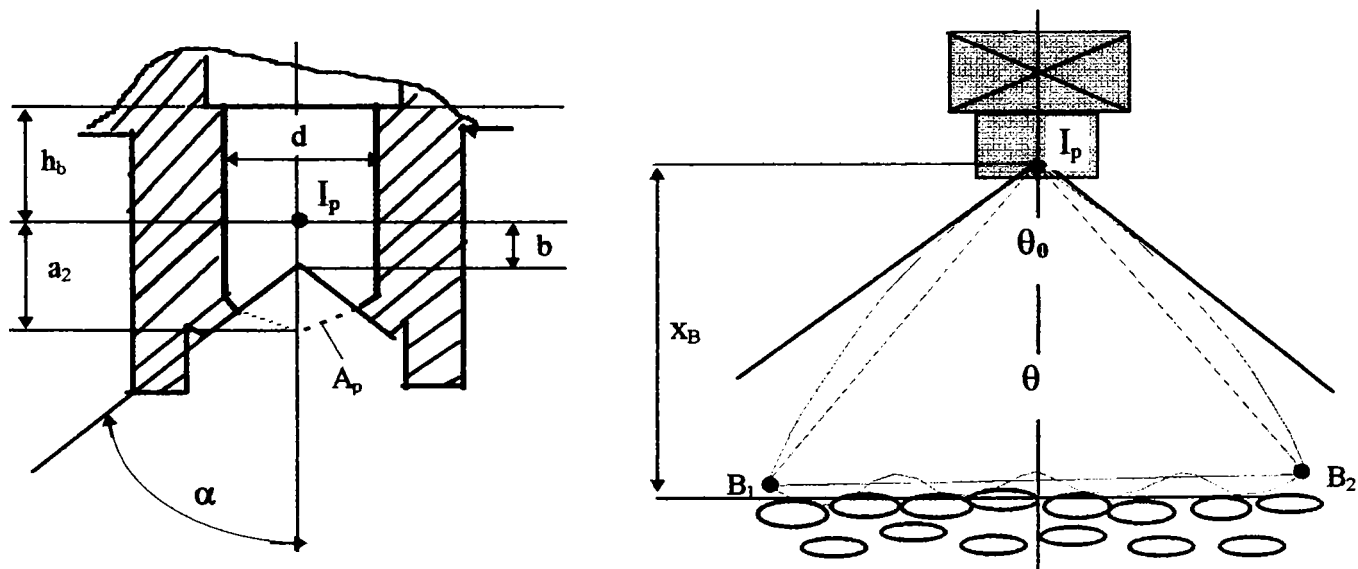


Fig.4.2.- Geometria pânzei de lichid produsă de duză[158].

a.- geometria internă a duzei; b.- geometria pânzei de lichid

d- orificiul interior de intrare a lichidului; b, h_b și a_2 - dimensiuni constructive ale duzei; α - unghiul de tăiere sub formă de V; A_p - proiecția ariei de ieșire a duzei; B_1 - B_2 marginea zdrențuită a vânei de lichid; x_B - lungimea coerentă a vânei; I_p - centrul de presiune; θ_0 - unghiul teoretic de dispersie a vânei de lichid; θ - unghiul real de dispersie a vânei de lichid;

În realitate, forțele datorate tensiunii superficial σ_1 , acționează asupra marginilor pânzei de lichid, curbându-le, unghiul efectiv sub care pânza părăsește duza este " θ ", mai mic decât θ_0 și este dependent de proprietățile fizice ale lichidului și presiunea la care lucrează duza.

Viteza pânzei de lichid " v_s " și debitul volumic se calculează cu relațiile [158].

$$v_s = c_v \sqrt{\frac{2p}{\rho_l}} \quad , \quad Q_v = c_Q A \sqrt{\frac{2p}{\rho_l}} \quad (4.3)$$

- unde: - $c_v = 0,71 - 0,83$, este coeficientul de viteză al duzei;
 - c_Q , coeficientul de debit (descărcare) al duzei;
 - p , presiunea de lucru [Pa];
 - ρ_l , densitatea lichidului [kg/m^3];
 - A , aria orificiului duzei [m^2].

Coeficientul de viteză $c_v \approx c_Q$ și prin combinațiile celor două relații (4.3) rezultă relația vitezei;

$$v_s = \frac{Q_v}{A} \quad (4.4)$$

Locul unde are loc ruperea (desprinderea) masei de lichid din care se formează ligamentele, poate fi considerat ca jumătate din lungimea de undă a oscilației pânzei de lichid, (adică la $\lambda/2$), exprimată prin relația:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \sigma_1}{N \cdot \rho_a \cdot v_s^2} \quad (4.5)$$

- unde: - N este raportul dintre numărul de oscilații ale suprafeței pânzei pentru un lichid cu vâscozitate finită și numărul de oscilații pentru un lichid fără vâscozitate (adimensional);
 - ρ_a , densitatea aerului în care se deplasează pânza de lichid, [kg/m^3];
 - σ_1 , tensiunea superficială la suprafața pânzei de lichid, [N/m];
 - v_s , viteza pânzei de lichid [m/s].

Raportul N este dependent de variabila X_2 , exprimată prin relația :

$$X_2 = \eta_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{k \cdot \rho_a^4 \cdot v_s^7}{72 \cdot \rho_l^2 \cdot \sigma_1^5}} \quad (4.6)$$

- unde: η_1 este coeficientul dinamic de vâscozitate al lichidului, [Ns/m^2].

Relația de dependență între N și X_2 , este definită după Dombrowschi și John [31] și are reprezentarea din fig.4.3.

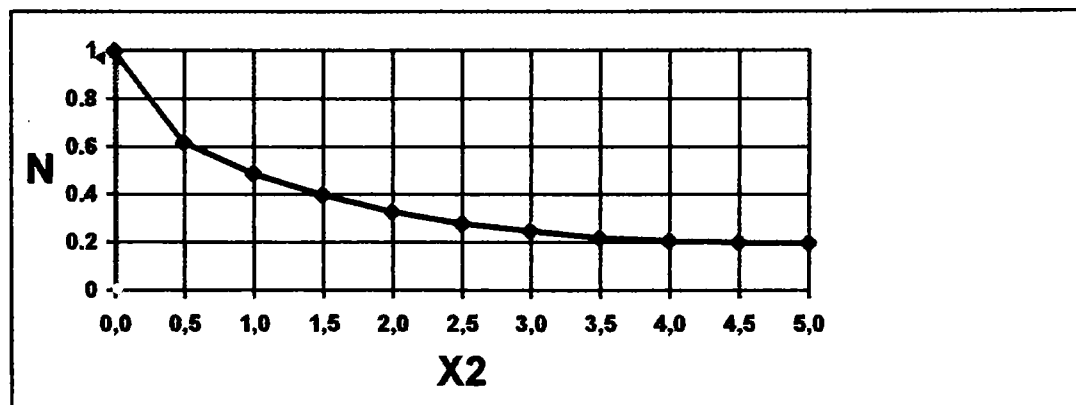


Fig.4.3.- Dependența între variabilele N și X_2

Diametrul ligamentelor (d_l), formate prin fragmentarea pânzei de lichid, este exprimat în funcție de variabilele X_1 și X_2 , prin relația :

$$d_L = 0,9616 \sqrt[6]{X_1} \cdot \sqrt[3]{1 + 2,6X_2} \quad [\text{m}] \quad \text{unde} \quad X_1 = \frac{k^2 \cdot \sigma_1^2}{\rho_a \cdot \rho_l \cdot v_s^4} \quad [\text{m}^6] \quad (4.7)$$

iar **diametrul picăturilor formate "d_p"**, exprimat în funcție de diametrul ligamentelor d_L este :

$$d_p = 1,88 \cdot d_L \cdot \sqrt[6]{1 + \frac{3\eta_l}{\sqrt{\sigma_1 \cdot \rho_l \cdot d_L}}} \quad [\text{m}] \quad (4.8)$$

Pentru a se ușura calculul nivelului de sarcină electrică cu care se încarcă unitatea de masă de lichid, este **nevoie** să fie cunoscute, atât grosimea pânzei de lichid în momentul ruperii "h_B", cât și lungimea coerentă a acesteia x_B, lungime ce trebuie să se afle sub influența directă a câmpului electric produs între electrozi și vână, moment când are loc încărcarea lichidului cu sarcină prin influență electrică. Aceste elemente, au fost determinate folosindu-se următorul raționament:

- desprinderea din pânza de lichid, formarea ligamentelor și apoi a picăturilor are loc într-un interval de timp foarte scurt, iar lungimea ligamentelor (pe direcția vitezei) este egală cu jumătate din lungimea de undă a oscilației pânzei, astfel că masa ligamentelor pe unitatea de lățime este egală cu masa pânzei din care a luat naștere, cu o lungime egală cu jumătatea lungimii de undă, pe aceeași unitate de lățime, adică:

$$\frac{\rho_l \pi d_L^2}{4} = \rho_l \frac{\lambda}{2} h_B \quad (4.9)$$

de unde rezultă grosimea h_B a pânzei de lichid la locul ruperii,

$$h_B = \frac{\pi d_L^2}{2\lambda} \quad (4.10)$$

iar **lungimea coerentă x_B**, unde are loc ruperea, se obține substituind pe "h_B" în relația (4.2), rezultând;

$$x_B = \frac{k}{h_B} = \frac{2\lambda k}{\pi d_L^2} = \frac{\lambda \cdot A}{\pi \cdot d_L^2 \cdot \sin \frac{\theta}{2}} \quad (4.11)$$

Efectul de încărcare electrostatică, teoretic trebuie să crească odată cu creșterea amplitudinii oscilației pânzei de lichid, efect care poate fi justificat prin creșterea densității aerului în zona pânzei de lichid. Unii autori[31], au arătat că această creștere este neglijabilă, de aceea nici nu s-a mai insistat și calculat.

Pentru folosirea în practică, formulele de calcul a caracteristicilor picăturii pot fi approximate. Considerând valorile caracteristicilor fizice ale lichidului toxic (soluții pe bază de apă) și ale aerului, prezentate în literatura de specialitate, (tabelul 4.1) și considerând duza tipică pentru agricultură Teejet 8001 care lucrează la o presiune de 400 [kPa], la un debit Q_v = 7,6 · 10⁻⁶ [m³/s], secțiunea orificiului A = 0,34 · 10⁻⁶ [m²] și adoptând θ egal cu unghiul nominal de 80°, se obține: din ecuația (4.6), X₂ = 0,0023; din ecuația (4.7), termenul (1+2,6·X₂)^{1/3} = 1,001; din ecuația (4.8), termenul (1+3η_l(ρ_l·σ_l·d_L)^{-1/2})^{1/6} = 1,006. Aceste aproximații pot suplini ignorarea forțelor datorate vâscozității lichidului toxic folosit la combatere. În cazul apei, procesul de destrămarea a pânzei este aproape insensibil la schimbările de vâscozitate.

Valorile unor caracteristici fizice ale lichidului și aerului

Tabelul 4.1

Simbolul	Valoarea	Unitatea de măsură
η _l (lichid)	1,01 · 10 ⁻³ ... 1,05 · 10 ⁻³	Ns/m ² sau kg/m.s
ρ _l (lichid)	1.000	kg/m ³
σ _l (lichid)	~ 73 · 10 ⁻³	N/m sau kg/s ²
ρ _a (aer)	1,21	kg/m ³

Luând în considerare aproximațiile din ecuațiile, (4.8), și (4.9), va rezulta diametrul picăturilor d_p:

$$d_p = 1,45 \cdot \sqrt[3]{\frac{A}{c_Q^2 \cdot p \cdot \sin \frac{\theta}{2}}} \quad (4.12)$$

O altă aproximare ar fi posibilă dacă se consideră coeficientul de descărcare C_Q constant pentru

toate duzele, deși acesta este diferit în funcție de dimensiunile duzei (tipul duzei), însă în limite mici. Calculat pentru datele de catalog ale duzei, propuse de fabricant, are valorile prezentate în tabelul 4.2.

Caracteristicile principale ale duzelor

Tabelul 4.2

Tip duză	8002	80015	8001	2501	4001	6501	11001	800067	800050	800039	800033	800025	800017
Unghiul nom	80	80	80	25	40	60	110	80	80	80	80	80	80
Mărimea	0,02	0,015	0,01					0,0067	0,0050	0,0039	0,0033	0,0025	0,0017
A (m ² ·10 ⁶)	0,656	0,487	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,223	0,164	0,130	0,114	0,086	0,061
c ₀	0,83	0,83	0,78					0,81	0,82	0,81	0,78	0,78	0,71

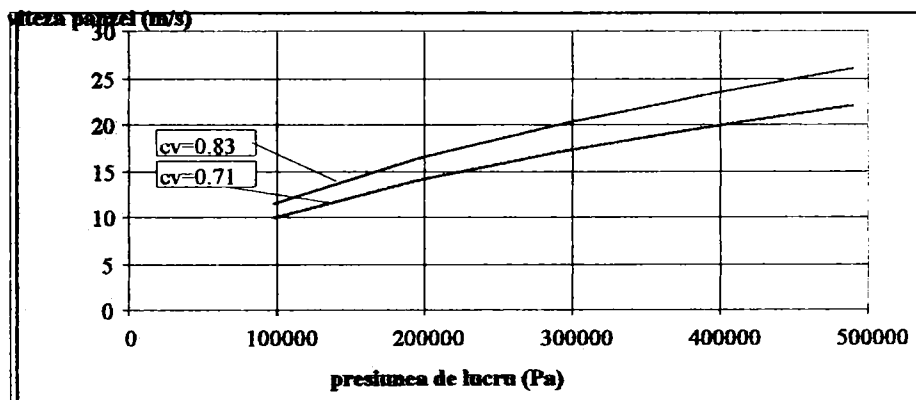
Din relația (4.12) se observă proporționalitatea lui d_p cu termenul $(c_0)^{-2/3}$ a cărei valoare medie calculată cu datele din tabelul 4.2, este de 1,16, abaterea fiind de 0,05. Utilizarea valorii de 1,16 în loc de valorile individuale date în tabel, va rezulta o eroare a lui d_p de aproximativ 4 %, iar relația (4.12) devine:

$$d_p \approx 1,68 \cdot \sqrt[3]{\frac{A}{p \cdot \sin \frac{\theta}{2}}} \quad [\text{m}] \quad (4.13)$$

Relația (4.13) exprimă faptul că diametrul picăturilor care pot fi realizate cu duzele Teejet, este determinat de mărimea orificiului duzei (reprezentat prin aria A), presiunea la care lucrează duza și unghiul de dispersie a lichidului. Pentru duza Teejet 8001, cea mai folosită în producție ($A=0.00000034 \text{ m}^2$, $\theta = 80^\circ$), coeficientul de contracție după relația (4.3) este, $k = 2.66 \cdot 10^{-7}$.

Viteza pânzei de lichid " v_s " calculată cu relația (4.3), pentru, $\rho_l=10^3 \text{ kg/m}^3$, $\sigma_l=73 \cdot 10^{-3}$, $\eta_l=1,01 \cdot 10^{-3}$, $\rho_a=1,21 \text{ kg/m}^3$, este reprezentată în fig.4.4.

presiunea de lucru (Pa)	Viteza v_s	
	$c_v=0.71$	$c_v=0.83$
98.100	9.945	11.625
196.200	14.064	16.441
294.300	17.225	20.136
392.400	19.890	23.251
490.500	22.237	25.996

Fig.4.4. Variația vitezei v_s în funcție de presiune și coef. c_v

Variabilele X_2 și X_1 sunt calculate pentru mai multe viteze ale pânzei de apă " v_s ", rezultând un domeniu cuprins între 0.000335 și 0.003157, pentru X_2 , respectiv între $6,77 \cdot 10^{-24}$ și $3,16 \cdot 10^{-23} [\text{m}^6]$ pentru X_1 (tabelul 4.3).

Variabilele X_1 , X_2 și diametrul ligamentelor și picăturilor

(Tabelul 4.3)

v_s (rel.4.3) (m/s)	X_1 (rel.4.7) (m ⁶)	X_2 (rel.4.6)	d_l (rel.4.7) (m)	d_p (rel.4.8) (m)	d_p (rel.4.13) (m)
9.945	$3.16 \cdot 10^{-23}$	0.000335	0.000171	0.000323	0.0002191
14.064	$7.9 \cdot 10^{-24}$	0.000753	0.000136	0.000256	0.0001739
17.225	$3.51 \cdot 10^{-24}$	0.001208	0.000119	0.000224	0.0001519
19.890	$1.98 \cdot 10^{-24}$	0.001690	0.000108	0.000204	0.0001380
22.237	$1.2 \cdot 10^{-24}$	0.002193	0.0001	0.000189	0.0001281
11.625	$1.69 \cdot 10^{-23}$	0.000483	0.000154	0.000291	
16.441	$4.23 \cdot 10^{-24}$	0.001084	0.000122	0.000231	
20.136	$1.88 \cdot 10^{-24}$	0.001740	0.000107	0.000202	
23.251	$1.06 \cdot 10^{-24}$	0.002433	0.000097	0.000184	
25.996	$6.77 \cdot 10^{-24}$	0.003157	0.0000903	0.000171	

Caracteristicile vânei de lichid (λ , h_B și x_B) au fost determinate cu relațiile: (4.5), (4.10) și 4.11, limitele de variație fiind prezentate în tabelul 4.4.

Caracteristicile pânzei de lichid

(Tabelul 4.4)

v_s	d_L	λ	h_B	x_B
9,94507	0,000171	0,007661	5,99248E-06	0,044389
14,0645	0,000136	0,003831	7,57993E-06	0,035093
17,2254	0,000119	0,002554	8,70508E-06	0,030557
19,8901	0,000108	0,001915	9,56265E-06	0,027817
22,2379	0,0001	0,00153	1,02614E-05	0,025922
11,6259	0,000154	0,005606	6,64183E-06	0,040049
16,4415	0,000122	0,002803	8,33674E-06	0,031907
20,1367	0,000107	0,001869	9,61741E-06	0,027658
23,2519	0,0000972	0,0011402	1,058E-05	0,025142
25,9964	0,0000903	0,001121	1,14201E-05	0,023292

Concluzii:

- prin această metodă aproximativă, se obține un spectru de picături cuprins între: **170 - 322 μm** , spectru destul de restrâns;
- în raport de caracteristicile fizice ale lichidelor toxice, se adoptă **$\lambda = 1,53 \text{ mm}$** ;
- lungimea coerentă a pânzei de lichid x_B și grosimea h_B sunt dependente de viteza pânzei :
 $x_B = (23 - 40) \text{ mm}$; $h_B = 5 - 11 \mu\text{m}$;

4.1.2.- Calculul parametrilor picăturilor prin bilantul de energie și bilanțul forțelor.

Metoda permite dezvoltarea unor relații ce exprimă dependența caracteristicilor picăturii (mărime/viteză) de viteza pânzei (peliculei) de lichid

Luând în considerare modul de curgere a lichidului la intrarea și ieșirea din duză (fig.4.2 a), viteza medie de intrare a lichidului prin orificiul interior "d" și viteza de ieșire a pânzei prin orificiul duzei, sunt date de:

$$v_i = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2} \quad v_s = c_d \sqrt{v_i^2 + \frac{2\Delta p}{\rho_1}} \quad \text{sau} \quad v_s = \sqrt{\frac{2\eta_1 \cdot p}{\rho_1}} \quad [\text{m/s}] \quad (4.14)$$

- unde:
- c_d este coeficientul general de descărcare al orificiului duzei, (tabelul 4.5);
 - Q , debitul de lichid care curge prin orificiul duzei, [m^3/s];
 - Δp , diferența de presiune între fața și spatele orificiului, [kPa];
 - ρ_1 , densitatea lichidului utilizat [kg/m^3];
 - p , presiunea de lucru a duzei [kPa].
 - η_1 , coeficientul de eficiență a pulverizării ($\eta_1=80\%$)[136];

Elementele caracteristice constructive ale unor categorii de duze sunt prezentate în tabelul 4.5

Datele constructive pentru duzele Teejet (după Q.Zhou ș.a.[158])

Tabelul 4.5

Grup	Tip duză	Codul	Unghiul nominal [°]	d [mm]	α [°]	b [mm]	a_2 [mm]	A_p [mm^2]	c_d	$c_d A_p$ [mm^2]
I	1	A	110°	2,30	12,5	0,00	1,44	1,11	0,93	1,03
	2	A	80°	1,72	22,5	0,00	1,07	1,06	0,93	0,99
II	3	B	110°	3,12	11,8	-0,24	1,56	2,17	0,96	2,08
	4	B	95°	3,12	16,0	0,00	1,56	2,11	0,98	2,07
	5	B	80°	2,76	22,0	0,05	1,38	2,15	0,94	2,02
	6	B	65°	3,12	27,0	0,45	1,56	2,29	0,91	2,08
	7	B	50°	3,12	33,0	0,96	1,98	2,25	0,92	2,07
	8	B	40°	2,76	40,0	0,72	1,60	2,17	0,93	2,02
	9	B	25°	3,12	47,5	0,90	1,56	2,17	0,96	2,08
	10	B	15°	3,12	56,5	0,99	1,56	2,25	0,92	2,07

Domeniul de variație a vitezei pânzei de lichid în funcție de debit și presiune este cuprins între: 13,9 - 32,77 m/s (tabelul 4.6).

Domeniul de variație a vitezei pânzei de lichid în funcție de debit și presiune este cuprins între: 13,9 - 32,77 m/s (tabelul 4.6).

Viteza pânzei de lichid v_s pentru diferite debite și presiuni

Tabelul 4.6

Q [l/min]	v_s [m/s]	Viteza pânzei de lichid v_s pentru p				
		100 [kPa]	200 [kPa]	300 [k Pa]	400 [kPa]	500 [k Pa]
0,5	1,090	13,900	19,629	24,028	27,739	31,008
1,0	2,180	14,023	19,716	24,099	27,800	31,063
1,5	3,270	14,225	19,860	24,218	27,903	31,155
2,0	4,360	14,503	20,060	24,382	28,046	31,283
2,5	5,450	14,853	20,314	24,592	28,228	31,447
3,0	6,540	15,269	20,621	24,846	28,450	31,646
3,2	6,976	15,454	20,758	24,959	28,549	31,735
3,5	7,630	15,748	20,978	25,142	28,709	31,879
4,0	8,720	16,282	21,382	25,480	29,006	32,147
4,5	9,810	16,867	21,831	25,858	29,338	32,447
5,0	10,901	17,498	22,322	26,274	29,705	32,779

Formarea picăturilor prin destrămarea pânzei de lichid, poate fi explicată corect prin **bilanțul de energie și bilanțul forțelor**, un proces în care o masă mică de lichid Δm cuprinsă în pânda de lichid, (masă ce inițial se consideră fără suprafețe de separare, dar care se separă ulterior din aceasta), se separă din aceasta transformându-se într-o picătură de lichid, de un anumit diametru " d_p " și cu o anumită viteză v_p , sub efectul combinat al vâscozității dinamice η_l , tensiunii superficiale σ_l și greutateii. Separarea masei din pelicula de lichid, pentru formarea picăturii, are loc după direcția " r " (fig.4.5), caracterizată prin unghiul ϕ . Când masa Δm este cuprinsă în pelicula de lichid se consideră că $v_{\Delta m} \rightarrow v_s$, iar când s-a transformat în picătură, se consideră $v_{\Delta m} \rightarrow v_{pr}$.

Stabilirea dependenței dintre parametri, **mărime - viteză**, va permite corelația dintre ei în orice situație și moment; caracterizarea comportării ulterioare a picăturilor formate atât în momentul încărcării cu sarcină cât și pe parcursul deplasării și depunerii lor pe plante, stabilirea domeniului de valori pentru diametrul picăturilor (minim $d_{p \min}$ și maxim $d_{p \max}$). În acest caz, pentru diferite condiții de vâscozitate și tensiune superficială, acestora li se asociază: numărul Weber, Bond's, Reynold sau combinat [134].

Pentru ușurința dezvoltării relațiilor ce descriu procesul de fragmentare, se pornește de la următoarele ipoteze:

- marginea liberă a pânzei de lichid la distanța x_B se formează numai în momentul în care se atinge echilibrul între forțele de inerție și forțele generate de tensiunea superficială; în această regiune, pânda începe să se destrame aproape direct în picături, de diametru d_p (fig.4.5)

- diferența dintre energia lichidului la ieșirea din duză și energia consumată cu ruperea pânzei, constituie energia consumată pentru formarea picăturilor, plus energia rămasă pentru comportarea lor ulterioară.

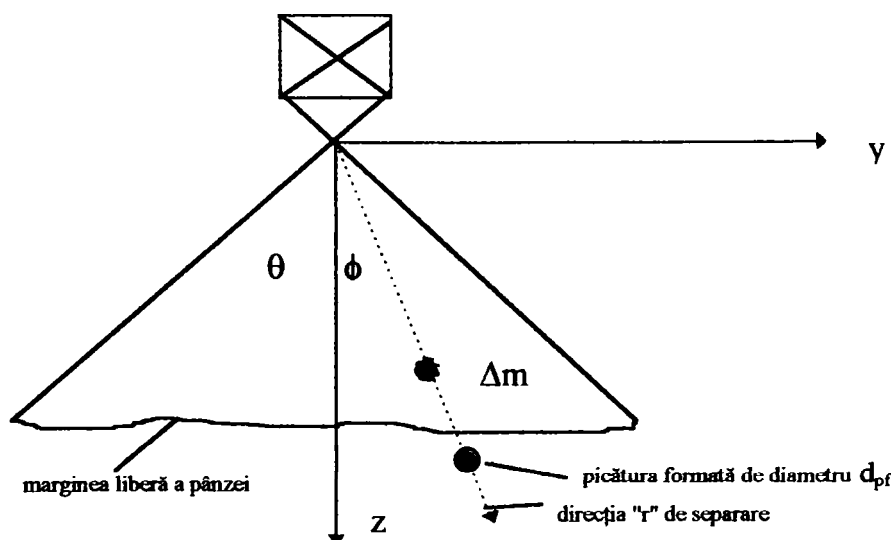


Fig.4.5 Duza cu jet simetric.

θ unghiul de dispersie; ϕ unghiul ce definește direcția " r " de separare; x, y, z axele de coordonate

Scrierea ecuațiilor bilanțului de energie pentru masa Δm , se face în condițiile următoarelor ipoteze:

- 1.- masa de lichid Δm cuprinsă în pânda de lichid din care va rezulta picătura, se consideră inițial fără suprafețe de separare; conform acestei ipoteze, forțele datorate tensiunii superficiale a lichidului nu sunt active;
- 2.- masa de lichid odată separată, este supusă acțiunii tensiunii superficiale, vâscozității și gravității;
- 3.- masa separată, până se transformă în picături, nu-și schimbă energia termică internă, adică nu există fenomenul de evaporare;
- 4.- masa se conservă: masa picăturii rezultate va fi aceeași cu a masei Δm din care provine, adică;

$$\Delta m = \rho_l \cdot V_p = \rho_l \cdot \frac{\pi \cdot d_p^3}{6} \quad (4.15)$$

Ecuația bilanțului de energie se scrie sub forma:

$$E_{cs} + \Delta E_g = E_\eta + E_\sigma + E_{cp} + E_{ra} \quad (4.16)$$

unde: E_{cs} este energia cinetică a masei Δm , când se găsește în pânda de lichid;

- ΔE_g , variația energiei potențiale pe perioada formării picăturii (între momentul desprinderii și momentul formării picăturii);
- E_η , energia consumată pentru învingerea frecărilor la separare datorită vâscozității;
- E_σ , energia consumată pentru învingerea efectului tensiunii superficiale;
- E_{cp} , energia cinetică a masei Δm , transformată în picatură de diametru d_p ;
- E_{ra} , energia consumată pentru învingerea rezistenței aerului care se opune deplasării picăturii.

Dacă inițial, se neglijează E_{ra} și se consideră că picătura formată se deplasează fără a fi influențată de rezistența aerului, ecuația de bilanț a energiei apare fără termenul E_{ra} . Scrisă prin exprimarea energiilor, relația (4.16) devine;

$$\frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_{s,r}^2 + \Delta m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot \eta_l \cdot v_{s,r} + \pi \cdot d_p^2 \cdot \sigma_l + \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_{p,r}^2 \quad (4.17)$$

energia masei înainte de separare.

energia consumată pentru învingerea
efectelor datorate tensiunii superf. și vâscozității

energia cinetică ce
rămâne picăturii

sau
$$\frac{1}{12} \rho_l \pi d_p^3 v_{s,r}^2 + \frac{1}{6} \pi d_p^3 g \Delta h = \frac{1}{12} \rho_l \pi d_p^3 v_{p,r}^2 + \pi d_p^2 \sigma_l + \frac{1}{4} d_p^2 \eta_l v_{s,r}$$
 din care se obține:

$$d_p = \frac{12\sigma_l + 3\eta_l \cdot v_{s,r}}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - v_{p,r}^2)} \quad (4.18)$$

în care: - d_p este diametrul final al picăturii formate [m];

- $v_{s,r}$, viteza masei Δm , când se află în pânda de lichid pe direcția " r ", [m/s];
- ρ_l , densitatea lichidului, [kg/m³];
- σ_l , tensiunea superficială a lichidului, [N/m];
- η_l , coeficientul de vâscozitate dinamică a lichidului, [N.s/m²];
- g , accelerația gravitațională, [m/s²];
- Δh , distanța pe direcția " r ", între locul de separare a masei Δm și locul de formare a picăturii [m].

Domeniul diametrelor minime $d_{p, \min}$ ale picăturilor, se obține în condițiile în care $v_{p,r} = 0$ (picături mici cu energie zero), de-a lungul liniei de separare, pentru vitezele pânzei v_s ;

$$d_{p, \min} = \frac{12\sigma_l + 3\eta_l \cdot v_{s,r}}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g \cdot \Delta h)} \quad (4.19)$$

În mod similar, domeniul diametrelor maxime $d_{p, \max}$, tot pe direcția de separare, se obține pentru $v_{p,r} = v_{s,r}$.

$$d_{p,\max} = \frac{12 \cdot \sigma_1 + 3\eta_1 \cdot v_{s,r}}{2\rho_1 \cdot g \cdot \Delta h} \quad (4.20)$$

Dacă se are în vedere și efectul aerului ambiant în momentul formării picăturilor și deplasarea acestora, adică antrenarea aerului de către picături (fluxul de aer creat de mișcarea picăturilor), influența mutuală între picături (interacțiunea câmpurilor de aer create de deplasarea acestora), efectul combinat al tuturor acestor factori, poate fi implicat în modul în care forța de rezistență a aerului acționează asupra unei picături care se formează:

$$F_{ra} = \frac{1}{2} \rho_a C_{re} A v_r^2 \quad (4.21)$$

unde: - C_{re} este coeficientul efectiv de rezistență a aerului la deplasarea picăturii;
 - ρ_a , densitatea aerului, [kg/m³];
 - $A = \pi d_p^2 / 4$, aria picăturii pe direcția de deplasare [m²];
 - v_r , viteza relativă a aerului față de picătură [m/s].

Coeficientul efectiv de rezistență a aerului C_{re} [134], [136'], este definit în situația $2g\Delta h \ll v_{sr}^2$ prin relația:

$$C_{re} = k \left(1 - \frac{d_{p,\min}}{d_p} \right)^n \quad (4.22)$$

unde k ($k > 0$) și n ($n \geq 0$) sunt parametrii constanți.

Viteza relativă din relația (4.21), poate fi aproximată prin viteza medie dintre viteza pânzei de lichid $v_{s,r}$, și

$$\text{viteza picăturii pe direcția "r":} \quad v_r = \frac{v_{p,r} + v_{s,r}}{2} \quad (4.23)$$

Din relațiile (4.21), (4.22) și (4.23), energia E_{ra} din ecuația (4.16), consumată pentru învingerea rezistenței aerului la deplasare, are forma:

$$E_{ra} = F_{ra} \cdot \Delta r = \frac{\pi}{32} \rho_a k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \cdot \Delta r \quad (4.24)$$

unde Δr este distanța pe direcția de separare până la locul de formare a picăturii.

Pentru aceleași condiții de influență a aerului asupra separării lichidului și formării picăturilor, energia E_η , se exprimă în termenii unei viteze caracteristice echivalente, odată cu modificarea vitezei masei Δm , din momentul separării și până în momentul transformării în picătură ($v_{s,r} \rightarrow (v_{s,r} - v_{p,r})$):

$$E_\eta = \frac{\pi d_{pf}^2}{4} \eta_1 (v_{s,r} - v_{p,r}) \quad (4.25)$$

Ecuația de bilanț (4.17) devine:

$$\frac{\pi}{12} \cdot \rho_l \cdot d_p^3 \cdot v_{s,r}^2 + \frac{\pi}{6} \cdot \rho_l \cdot d_p^3 \cdot g \cdot \Delta h = \frac{\pi}{12} \cdot \rho_l \cdot d_p^3 \cdot v_{p,r}^2 + \pi \cdot d_p^2 \cdot \sigma_1 + \frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 \cdot \eta_1 (v_{s,r} - v_{p,r}) + \frac{\pi}{32} \cdot \rho_a \cdot d_p^2 \cdot k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \cdot \Delta r$$

Dacă se consideră că, distanța la care se formează picătura, este egală chiar cu d_p , se obține:

$$d_p = \frac{12 \cdot \sigma_1 + 3\eta_1 (v_{s,r} - v_{p,r}) + 0,375 \cdot \rho_a \cdot k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \cdot \Delta r}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - v_{p,r}^2)} \quad (4.26)$$

Dacă $v_{p,r} = 0$, rezultă $d_{p,\min}$, iar dacă $v_{p,r} = v_{s,r}$ se obține $d_{p,\max}$.

Din bilanțul forțelor pentru o picătură care se separă pe direcția "r" din pânda de lichid (fig.4.6), unde se consideră ansamblul forțelor care acționează asupra masei Δm , ecuația de mișcare pe direcția "r" este:

$$m\vec{a}_r = \vec{G}_r - \vec{R}_r \quad \text{sau} \quad \vec{G}_r - m\vec{a}_r = \vec{R}_r \quad \text{sau} \quad \vec{F}_r = \vec{R}_r \quad (4.27)$$

unde:

$$\vec{F}_r = \vec{G}_r - m\vec{a}_r = \rho_l \cdot \frac{\pi d_p^3}{6} \cdot g \cdot \cos \varphi - \frac{\pi d_p^3}{6} \cdot \frac{dv_{\Delta m, r}}{dt} \quad (4.28)$$

și reprezintă rezultanta forțelor pe direcția de deplasare;

- \vec{R}_r , rezultanta forțelor de rezistență care se opun deplasării masei Δm .

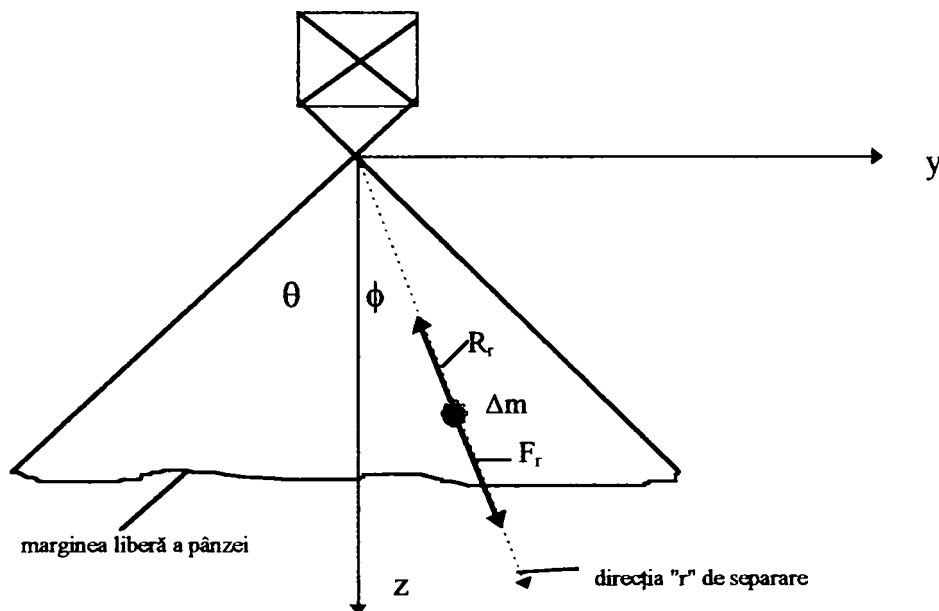


Fig.4.6.- Forțele care acționează asupra masei Δm din vâna de lichid.

Știind că,

$$\begin{aligned} R_r = F_\sigma + F_\eta + F_{ra} &= \pi d_p \cdot \sigma_1 + \frac{\pi \cdot d_p}{4} \cdot \eta_l (v_{s,r} - v_{p,r}) + \frac{1}{2} A \cdot \rho_a \cdot C_{re} \cdot v_{rel}^2 = \\ &= \pi d_p \left(\sigma_1 + \frac{1}{4} \eta_l (v_{s,r} - v_{p,r}) + \frac{1}{32} \cdot \rho_a \cdot d_p \cdot k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \right) \end{aligned} \quad (4.29)$$

ecuația bilanțului forțelor devine:

$$\rho_l \cdot \frac{\pi d_p^3}{6} \cdot g \cdot \cos \varphi - \frac{\pi d_p^3}{6} \cdot \frac{dv_{\Delta m, r}}{dt} = d_p \left(\sigma_1 + \frac{1}{4} \eta_l (v_{s,r} - v_{p,r}) + \frac{1}{32} \cdot \rho_a \cdot d_p \cdot k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \right)$$

Exprimând $\frac{dv_{\Delta m, r}}{dt} = \frac{dv_{\Delta m, r}}{dr} \cdot \frac{dr}{dt} = \frac{\Delta v_{\Delta m, r}}{\Delta r} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t}$ și estimându-se

$\Delta v_{\Delta m, r} = v_{p,r} - v_{s,r}$ și $\frac{\Delta r}{\Delta t} = v_m = \frac{v_{s,r} + v_{p,r}}{2}$, se obține:

$$\frac{\Delta v_{\Delta m, r}}{\Delta r} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{v_{p,r}^2 - v_{s,r}^2}{2\Delta r} = - \frac{(v_{s,r}^2 - v_{p,r}^2)}{2\Delta r} \quad (4.30)$$

unde Δr este distanța parcursă de picătură pe direcția "r" în intervalul de timp Δt și $\Delta r = d_p$.

Relația ce exprimă diametrul picăturii are forma:

$$d_p = \frac{12 \cdot \sigma_1 + 3\eta_l (v_{s,r} - v_{p,r}) + 0,375 \cdot \rho_a \cdot k \left(\frac{v_{p,r}}{v_{s,r}} \right)^{2n} (v_{s,r} + v_{p,r})^2 \cdot \Delta r}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g(\Delta r) \cos \varphi - v_{p,r}^2)} \quad (4.31)$$

Scrisă după direcțiile x și y, unde:

$$v_{s,r} = \frac{v_{s,x}}{\sin \varphi}; \quad v_{d,r} = \frac{v_{d,r}}{\sin \varphi}; \quad \Delta r = \frac{\Delta x}{\sin \varphi}; \quad \Delta h = \frac{\Delta h, x}{\sin \varphi},$$

se obține diametrul picăturii în condițiile în care desprinderea masei Δm , din pânza de lichid se face după direcția x [35].

$$d_p = \frac{12 \cdot \sigma_1 \sin^2 \varphi + 3\eta_l (v_{s,x} - v_{p,x}) \sin \varphi + 0,375 \cdot \rho_a \cdot k \left(\frac{v_{p,x}}{v_x} \right)^{2n} (v_{s,x} + v_{p,x})^2 \cdot \frac{\Delta r}{\sin \varphi}}{\rho_l (v_{s,x}^2 + 2g\Delta h, x \sin \varphi \cos \varphi - v_{p,x}^2)} \quad (4.32)$$

În mod asemănător, pentru direcția z ($\phi=0$), se obține:

$$d_p = \frac{12 \cdot \sigma_1 + 3\eta_l (v_{s,z} - v_{p,z}) + 0,375 \cdot \rho_a \cdot k \left(\frac{v_{p,z}}{v_{s,z}} \right)^{2n} (v_{s,z} + v_{p,z})^2 \cdot \Delta z}{\rho_l (v_{s,z}^2 + 2g\Delta h_z - v_{p,z}^2)} \quad (4.33)$$

Relația (4.33) este utilă la compararea parametrilor calculați cu parametrii măsurați experimental după direcția z.

Relația (4.26), ce exprimă valoarea diametrului picăturii din condiția bilanțului de energie și relația (4.31), rezultată din condiția bilanțului forțelor, sunt identice numai când $\Delta r = d_p$, ceea ce înseamnă că procesul de separare a picăturii din pânza de lichid are loc pe direcția "r", la o distanță de pânză, egală cu diametrul picăturii "d_p". În cazul acestei egalități, relația (4.26) se apropie de relația (4.31).

Analizele privind efectul forței de rezistență a aerului de-a lungul axei z ($\Delta h = \Delta r$, $\phi = 0$), în condițiile unei pânze de lichid toxic pe bază de apă aflată în aer, cu o viteză de 17,93 m/s, $k = 0,67$ și $n = 3,5$, au arătat că vitezele picăturilor la distanțe cuprinse între (0 - 25) d_p, nu sunt afectate decât în mică măsură. Diferența între viteza pânzei și a celei mai mari picături (500 μm) este de 0,30 m/s.

Din aceste considerente, efectul forței de rezistență a aerului în timpul separării picăturii din pânza de lichid, poate fi neglijat, iar relațiile (4.26) și (4.31) pentru $\Delta r \rightarrow d_p$, sunt identice și au forma relației (4.18), cu variantele d_{p,min} (4.19) și d_{p,max} (4.20). Relația (4.19) scoate în evidență corelarea diametrelor minime ale picăturii în raport cu viteza pânzei v_s, care la distanța Δr, ajung să aibă viteza v_{pr} = 0, corelare prezentată grafic în fig.4.7

v _s	d _{pf, min}
1	63.97598253
2	52.69175627
3	40.7125115
4	30.90187891
5	23.61287758
6	18.34591711
7	14.53206997
8	11.73103987
9	9.63590783
10	8.038850452
11	6.799237326
12	5.820849815
13	5.036810829
14	4.399827537
15	3.875872802
16	3.440053583
17	3.073871545
18	2.763378274
19	2.497912988
20	2.269225178
25	1.49237934
30	1.059337818
35	0.793421882
40	0.618326575
45	0.496800377
50	0.408916163

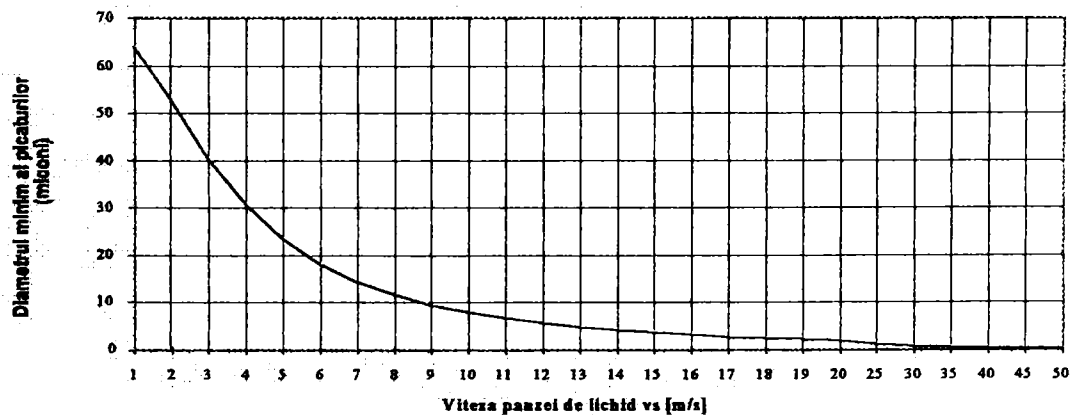
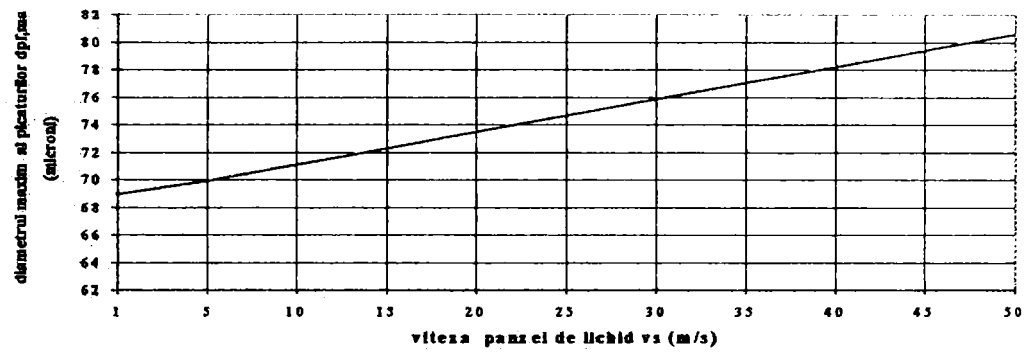


Fig.4.7.- Variația diametrului minim $d_{pf, min}$ în funcție de viteza pânzei v_s

Similar, dacă pentru $v_{pf} = v_s$, picătura care se formează are energie mare, (d_p mare). Domeniul diametrelor maxime $d_{p,max}$, rezultă din relația (4.20) a cărei dependență de viteza pânzei de apă v_s , este reprezentată în fig.4.8

v_s	$d_{pf,max}$
1	68.99764521
5	69.94897959
10	71.13814757
15	72.32731554
20	73.51648352
25	74.70565149



30	75.89481947
35	77.08398744
40	78.27315542
45	79.46232339
50	80.65149137

Fig.4.8.- Domeniul diametrelor $d_{p,max}$ în funcție de v_s

Dacă viteza pânzei de lichid în regiunea de rupere este viteza maximă $v_{s,max}$, obținută la presiuni mari și se consideră că $2g\Delta h \ll v_{s,max}^2$, (energia cinetică este mare în comparație cu cea potențială ceea ce înseamnă că picătura se deplasează pe direcția "r"), se obține domeniul celor mai mici diametre $d_{pf,MIN}$, rezultat din ecuația (4.19) sub forma:

$$d_{pf,MIN} = \frac{12\sigma_l + 3\eta_l \cdot v_{s,max}}{\rho_l \cdot v_{s,max}^2} \quad (4.34)$$

iar corelația între acesta și viteza pânzei este reprezentată în fig.4.9;

$v_{s,max}$	$d_{pf,MIN}$
20	2.3
25	1.5
30	1.1
35	0.8
40	0.6
45	0.5
50	0.4

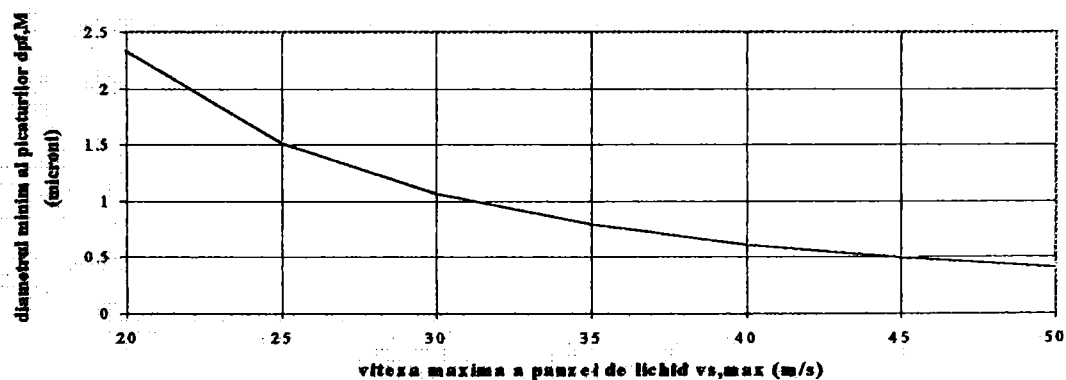


Fig.4.9.- Variația diametrului $d_{pf,MIN}$ în funcție de viteza v_s

Similar pentru ecuația (4.20), limita maximă a diametrelor maxime, $d_{pf,MAX}$ al picăturilor, se exprimă prin relația:

$$d_{pf,MAX} = \frac{12\sigma_l + 3\eta_l \cdot v_{s,max}}{2\rho_l g \Delta h} \quad (4.35)$$

iar reprezentarea grafică este prezentată în fig.4.10.

V_s	$d_{pf,MAX}$
20	73.5165
25	74.7057
30	75.8948
35	77.084
40	78.2732
45	79.4623
50	80.6515

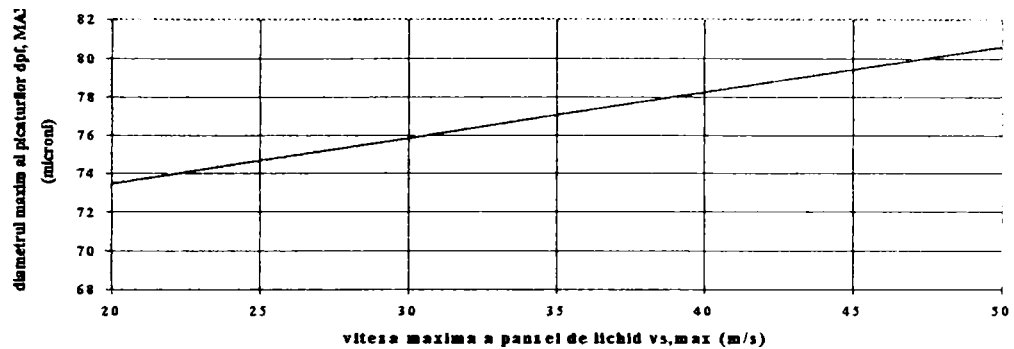


Fig.4.10.- Variația diametrului $d_{pf,MAX}$ în funcție de viteza v_s

Pentru cazul lichidelor toxice pe bază de apă, $\sigma_a = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m, $\eta_a = 1,01 \cdot 10^{-3}$ Ns/m², $\rho_a = 10^3$ Kg/m³ și pentru viteze v_s foarte mari, se obțin picături cu valori mici ale $d_{pf,MIN}$ (din relația 4.19), respectiv picături care la formare au viteze mari au și diametre mari, $d_{pf,max}$ (4.10.) reprezentate în fig.4.9 și fig.4.10. Pentru viteze $v_{s,max} = 20$ m/s, se obține o valoare pentru $d_{pf,MIN} = 2,3$ μ m, iar pentru viteza $v_{s,max} = 30$ m/s, se obține $d_{pf,MIN} = 1,0$ μ m.

Dependența între mărimea și viteza picăturii imediat după formare, se poate stabili plecând de la relația (4.18) de unde rezultă:

$$v_{p,r} = \sqrt{v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - \frac{12\sigma_l + 3\eta_l v_{s,r}}{\rho_l d_p}} \quad (4.36)$$

Relația (4.36) exprimă influența caracteristicilor pânzei ($v_{s,r}$), a caracteristicilor lichidului (σ_l , η_l și ρ_l) și a mărimii picăturilor " d_p " asupra vitezei $v_{p,r}$ la formare. Creșterea vitezelor pânzei de lichid la ieșirea din duză, are loc numai prin creșterea presiunii, însă, odată cu creșterea acesteia, diametrul picăturilor se micșorează. Această dependență, între viteza maximă a pânzei și diametrul picăturilor rezultate, aplicată pentru datele din tabelul 4.5, este prezentată în tabelul 4.7 și fig. 4.11.

Tabelul 4.7

d_p (microni)	Viteza picăturilor v_p pentru				
	$v_s=10$ m/s	$v_s=20$ m/s	$v_s=30$ m/s	$v_s=40$ m/s	$v_s=50$ m/s
2.3	#NUM!	2.35002313	22.18893183	34.3391145	45.4532823
5	#NUM!	15.0139935	26.82088738	37.5938825	48.0337381
10	4.702127178	17.8628105	28.56658888	38.8975578	49.091649
20	8.211272739	19.1287741	29.40059523	39.5332771	49.6121457
30	9.084602358	19.532537	29.67338875	39.7429239	49.7844353
40	9.491180116	19.7313203	29.80884936	39.8473337	49.8703569
50	9.726972808	19.8496348	29.88983105	39.9098484	49.9218389
60	9.881042455	19.9281208	29.94369717	39.9514706	49.9561308
70	9.989637488	19.9839936	29.98211372	39.9811741	49.9806105
80	10.07031529	20.0257959	30.01089386	40.0034374	49.9989625
90	10.13262059	20.0582485	30.03325934	40.0207446	50.0132316
100	10.18219033	20.0841729	30.05113975	40.034585	50.0246439
150	10.3294724	20.161746	30.10471724	40.0760777	50.0588653
200	10.40233147	20.2004208	30.13147026	40.0968079	50.0759673
250	10.44580298	20.2235902	30.14751068	40.1092408	50.0862257
300	10.47468377	20.2390217	30.15819955	40.1175273	50.0930634
350	10.49526424	20.250037	30.16583214	40.1234452	50.0979469
400	10.51067315	20.2582946	30.17155531	40.1278831	50.1016093
450	10.52264225	20.2647148	30.17600592	40.1313344	50.1044576
500	10.53220775	20.2698495	30.17956593	40.1340952	50.1067361
550	10.5400276	20.2740497	30.18247836	40.136354	50.1086002
600	10.54653972	20.2775492	30.18490517	40.1382361	50.1101537
650	10.55204683	20.2805098	30.18695847	40.1398287	50.1114681
700	10.55676493	20.2830471	30.18871833	40.1411937	50.1125947
750	10.56085224	20.2852459	30.19024346	40.1423766	50.113571
800	10.56442734	20.2871696	30.19157788	40.1434117	50.1144253

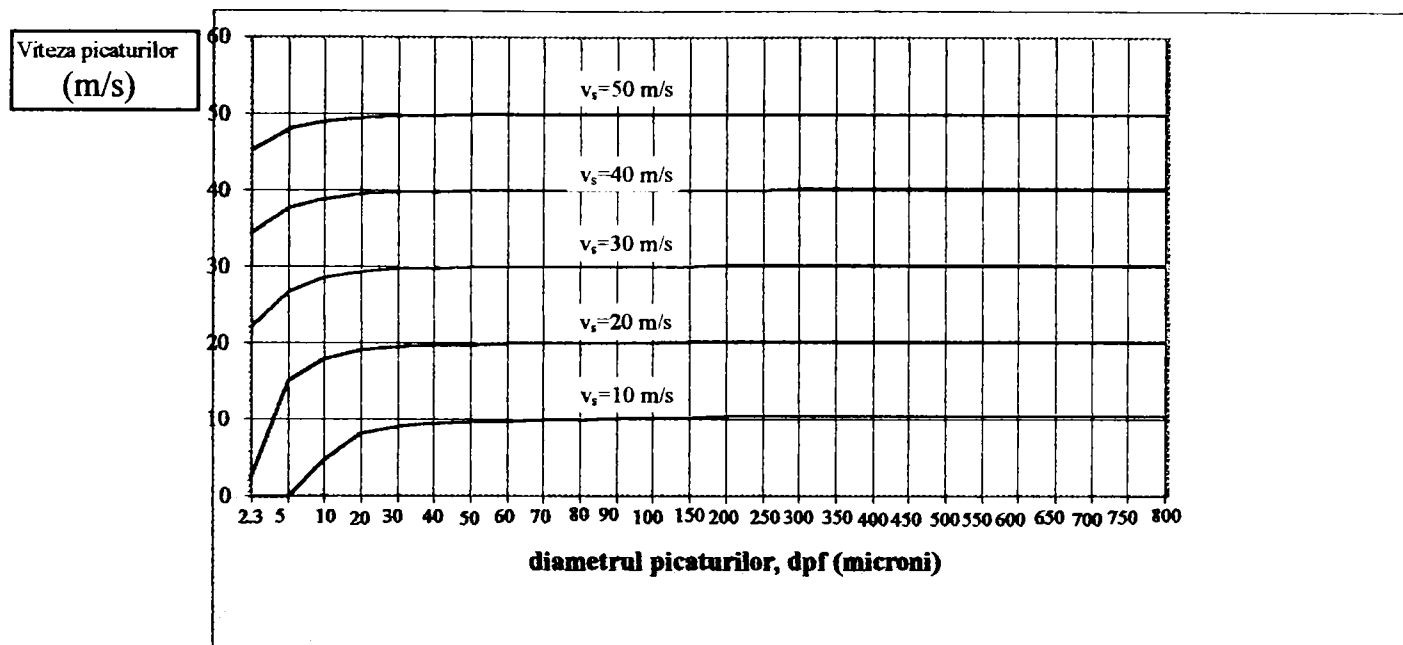


Fig.4.11.- Dependența între diametrul minim d_{fMIN} al picăturilor și viteza $v_{s,max}$

Energia E_f , pe care o are masa Δm în pânza de lichid, din care ulterior se va forma picătura, (extragerea picăturii din pânza de lichid), pentru cazul vitezei maxime a pânzei $v_{s,max}$, este exprimată prin relația :

$$E_f = \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_{s,r}^2 + \Delta m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} \cdot \rho_l \cdot \frac{\pi \cdot d_p^3}{6} \cdot v_{s,r,max}^2 + \rho_l \cdot \frac{\pi \cdot d_p^3}{6} \cdot g \cdot \Delta h$$

sau

$$E_f = \frac{\pi \cdot d_p^3}{6} \cdot \rho_l (v_{s,r,max}^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta h) \quad (4.37)$$

Legătura între mărimea picăturilor, viteza și energia în momentul ruperii (formarea picăturii), este prezentată în fig.4.12.

d_{pf} micr.	Energia (microJoule)	Viteza v_{pf} (m/s)
0	0	0
10	0.000108	17.86281053
20	0.000864002	19.12877414
30	0.002916008	19.53253696
40	0.006912019	19.73132028
50	0.013500038	19.84963476
100	0.1080003	20.08417287
150	0.364501013	20.16174596
200	0.8640024	20.20042079
250	1.687504688	20.22359019
300	2.9160081	20.23902172
350	4.630512863	20.25003704
400	6.9120192	20.2582946
450	9.841527338	20.26471482

500	13.5000375	20.26984953
550	17.96854991	20.27404969
600	23.3280648	20.27754916
650	29.65958239	20.28050978
700	37.0441029	20.28304711

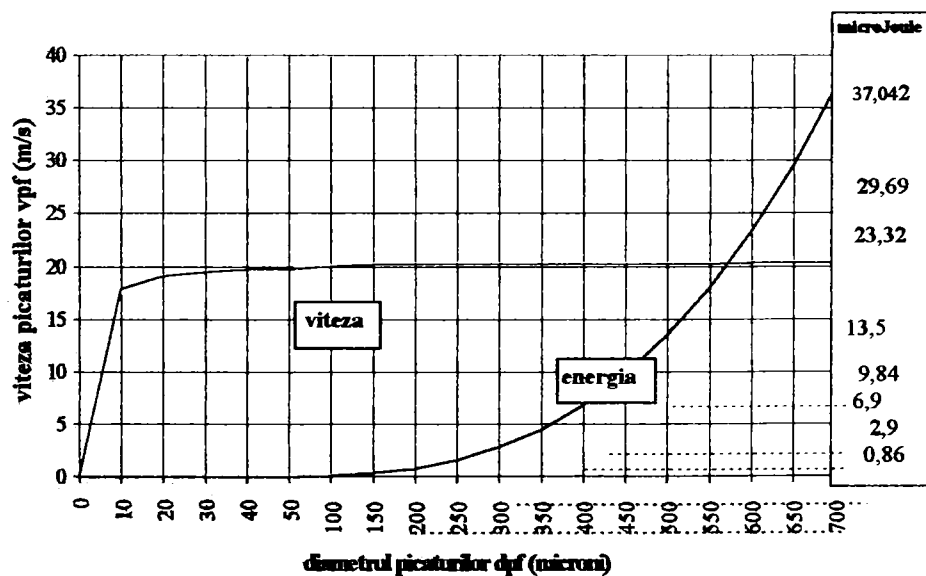


Fig.4.12.- Dependența, viteză - energie în momentul ruperii și formarea picăturilor

Din tabel și grafic, se desprind următoarele concluzii:

- pentru picăturile cu diametrul cuprins între 0 - 40 μm , există câte o viteză unică de deplasare iar pentru cele mai mari de 40 μm , viteza $v_{p,r}$ aproape atinge viteza pânzei v_s , ($v_{p,r} \approx v_{s,r}$), deoarece raportul $\frac{12\sigma_1 + 3\eta_l v_{s,r}}{\rho_l d_p} \rightarrow 0$;
- pentru picăturile mici (0-40 μm), descreșterea vitezei $v_{p,r}$ este foarte pronunțată, în special în regiunea apropiată de $d_{p,\min}$, și corespunde cazului când $v_{p,r} \rightarrow 0$, iar raportul $\frac{12\sigma_1 + 3\eta_l v_{s,r}}{\rho_l d_p} \neq 0$;
- picăturile mici extrag o energie mică din vâna de lichid la formare, în timp ce picăturile mari extrag o energie mult mai mare. Acest lucru este în concordanță cu observațiile lui *Giles* [46], care a arătat că, mai mult de 70% din energia hidraulică a pânzei este reținută de picăturile cele mai mari.

Dacă analitic se poate estima viteza picăturilor în momentul formării $v_{p,r}$, măsurarea practică (experimentală) a acesteia este foarte greu de realizat. Totuși ea poate fi estimată în funcție de o anumită viteză a picăturii " $v_{p,m}$ ", măsurată la o distanță față de orificiul duzei unde este posibil acest lucru. Măsurarea individuală a parametrilor pentru fiecare picătură ($d_{p,m}$ și $v_{p,r,m}$), este foarte greu de realizat, și din acest motiv s-a recurs la metoda ca valorile măsurate să fie încadrate în clase de valori (grupe), cu observația că viteza medie a unei clase de picături, nu reprezintă viteza reală a unei picături individuale de un anumit diametru, ci doar valoarea medie a acelei clase [134], [132]).

Între valorile teoretice estimate cu relațiile (4.18), (4.19), (4.36) și cele măsurate, pot exista diferențe, datorate în special modului de grupare a valorilor măsurate. Cu cât limitele claselor sunt mai apropiate, cu atât diferențele sunt minime

Pentru estimarea parametrilor picăturilor la formare, în funcție de parametrii mășurați și grupați pe clase, dacă $d_p \rightarrow d_{p,m}$, relațiile (4.18) și (4.19) pot fi aduse la forma [134],[132]:

$$\text{-din relația (4.18); } \frac{12\sigma_1 + 3\eta_l v_{s,r}}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - v_{p,r,m}^2) d_{p,m}} = c \quad (4.38)$$

$$\text{-din relația (4.19); } \frac{12\sigma_1 + 3\eta_l v_{s,r}}{\rho_l (v_{s,r}^2 + 2g\Delta h) \cdot d_{p,\min,m}} = c \quad (4.39)$$

unde:- c este o constantă (valoarea rapoartelor pentru o clasă de picături sunt aproximativ egale, în condițiile că $v_s = \text{const.}$);

- $v_{p,r,m}$ reprezintă viteza medie a clasei de picături măsurate;
- $d_{p,m}$, $d_{p,\min,m}$ reprezintă diametrul mediu, respectiv diametrul minim măsurate corespunzător aceleiași clase de picături;

Din relația (4.38) se exprimă corelația între mărime/viteză rezultate din măsurători:

$$d_{p,m} = \frac{12\sigma_1 + 3\eta_l v_{s,r}}{c \rho_l (v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - v_{p,m}^2)} \quad (4.40)$$

$$\text{respectiv } v_{p,r,m} = \sqrt{v_{s,r}^2 + 2g\Delta h - \frac{12\sigma_1 + 3\eta_l \cdot v_{s,r}}{c \cdot \rho_l \cdot d_{p,m}}}$$

Din observația că număratorii relațiilor (4.18) și (4.38) sunt egali, rezultă viteza picăturii $v_{p,r}$, imediat după formare, în funcție de viteza măsurată $v_{p,m}$, a clasei corespunzătoare astfel:

$$v_{p,r} = \sqrt{(1-c)(v_{s,r}^2 + 2g\Delta h) + v_{p,m}^2} \quad (4.41)$$

Similar, din relațiile (4.19) și (4.39), rezultă:

$$d_{p \min} = c \cdot d_{p \min, m} \quad (4.42)$$

relație ce exprimă dependența diametrului minim al picăturii la formare în funcție de diametrul minim măsurat pentru picăturile încadrate în aceeași clasă. Cum $0 < c < 1$, din relația 4.41 și 4.42 rezultă:

$$v_{p,r} \geq v_{p,r,m} \quad \text{și} \quad d_{p \min} \leq d_{p \min, m} \quad (4.43)$$

Cu cât lățimea clasei de grupare a datelor măsurate este mai mică, relația (4.38) se apropie mai mult de relația (4.18), iar relația (4.39) de relația (4.19). Altfel spus, cu cât limitele clasei sunt mai apropiate cu atât:

$$d_{p \min, c} \rightarrow d_p; \quad v_{p,c} \rightarrow v_p; \quad c \rightarrow 1. \quad (4.44)$$

În vederea stabilirii în ce măsură relațiile teoretice, estimează corect valorile parametrilor la formarea picăturilor (d_p și $v_{p,r}$), se parcurg 2 etape:

- stabilirea corelației între valorile $d_{p,m}$ și $v_{p,r,m}$ măsurate;
- stabilirea modului în care vitezele teoretice și cele estimate, se corelează cu datele măsurate.

Pentru stabilirea corelației între parametrii mășurați ai picăturilor, relația (4.38), pentru cazul când $v_{s,r} \gg 2g\Delta h$, poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{1}{d_{p,m}} = \frac{v_{s,r}^2}{12\sigma_1 + 3\eta_1 v_{s,r}} - \frac{1}{12\sigma_1 + 3\eta_1 v_{s,r}} \cdot v_{p,r,m}^2 \quad (4.45)$$

și dacă se notează: $C_2 = \frac{c\rho_1}{12\sigma_1 + 3\eta_1 v_{s,r}} \left[\frac{s^2}{m^3} \right]$ și $C_1 = C_2 v_s^2 \left[\frac{1}{m} \right]$

se obține: $\frac{1}{d_{p,c}} = C_1 - C_2 \cdot v_{p,c}^2 \left[\frac{1}{m} \right]$ (4.46)

care reprezintă o ecuație liniară în $1/d_{p,c}$ și $v_{p,c}^2$, la fel ca și ecuația (4.45), liniară în $1/d_{p,m}$ și $v_{p,r,m}^2$.

Verificarea corelației între mărimile $d_{p,m}$ și $v_{p,r,m}$ s-a realizat pe baza analizei varianței, apelându-se la teoria corelației și regresiei. Pentru verificare sunt luate din literatura de specialitate date credibile, măsurate de Roth și Porterfield, [124] și prezentate de Sidahmed, [134]. Măsurarea acestor parametri s-a realizat prin fotografieri rapide, la distanțe variabile față de orificiul unei duzei Teejet (în evantai (65°), pentru un debit de lichid de 0,26 l/min și presiunea de lucru de 276 kPa). Picăturile au fost clasificate în 9 clase de mărime, lățimea unei clase fiind de 30 μm , într-un domeniu de 1-270 μm (tab.4.8). Pentru verificare sunt folosite datele măsurate la distanța de 38 mm, deoarece diametrele și vitezele măsurate în acest loc sunt cele mai credibile (sunt complete).

Vitezele medii și mărimea picăturilor (reprodus după Roth și Porterfield, 1965)

Tabelul 4.8

Distanța față de orif. duzei (mm)	Vitezele medii a picăturilor (m/s) la diferite distanțe față de duză, pentru diferite clase de mărime (μm)								
	1-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-240	241-270
38	12,67	15,42	16,73	17,45	17,07	18,31	17,57	16,67	17,40
64	7,00	9,28	11,39	13,93	16,47	17,60	18,00	16,67	17,30
89	4,58	5,87	11,26	13,00	16,20	15,20	-	-	-
114	3,20	4,70	8,13	11,37	12,88	14,03	14,80	-	-

Pentru verificarea relației (4.46), aparent nu este necesar a se cunoaște viteza pânzei de lichid. Ea este o relație liniară în $1/d_{p,c}$ și $v_{p,c}^2$. Între diametrele și vitezele măsurate există o legătură funcțională liniară (**dreaptă de regresie**), al cărui mod de determinare și reprezentare sunt date în tabelul 4.9 și fig 4.13.

d	1/d	v_{pfc}	v_{pfc}^2					
	x_i		y_i	$x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$	$y_i - y_m$	$(y_i - y_m)^2$	$(x_i - x_m)(y_i - y_m)$
15,5	0.064516	12,67	160,53	0.0494	0.00244	-117.103	13713,33	-5.784171
54,5	0,021978	15,42	237,78	0.0069	4.7E-05	-39.856	1588,535	-0.273230
75,5	0,013245	16,73	279,89	-0.0019	3.53E-05	2.2600	5,10790	-0.004243
105,5	0,009479	17,45	304,50	-0.0056	3.19E-05	26.869	721,978	-0.151651
135,5	0,00738	17,07	291,38	-0.0077	5.99E-05	13.752	189,1193	-0.106476
165,5	0,006042	18,31	335,26	-0.0091	8.25E-05	57.823	3320,440	-0.523239
195,5	0,005115	17,57	308,70	-0.01	0.001	31.072	965,473	-0.310955
225,5	0,004435	16,67	277,89	-0.0107	0.000114	0.2560	0,06557	-0.002736
255,5	0,003914	17,40	302,76	-0.0112	0.000126	25.127	631,374	-0.381644
	$x_m = 0.015123$		$y_m = 277.63$					
	$S_{xy} = -0.826$							
	$S_x^2 = 0.000334$	$S_x = 0.0189$						
	$S_y^2 = 2348.381$	$S_y = 48,46$						

Coeficientul de corelație, "r";

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)(y_i - y_m)}{\sqrt{S_x^2} \cdot \sqrt{S_y^2}} = -0.9013808 \quad (4.47)$$

unde: $S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2$ și $S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2$ sunt dispersiile de selecție corespunzătoare variabil-

lelor x (adică "1/d_{p,r,m}") și respectiv y (adică "v_{p,r,m}²"), iar $S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)(y_i - y_m)$ este covarianța.

Deoarece coeficientul de regresie "r" este aproape egal cu (-1), înseamnă că, corelația (dependența funcțională stohastică) între diametru și viteză este puternică.

Dreapta de regresie a lui "x" în raport cu "y",

$$(x - x_m) = r \cdot \frac{S_x}{S_y} (y - y_m) \quad \text{sau} \quad \hat{x} = 0.1165121 - 0.000364y \quad (4.48)$$

exprimă modul de legătură între cele două variabile. Coeficientul de corelație "r" determină măsura intensității corelației. De exemplu, pentru d_{p,c} = 15 μm, v_p = 17,93 m/s și c = 0,204, se obține ecuația dreptei:

$$\frac{1}{d_{p,m}} = 0.12338063 - 0.00038378 \cdot v_{p,r,m}^2 \quad (4.49)$$

Verificarea liniarității regresiei lui "x" în raport cu "y" a fost făcută pe baza coeficientului de determinare R, reprezentat prin raportul calculat pe baza datelor din tabelul 4.10:

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2} = 0.8699 \quad (4.50)$$

Deoarece R are valoarea apropiată de 1, dependența liniară presupusă este corectă, așa cum se prezintă și în fig. 4.13.

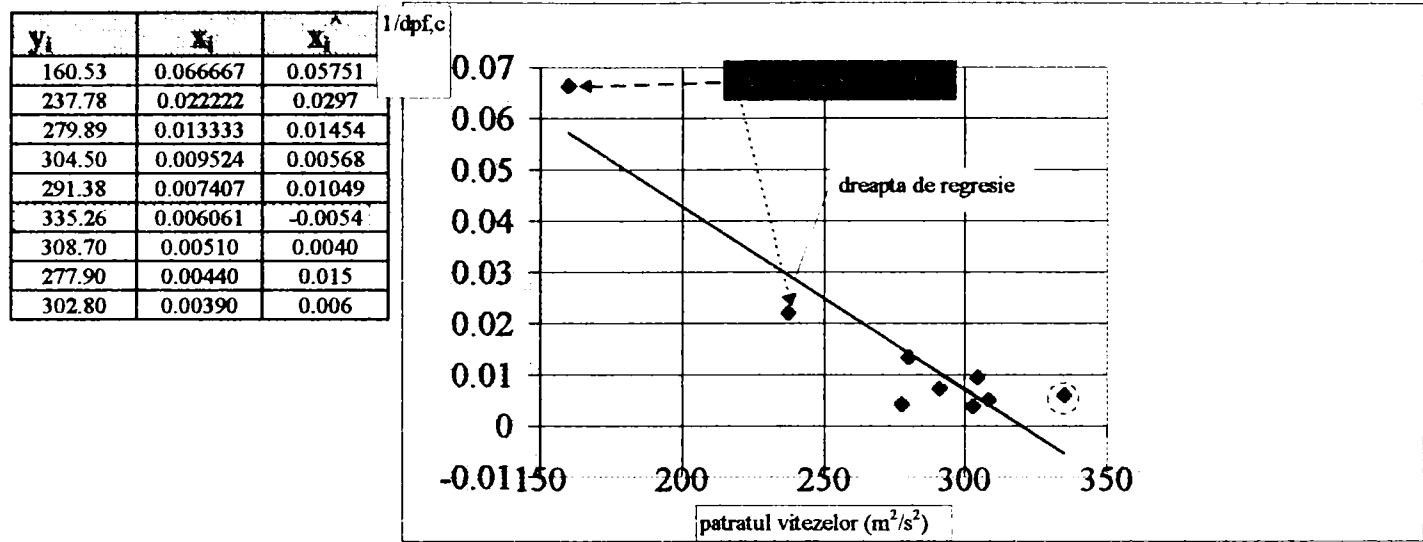


Fig.4.13- Dreapta de regresie

Verificarea liniarității regresiei liniare

Tabelul.4.10

d	$1/d$	v_{pfc}	v_{pfc}^2					
	x_i		y_i	x^{\wedge}	$x_i - x^{\wedge}$	$(x_i - x^{\wedge})^2$	$x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$
15,5	0.064516	12,67	160,53	0.0581	0.006437	4.1429E-05	0.04939348	0.002439716
54,5	0.021978	15,42	237,78	0.03	-0.00798	6.3736E-05	0.00685538	4.69962E-05
75,5	0.013245	16,73	279,89	0.0146	-0.00139	1.9211E-06	-0.00187761	3.52542E-06
105,5	0.009479	17,45	304,50	0.0057	0.003805	1.4482E-05	-0.00564397	3.18544E-05
135,5	0.00738	17,07	291,38	0.0104	-0.00307	9.4121E-06	-0.00774257	5.99474E-05
165,5	0.006042	18,31	335,26	-0.0055	0.011563	0.00013371	-0.00908035	8.24527E-05
195,5	0.005115	17,57	308,70	0.0041	0.000972	9.4395E-07	-0.01000755	0.000100151
225,5	0.004435	16,67	277,89	0.0154	-0.01093	0.00011938	-0.01068805	0.000114235
255,5	0.003914	17,40	302,76	0.0063	-0.00239	5.7292E-06	-0.01120875	0.000125636
						0.00039074		0.003004514

Modul în care vitezele teoretice estimate cu ajutorul relației (4.36) și aproximative $v_{p,r,m}$ din relația (4.40), se corelează cu datele experimentale, este reprezentat grafic în fig.4.14. Analiza s-a făcut în cazul în care: $v_s=17.93$ [m/s]; $g=9,8$ [m/s²]; $\Delta h=0.65$ [m]; $\sigma_f=73.10^{-3}$ [N/m]; $\eta_f=1,010.10^{-3}$ [N.s/m²]; $\rho_f=10^3$ [kg/m³].

Din reprezentare se observă că viteza exprimată de relația (4.40), prezintă o bună corelare cu datele experimentale. Abaterea ei maximă se găsește numai în zona diametrelor mici (2,3...15 μ m). În zonele cu diametrul picăturilor mare, abaterile sunt mici.

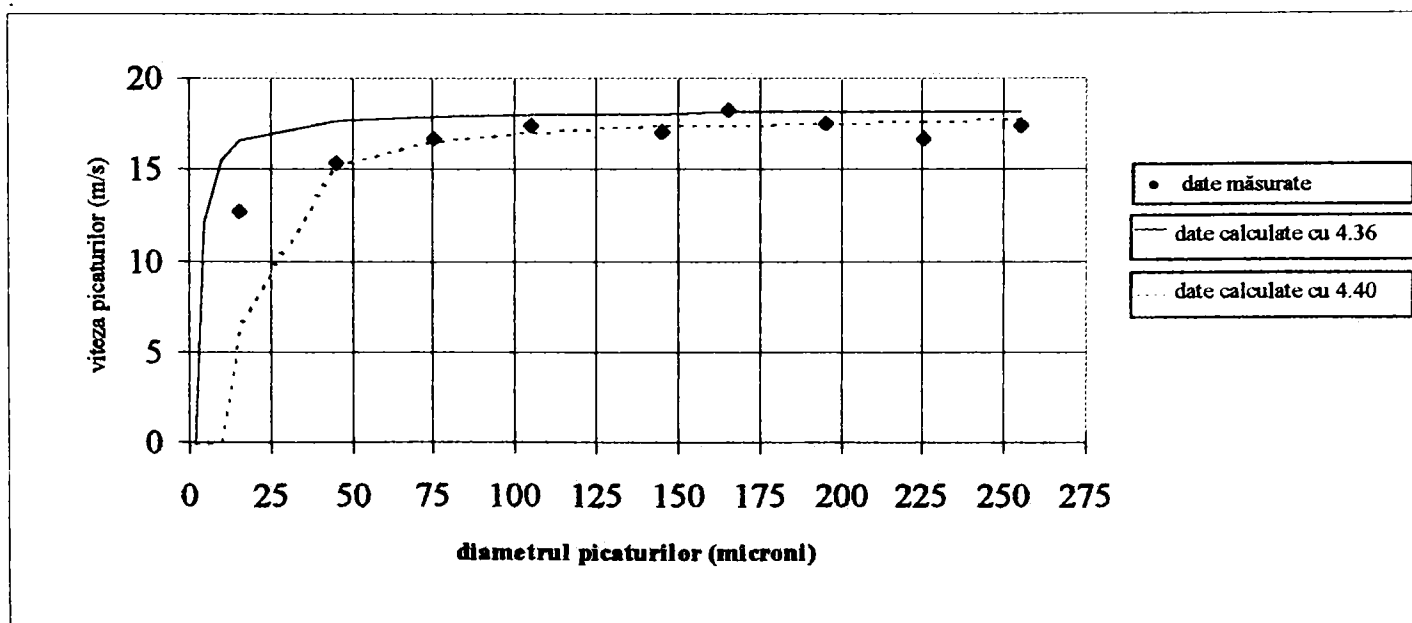


Fig.4.14.- Reprezentarea vitezelor măsurate și a celor estimate cu relațiile (4.36) și (4.40).

Vitezele calculate cu relația (4.40) încep de la limita diametrului de 2,3 μm , care este de fapt limita minimă a diametrului picăturilor, $d_{p,\text{min}}$. Estimarea consumului ΔE este facilitată de datele din tabelul 4.11.

Bilanțul de energie al pânzei de lichid

Tabelul 4.11.

diametrul mediu "d _m " (μm)	viteza medie "v _m " (m/s)	Energia pânzei (J)			Energia consumată pentru fragmentare a pânzei și formare a picăturilor (J)				ΔE
		cinetică	potențială	Total	datorită lui σ	datorită lui η	en. ramasa pic.	total	
15.5	12.67	3.13259E-10	1.2414E-11	3.25673E-10	5.50701E-11	3.41535E-12	1.5642E-10	2.14907E-10	1.10766E-10
45.5	15.42	7.92398E-09	3.14016E-10	8.23799E-09	4.74543E-10	2.94303E-11	5.8607E-09	6.3647E-09	1.87329E-09
75.5	16.73	3.62043E-08	1.43469E-09	3.76381E-08	1.30661E-09	8.103336E-11	3.152E-08	3.29073E-08	4.73085E-09
105.5	17.45	9.87794E-08	3.91449E-09	1.102694E-07	2.55128E-09	1.58225E-10	9.3561E-08	9.62709E-08	6.423E-09
135.5	17.07	2.0928E-07	8.29346E-09	2.17573E-07	4.20854E-09	2.61006E-10	1.8969E-07	1.94155E-07	2.34184E-08
165.5	18.31	3.81332E-07	1.51116E-08	3.96443E-07	6.27839E-09	3.89374E-10	3.9767E-07	4.04334E-07	-789093E-09
195.5	17.57	6.28564E-07	2.49091E-08	6.33473E-07	8.76085E-09	5.43331E-10	6.0358E-07	6.12881E-07	4.05922E-08
225.5	16.67	9.64603E-07	3.82259E-08	1.00283E-06	1.16559E-08	7.22877E-10	8.3379E-07	8.46174E-07	1.56655E-07
255.5	17.40	1.40308E-06	5.5602E-08	1.45868E-06	1.149635E-08	9.28011E-10	1.3214E-06	1.33725E-06	1.21433E-07
			Total	3.87789E-06	5.02547E-08	3.1167E-09	3.47718E-06		3.47346E-07

În procente(%)

	16.909	1.0487	48.030		34.011
	5.7604	0.3572	71.142		22.739
	3.4715	0.3152	83.743		12.562
	2.4843	0.1540	91.107		6.254
	1.9343	0.1199	87.182		10.763
	1.5836	0.0982	100.308		-1.990
	1.3406	0.0831	92.364		6.211
	1.1623	0.0720	83.144		15.621
	1.0258	0.0636	90.585		8.324
Media	1.2959 %	0.0883 %	89.666 %		8.957 %

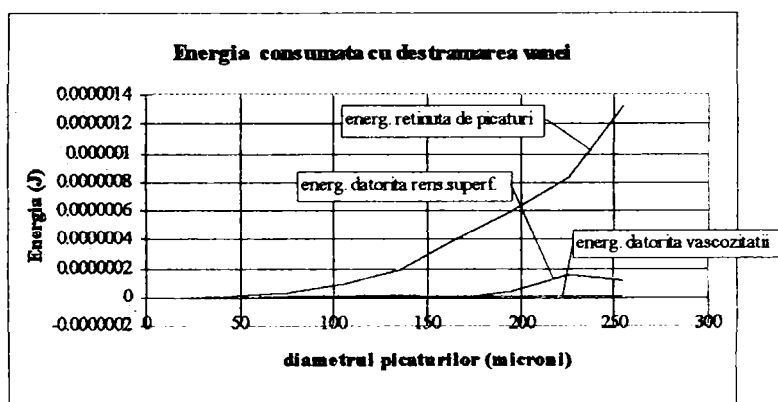
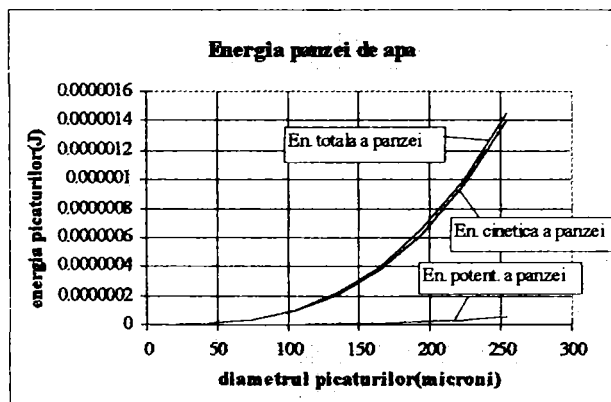
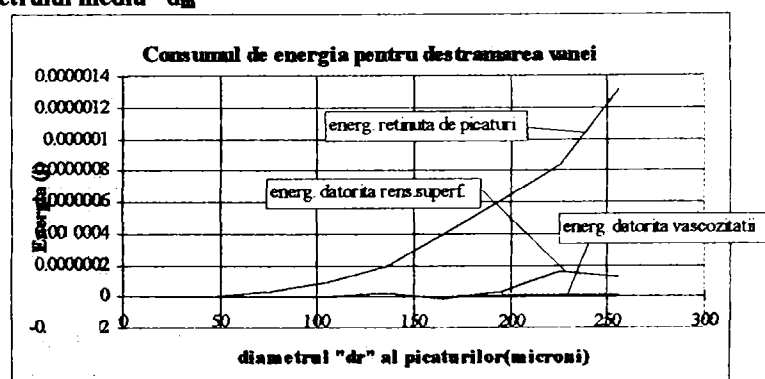
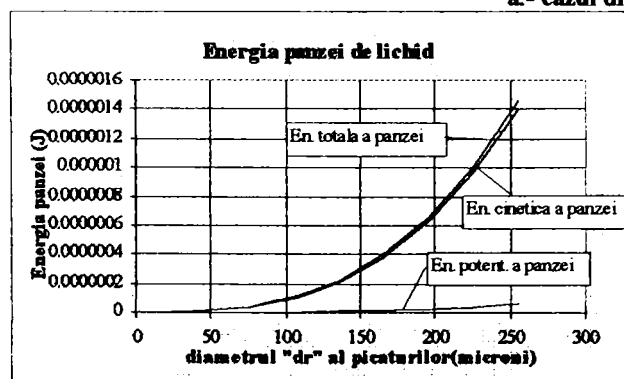
a.- cazul diametrului mediu "d_m"b. cazul diametrului reprezentativ "d_r"

Fig.4.15- Analiza bilanțului de energie a pânzei de apă înainte și după formarea picăturilor

telor asupra lui ΔE este nesemnificativ.

Dacă se analizează efectul vitezei pânzei de lichid asupra exactității relației (4.18) (tabelul 4.12 și fig.4.16), se observă că aceasta trebuie comparată numai cu datele măsurate la distanța de 38 mm, distanță care este cea mai apropiată de locul de formare a picăturilor.

Influența vitezei pânzei asupra vitezei picăturilor la formare

Tabelul 4.12

d_p (μm)	vitezele măsurate la distanțele de				viteza calculată cu rel 4.18 pentru				
	38 mm	64 mm	89 mm	114 mm	$v_p=16.5$ m/s	$v_p=17.5$ m/s	$v_p=17.93$ m/s	$v_p=18.5$ m/s	$v_p=19.5$ m/s
15.5	12.67	7.00	4.58	3.20	15.001	16.092	16.555	17.165	19.8238
45.5	15.42	9.28	5.87	4.70	16.276	17.288	17.722	18.297	19.8237
75.5	16.73	11.39	11.26	8.13	16.513	17.511	17.941	18.509	19.8235
105.5	17.45	11.93	13.00	11.37	16.618	17.611	18.038	18.604	19.8233
135.5	17.07	16.47	16.20	12.88	16.677	17.667	18.092	18.657	19.8232
165.5	18.31	17.60	15.20	14.03	16.714	17.702	18.127	18.690	19.8230
195.5	17.57	18.00	-	14.80	16.740	17.726	18.150	18.713	19.8228
225.5	16.67	16.67	-	-	16.759	17.744	18.168	18.730	19.8227
255.5	17.40	17.30	-	-	16.773	17.758	18.181	18.743	19.8225

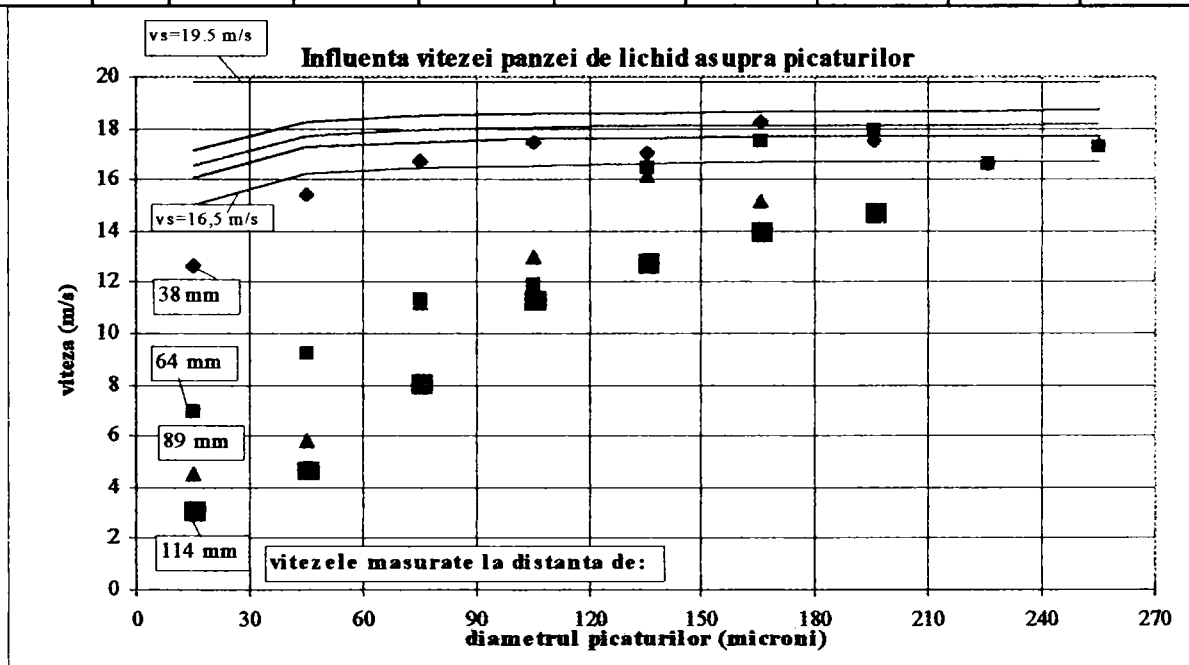


Fig.4.16.- Influența vitezei pânzei de lichid asupra vitezei calculate cu relația (4.18)

Din fig.4.16 se constată că, efectul vitezei pânzei " v_s " este mult mai pronunțat în domeniul picăturilor de diametru mare, iar valorile vitezelor măsurate se apropie de valorile calculate teoretic (rel 4.21), cu cât măsurătorile sunt efectuate mai aproape de orificiul duzei (distanța de 38 mm comparativ cu celelalte distanțe).

4.2.- Pulverizarea lichidului cu dispozitivul de tip centrifugal.

Pulverizarea lichidului cu ajutorul unui disc în mișcare de rotație, constă în fragmentarea (pulverizarea, destrămarea) unei pânze subțiri de lichid, rezultată la periferia unui disc, sub acțiunea forțelor centrifuge și formarea de picături cu un spectru de diametre dependent de caracteristicile constructive și funcționale ale discului (diametru, turație) și de proprietățile fizice ale lichidelor toxice care se pulverizează. Se produc pânze de lichid subțiri, care la periferia discului devin instabile, după care se destramă în picături de mărimi relativ mici. Mărimea și viteza la care picăturile se formează din pânza de lichid, au o importanță majoră asupra deplasării și depunerii acestora pe plante.

Evaluarea calității peliculei de lichid produsă pe suprafața și la periferia discului, este reflectată prin spectrul picăturilor care se formează. Formarea peliculei și deplasarea lichidului pe suprafața discului spre periferia acestuia, are loc după o traiectorie a cărei formă depinde de mărimea forțelor care acționează

ză asupra acesteia (centrifuge, gravitațională, frecare și coriolis). Forma cea mai apropiată a tra-ectoriei este spirala logaritmică [125], a cărei ecuație în coordonate polare este:

$$r = r_0 \cdot e^{k\varphi} \quad (4.51)$$

- unde: - φ este unghiul la centru ce caracterizează poziția masei lichidului din care se formează picătura pe disc ($\varphi = \omega \cdot t$)
 - $k = \arctg \delta$, δ fiind unghiul format de direcția vitezei relative cu direcția radială.

Lungimea traiectoriei descrise de lichid spre periferia discului, este caracterizată de mărimea unghiului φ_0 și cea a coeficientului de frecare între pelicula de lichid și suprafața discului, iar viteza peliculei la periferia discului v_0 , poate fi estimată cu: $v_0 = \omega r$.

Dispozitivele de pulverizare cu disc în mișcare de rotație, sunt din ce în ce mai mult utilizate în aplicarea tratamentelor în agricultură. Ele sunt realizate mai mult sub forma dispozitivelor purtate și utilizate mai ales în exploatațile agricole particulare.

Formarea picăturilor prin destrămarea pânzei de lichid, poate fi explicată **prin metoda bilanțului de energie și a bilanțului forțelor**, care a fost prezentată în parag. 4.1.2.

Mărimea picăturilor realizate depinde în principal de turația discului de pulverizare, ea fiind invers proporțională cu turația, debitul de alimentare având influențe mici. Debitul și turația au influențe inverse asupra mărimii picăturilor: la debite mici și turații mari se obțin picături mai mici. După Gupta C.P și Singh T.X. [54],[55], mărimea picăturilor variază în limitele prezentate în tabelul 4.13.

Metoda de aplicare	Debitul	Turația discului	Mărimea picăturilor [μm]
Fără încărcare	25	2.000	203
		3.000	159
		4.000	128
		5.000	123
	50	2.000	195
		3.000	154
		4.000	123
		5.000	117
	75	2.000	178
		3.000	147
		4.000	117
		5.000	115

4.3.- Cercetări teoretice privind încărcarea prin influență electrică a picăturilor

Studiile teoretice și practice efectuate de mulți cercetători, sunt în măsură la ora actuală să confirme următoarea observație: efectul biologic al tratamentului în cazul folosirii fungicidelor, crește odată cu reducerea mărimii picăturilor de lichid toxic și că, oricât de mici ar fi acestea, depunerea lor este influențată atât de forțele de inerție cât și cele gravitaționale[137]. În astfel de situații, pentru menținerea efectelor biologice (deci folosirea în special a picăturilor de dimensiuni mici), este necesar controlul cu o mare precizie a formării picăturilor și deplasării, în special a plutirii acestora în aer către plante. Plutirea picăturilor în aer este bine să fie minimă, aspect posibil numai prin reducerea intervalului de timp între momentul formării și depunerii lor pe plante

Pentru picăturile de diametre mici, unde forțele gravitaționale au valori scăzute, dar care au în schimb o mobilitate bună, este posibilă o intervenție majoră în depunerea lor prin intermediul forțelor electrostatice. Aceste forțe de natură electrică, devin foarte utile, în special în "dirijarea" picăturilor către plante, în vederea îmbunătățirii capacității de depunere pe acestea. Acest "ajutor" devine destul de important, mai ales în condițiile în care raportul sarcină / masă este suficient de mare, raport realizabil numai în cazul unor picături de dimensiuni mici [79],[80], [93]. Dispozitivul prin care se poate dirija obținerea picăturilor de dimensiuni mici, este în special dispozitivul de pulverizare centrifugal, care, prevăzut și cu partea de încărcare cu sarcină a picăturilor, realizează dezideratul amintit mai sus.

Analiza încărcării cu sarcină electrică s-a efectuat pentru două tipuri de pulverizare:

- pulverizarea hidraulică a lichidului, realizată cu duzele cu jet în evantai (Tee-Jet);
- pulverizarea lichidului cu dispozitivul de tip centrifugal.

4.3.1.- Cercetări teoretice asupra încărcării prin influență electrică a picăturilor realizate cu duzele cu jet în evantai(Tee-Jet).

Duzele cu jet în evantai (Tee-Jet), sunt utilizate mult în aplicarea tratamentelor în agricultură. Acestea produc pânze de lichid subțiri cu secțiunea o elipsă, care se destramă în picături de diferite mărimi, (100 - 600 μm), dar la *debite mari* (1- 2 l /min). Mărimea și viteza picăturilor formate, au o importanță majoră, atât asupra deplasării acestora între electrozi (deci la încărcare) cât și către plante. Deoarece forma pânzei de lichid este eliptică în secțiune, pentru realizarea încărcării cu sarcină electrică a picăturilor, s-a conceput, realizat și încercat în condiții de laborator, un dispozitiv de pulverizare -încărcare a cărui schemă de principiu este reprezentată în fig. 4.17.

Sistemul de încărcare de tip **prin influență electrică**, cuprinde electrozii 1 de forma unor suprafețe curbe, confecționați din aluminiu și înveliți cu un strat subțire de cauciuc, plasați în apropierea duzei 2. Pentru creșterea eficienței încărcării, electrozii sunt prevăzuți cu umerii 3, cu lățimea de 2 mm și sunt conectați la sursa de înaltă tensiune (0 - 4,5 kV), prin intermediul prizelor speciale 4.

Ansamblul duză -electrozi, este fixat etanș la capătul opturat al unui tub ($\phi=25$ mm) din material plastic 5, prin care se face și alimentarea cu lichid a duzei. Pe acest tub și în contact permanent cu lichidul, s-a prevăzut electrodul 6, conectat la masa sursei de înaltă tensiune, pentru a fi posibilă crearea câmpului electric între vâna de lichid la ieșirea din duză(masă) și electrozi, respectiv inducerea de sarcină prin influență în aceasta. Electrozii au posibilitatea de deplasare față de orificiul duzei (pe verticală și radial), ei fiind montați pe suportul special din material plastic 7, în formă de U întors și prevăzut cu canalele alungite 8, la rândul lui fixat pe corpul duzei astfel încât să permită stabilirea poziției electrozilor față de orificiul duzei, respectiv de locul unde are loc ruperea vânei de lichid, adică poziția unde se realizează încărcarea cea mai mare a picăturilor. Schema detaliată a dispozitivului de pulverizare- încărcare este dată în Anexa 1. Picăturile de lichid toxic, se formează în prezența unui câmp electric intens, creat între electrozii conectați la polul plus al sursei de înaltă tensiune și jetul de lichid care iese prin orificiul duzei, conectat la polul minus al sursei.

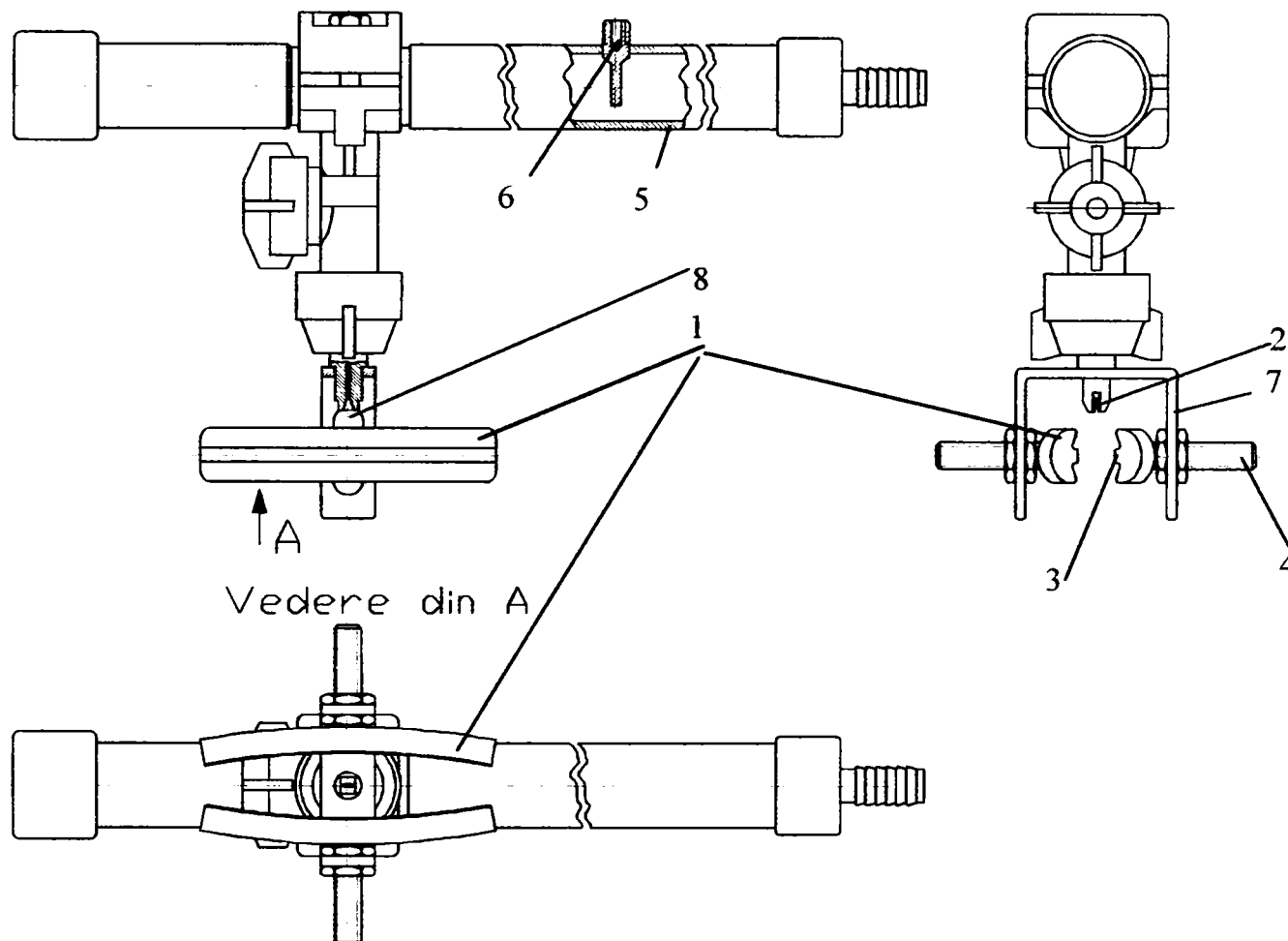


Fig. 4.17.- Schema dispozitivului de pulverizare-încărcare cu, duze Tee-Jet

Analiza teoretică a **încărcării picăturilor** de lichid toxic prin fenomenul de influență în câmp electric (sub influența unui câmp electric exterior), este dezvoltată sub forma unor modele matematice, raportate la varianta de sistem de încărcare realizat și încercat. Analiza este întreprinsă pentru două variante:

- a.- varianta unui model idealizat, prin aplicarea legii fluxului electric sub formă integrală;
- b.- varianta modelului ideal, aplicarea legii fluxului sub formă diferențială și rezolvarea prin metoda elementului finit (MEF), cu ajutorul programului de aplicație **QuickField**;

Prin varianta (a) s-a determinat numai sarcina Q_E , indusă de efectul electrodului pe suprafața vânei de lichid, iar prin varianta (b) s-a determinat sarcina totală indusă în vâna de lichid, atât sub influența directă a electrozilor (Q_E), dar și a influenței norului de picături formate și încărcate, aflate în apropierea duzei (Q_S).

4.3.1.1- Varianta modelului idealizat cu electrod de formă cilindrică și aplicarea legii fluxului electric sub formă integrală.

Se consideră modelul geometric general (ideal), în care cu ajutorul duzei D_z de tip hidraulic, se realizează pulverizarea lichidului toxic, iar încărcarea vânei de lichid, respectiv a picăturilor, are loc prin influență electrică (inducție electrică), sub acțiunea câmpului electric uniform, generat între electrodul C de formă cilindrică și vâna (pânza) de lichid, ce iese din duză legată la masă (fig.4.18). Prin conectarea electrodului C la sursa de înaltă tensiune, din punct de vedere teoretic, pentru orice lichid cu o conductibilitate electrică σ_e diferită de zero, în pânza de lichid conectată la masă are loc o

acumulare (transfer) de sarcină suplimentară negativă. Acest transfer de sarcină în vâna de lichid, are loc sub influența câmpului electric generat între electrod și pânza de lichid, menținută la potențialul pământului prin legarea la masă. Picăturile care se formează, se vor despărți posedând o sarcină electrică negativă, cu condiția ca zona de rupere a lichidului să fie supusă influenței câmpului electric. Legea lui Gauss precizează că încărcarea maximă a masei de lichid, din care se formează picătura, are loc în cazul în care în zona de rupere și formare a picăturilor, câmpul electric are intensitatea maximă.

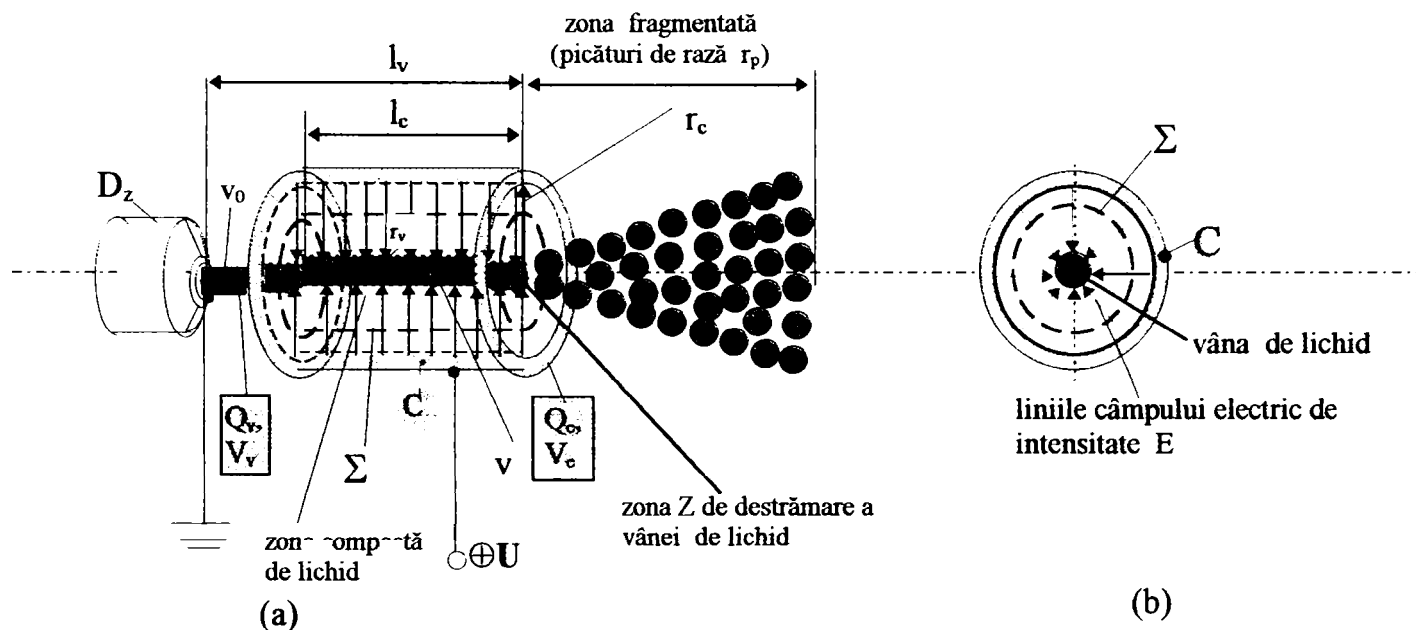


Fig.4.18. - Modelul geometric de încărcare prin influență electrică.

Teoretic, nivelul încărcării cu sarcină a lichidului (picăturilor) prin fenomenul de influență electrică, depinde în mare măsură de timpul de transfer " t_{tr} " al sarcinii în pânza de lichid, în zona de rupere a acesteia, timp care trebuie să fie mult mai mic decât timpul de formare a picăturilor " t_{fp} ", apreciat la 1...1,7 ms [83]. Timpul de transfer a sarcinii în vâna de lichid, depinde de conductibilitatea electrică " σ_e " și permitivitatea ϵ_1 ale lichidului :

$$t_{tr} = \frac{\epsilon_1}{\sigma_e} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \rho_e \quad (4.52)$$

Teoretic, lichidele care au $t_{tr} < t_{fp}$, pot fi încărcate prin influență electrică, iar cele cu $t_{tr} > t_{fp}$ nu pot fi încărcate satisfăcător prin această metodă.

Timpul de formare a picăturilor t_{fp} poate fi exprimat în funcție de lungimea liberă și viteza pânzei de lichid :

$$t_{fp} = \frac{l_v}{v_v} \quad (4.53)$$

unde: - l_v este lungimea liberă a pânzei de lichid, [m];

- v_v , viteza pânzei(vânei) de lichid, [m/s].

Pentru preparatele toxice pe bază de apă care au $\epsilon_r=80$, $\rho_e \approx (0,02 \dots 5 \cdot 10^5) \Omega \cdot m$ sau $\sigma_e = (50 \dots 2 \cdot 10^6) S/m$, iar $\epsilon_a = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$, se obține:

$$t_{tr} = (0,00000141 \dots 0,354) \text{ ms (milisecunde)} \ll t_{fp} = 1,7 \text{ ms.}$$

Cazul $\sigma_e = 2 \cdot 10^6 [S/m]$, corespunde situației cînd plantele sunt complet ofilite;

Pentru preparatele toxice pe bază de ulei, care au $\epsilon_r = (2 \dots 15)$, $\rho_e \approx 10^7 \Omega \cdot m$ sau $\sigma_e = 10^{-7} [S/m]$, se obține:

$$t_{tr} = 5,8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^7 = 0,442 \text{ ms} < t_{fp} = 1,7 \text{ ms}$$

Pentru lichidele care au $t_{tr} < t_{fp}$, pentru cazul sistemului de încărcare prezentat în fig.4.18, se determină:

- intensitatea câmpului electric E_v [V/m], a inducției D_v [C/m²] pe suprafața vânei

(pânzei) de lichid:

- **densitatea de sarcină negativă** q_s [C/m²], pe suprafața pânzei de lichid;
- **sarcina electrică** (q_p) cu care se încarcă o picătură de lichid [C];
- **curentul** i_c [A] generat de norul de picături, care se deplasează către plante.

Din punct de vedere electric, sistemul fizic este considerat un condensator ale cărui armături sunt:

- **armătura pozitivă** - electrodul de formă cilindrică, de rază interioară r_c și de lungime l_c , legat la borna plus a sursei de înaltă tensiune U ;
- **armătura negativă** - considerată vâna de lichid toxic, aproximativ de formă cilindrică și rază r_v , legată la masă;
- **mediul dielectric** între armături, unde se crează câmpul electric, este considerat izotrop, omogen, fără polarizare permanentă, de permitivitate ϵ_a (aerul cu permitivitatea absolută $\epsilon_a = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \equiv \epsilon_0$; (ϵ_0 - permitivitatea vidului egală cu $8,856 \cdot 10^{-12}$ [F/m] iar ϵ_r - permitivitatea relativă a aerului egală cu 1,0006).

Prin legarea la sursa de înaltă tensiune U , armăturile (electrozii) se încarcă cu sarcinile Q_c , respectiv ($-Q_v$), sarcinile fiind egale și de semn contrar ($Q_c + Q_v = 0$), iar potențialele V_c și V_v pe electrozi sunt constante.

Pentru stabilirea intensității \vec{E} a câmpului electric, care se crează între electrodul C și vâna de lichid, se aplică legea lui Gauss pentru suprafața închisă Σ , de formă cilindrică situată la distanța "r", suprafață pe care între armături, liniile de câmp sunt normale (fig.4.18.b).

$$\Phi_E = \int_{\Sigma} \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q_{\Sigma} \quad \text{sau} \quad \int_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{\Sigma}}{\epsilon_0} \quad (4.54)$$

unde: $-\vec{D}$ este vectorul inducție electrică;

- $d\vec{s}$, vectorul elementului de suprafață, perpendicular pe suprafața Σ închisă și orientat spre exterior;
- Q_{Σ} , sarcina totală din interiorul suprafeței închise Σ ;
- \vec{E} , intensitatea câmpului electric creat între electrod și pâna de lichid.

Pentru sistemul analizat, unde electrodul C și suprafața închisă Σ au formă cilindrică, relația (4.54) devine:

$$(-)Q_{\Sigma} = \int_{\Sigma} \vec{D} \cdot d\vec{s} = D_v \cdot 2\pi r \cdot l_c = \epsilon_0 \cdot E_v \cdot 2\pi r \cdot l_c \quad (4.55)$$

de unde se deduc, intensitatea câmpului electric E_v și inducția D_v , la distanța "r", sarcina Q_{Σ} din interiorul suprafeței Σ fiind de fapt sarcina totală Q_v , pe suprafața pânzei de lichid (sarcină negativă):

$$E_v = \frac{(-Q_v)}{2\pi\epsilon_0 \cdot l_v \cdot r_v} \quad \text{respectiv} \quad D_v = \frac{(-Q_v)}{2\pi \cdot l_v \cdot r_v} \quad (4.56)$$

unde: l_v este lungimea compactă a pânzei de lichid (teoretic egală cu lungimea l_c electrodului cilindric C)[m];

- ϵ_0 , permitivitatea aerului [F/m].

Pentru exprimarea intensității câmpului electric E și a sarcinii la suprafața vânei de lichid ($-Q_v$), în funcție de diferența de potențial $V_c - V_v = U$, dintre electrodul cilindric legat la plusul sursei și vâna de lichid legată la masă, se are în vedere **teorema potențialului electrostatic**, scris pe o linie de câmp electric între electrod și vâna de lichid. Sarcina electrică Q_c de pe care pornesc liniile de câmp este egală și de semn contrar cu sarcina $-Q_v$ pe care se termină liniile de câmp.

$$U = V_c - V_v = \int_{r_c}^{r_v} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{r_c}^{r_v} E \cdot dr = \frac{(-Q_v)}{2\pi\epsilon_0 \cdot l_c} \int_{r_c}^{r_v} \frac{1}{r} dr = \frac{(-Q_v)}{2\pi\epsilon_0 \cdot l_c} \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right) \quad (4.57)$$

unde: - r_c este raza interioară a electrodului C de formă cilindrică, [m];

- r_v , raza la suprafața vânei compacte de lichid, [m].

Din relațiile (4.53) și (4.57), se deduc expresiile ce reprezintă sarcina Q_v la suprafața vânei de lichid, (lichidul este considerat conductor iar sarcina de polaritate negativă) și a intensității câmpului electric, ca funcții de tensiunea de alimentare U la care sunt conectați electrozii:

$$(-Q_v) = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot U \cdot l_c}{\ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad \text{respectiv} \quad E_v = \frac{U}{r_v \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad (4.58)$$

La același rezultat se ajunge și dacă se are în vedere expresia ce definește, capacitatea parțială C a condensatorului, în condiția în care, $l_v = l_c$:

Pentru o lungime finită a electrodului, relația (4.58) poate fi luată în considerare numai dacă vâna de lichid, păstrează o formă compactă pe o distanță axială de cel puțin $4 \cdot r_c$ [80]

Din relația (4.56), transpusă pentru suprafața vânei de lichid aflată sub electrodul cilindric, rezultă:

$$D_v = \frac{(-Q_v)}{2\pi \cdot r_v \cdot l_v} \quad \text{sau} \quad E_v \cdot \epsilon_0 = \frac{-Q_v}{2\pi r_v \cdot l_v} = \frac{-Q_v}{A_v} = -q_s \quad [\text{C/m}^2] \quad (4.59)$$

unde: $A_v = 2\pi r_v l_v$, este aria laterală a vânei de lichid, aflată în interiorul electrodului de formă cilindrică ($l_c = l_v$);

Relația (4.59) exprimă **densitatea de sarcină** q_s , (negativă), pe suprafața liberă a vânei:

$$(-)q_s = D = \epsilon_0 \cdot E_v = \frac{\epsilon_0 \cdot U}{r_v \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad (4.60)$$

Curentul i_c , posibil a fi generat de sarcina q_s distribuită pe suprafața pânzei de lichid cu lungimea de 1 unitate, care se deplasează cu viteza "v" către plante, este:

$$i_c = 2\pi r_v \cdot q_s \cdot v \quad [\text{A}] \quad (4.61)$$

unde: - v este viteza pe care o are vâna de lichid în zona încărcării [m/s];

Prin înlocuirea valorii lui q_s din relația (4.60), ce exprimă densitatea specifică pe suprafața vânei, se obține:

$$i_c = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot U \cdot v}{\ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad (4.62)$$

Prin exprimarea vitezei v (considerată egală cu viteza v_0 la ieșirea din orificiul duzei) în raport cu debitul de lichid Q_L , ce trece prin orificiul duzei ($d=2r_v$) și $v = \frac{Q_L}{A_v} = \frac{Q_L}{\pi r_v^2}$, din relația (4.62) se obține;

$$i_c = \frac{2\epsilon_0 \cdot U \cdot Q_L}{r_v^2 \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad [\text{A}] \quad (4.63)$$

Ecuția (4.63), este aplicabilă numai la încărcarea prin influență a picăturilor de lichid formate din pânza de rază r_v , prin a cărei fragmentare se obțin picăturile de rază r_p , de același ordin de mărime cu r_v (principiul lui Rayleigh). Conform acestui principiu, se consideră că picăturile formate, provin dintr-o suprafață cilindrică cu raza de $2r_v = r_p$ și de lungime egală cu unitatea, iar sarcina electrică, pentru fiecare picătură care provine dintr-o astfel de masă de lichid, se exprimă prin:

$$(-)q_p = \frac{35 \cdot r_p \cdot \epsilon_0 \cdot U}{\ln\left(\frac{2r_c}{r_p}\right)} \quad [C] \quad (4.64)$$

Dacă se are în vedere și masa picăturii m_p (picături de formă sferică), $m_p = \rho_l \cdot \frac{4\pi r_p^3}{3}$, rezultă raportul sarcina/masă (q_p/m_p), pentru o singură picătură [80]:

$$\frac{q_p}{m_p} = \frac{2 \cdot \epsilon_0 \cdot U}{\rho_l \cdot r_v^2 \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad [C/kg] \quad (4.65)$$

unde: - ρ_l este densitatea lichidului din care se formează picătura ($\rho_l = 10^3$ [kg/m³]).

Relația (4.65), este valabilă pentru situația când vâna de lichid are formă cilindrică și diametrul picăturilor formate, este aproximativ dublul diametrului vânei de lichid. Realizarea de picături de dimensiuni mici $r_p \ll r_v$, este posibilă prin destrămarea vânei cu ajutorul unui curent de aer (pulverizare pneumatică) și cu o anumită gamă din duzele cu jet în evantai.

Deoarece lucrarea de față nu-și propune analiza pulverizării pneumatice ci numai cea cu duzele cu jet în evantai (Teejet), și se consideră că vâna de lichid înainte de destrămare are forma dreptunghiulară de grosime " δ_v ", ($A_v \approx h_v \cdot \delta_v$), și că picăturile se desprind fără fazele intermediare (forma de ligamente), relațiile (4.63) și (4.65) devin:

$$i_c = \frac{2\epsilon_0 \cdot U \cdot Q_L}{\delta_v \cdot r_{ve} \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_{ve}}\right)}; \quad \frac{q_p}{m_p} = \frac{2 \cdot \epsilon_0 \cdot U}{\rho_l \cdot \delta_v \cdot r_{ve} \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_{ve}}\right)} \quad [C/kg] \quad (4.66)$$

Pentru calcule se adoptă valorile $0,3 \leq \delta_v \leq 0,6$ mm. În aceste condiții ecuația stabilește limita teoretică minimă a curentului generat de norul de picături încărcate cu sarcină. Dacă se ia în considerare și efectul creșterii densității de sarcină, favorizat de onduirea vânei de lichid, va rezulta cu siguranță un curent " i_c " mai mare, dar nesemnificativ decât cel indicat de relația (4.66).

Pentru $r_c = 2.5$ mm; $r_v = 1$ mm; $U = 1500$ V; $\rho_l = 1000$ kg/m³ și diferite diametre ale picăturilor, se obțin: sarcina pe picătură și sarcina/masă (tabelul 4.14):

r_p [μ m]	3,5	5	10	20	30	40	55	60	70	80	90	100
q_p [C]	-4,6E-14	-7,2E-14	-1,6E-14	-3,5E-14	-5,5E-14	-7,7E-14	-9,9E-14	-1,21E-13	1,4E-13	-1,6E-13	-1,9E-13	-2,1E-13
q_p/m_p [C/kg]	3,3651	1,5560	0,3890	0,0972	0,0432	0,0243	0,01556	0,01080	0,00793	0,0060	0,0048	0,0038

120	1400	165	200
-2,61E-13	-3,1E-13	-3,6E-13	-4,4E-13
0,0027	0,0019	0,0014	0,0010

Relațiile prezentate sunt valabile numai în situația când zona "z" de formare a picăturilor se găsește în zona electrodului. Față de acest aspect, pot exista câteva fenomene care pot genera abateri de la acest model, și anume:

- Dacă presiunea de lucru a duzei este mare și determină o deplasare a zonei de formare a picăturilor în afara zonei electrodului, atunci sarcina electrică cu care se încarcă picăturile este mult mai mică, deoarece densitatea de sarcină pe suprafața vânei de lichid în această zonă este mai redusă. Teoretic această scădere poate fi compensată prin creșterea debitului de lichid, dar numai până la o anumită valoare;
- Dacă tensiunea aplicată între electrod și vâna de lichid se mărește, creșterea sarcinii nu are loc, deoarece apar descărcări locale (Corona). În această situație se reduce intensitatea câmpului de influență în zona de formare a picăturilor, iar în aceste condiții sarcina cu care se încarcă picăturile este mai mică;
- Dacă o parte din picăturile mici încărcate cu sarcină negativă sunt atrase de electrod, se

produce așa numita "umezire" a acestuia, iar lichidul depus se încarcă de data aceasta prin contact, rezultând picături încărcate cu sarcină de semn opus (deci în zonă apare o sarcină pozitivă), care tinde să neutralizeze sarcina negativă rezultată în prima fază prin influență electrostatică.

Evitarea fenomenului de "umezire" a electrodului, teoretic poate fi formulată în funcție de intensitatea câmpului electric radial E_r , de mobilitatea k_p a picăturilor încărcate cu sarcină negativă și caracteristicile constructive (geometrice) și electrice ale sistemului de încărcare (fig.4.19). Pentru ca picăturile să nu se depună pe electrod, trebuie ca deplasarea acestora sub acțiunea forțelor din zona dintre electrod și pânda de lichid, să se realizeze în așa fel încât acestea să nu atingă zona terminală a electrodului. În acest caz trebuie realizată o corelație pozițională între duză și electrod, sau o anumită lungime a acestuia, cât și imprimarea unei anumite viteze inițiale în momentul formării lor.

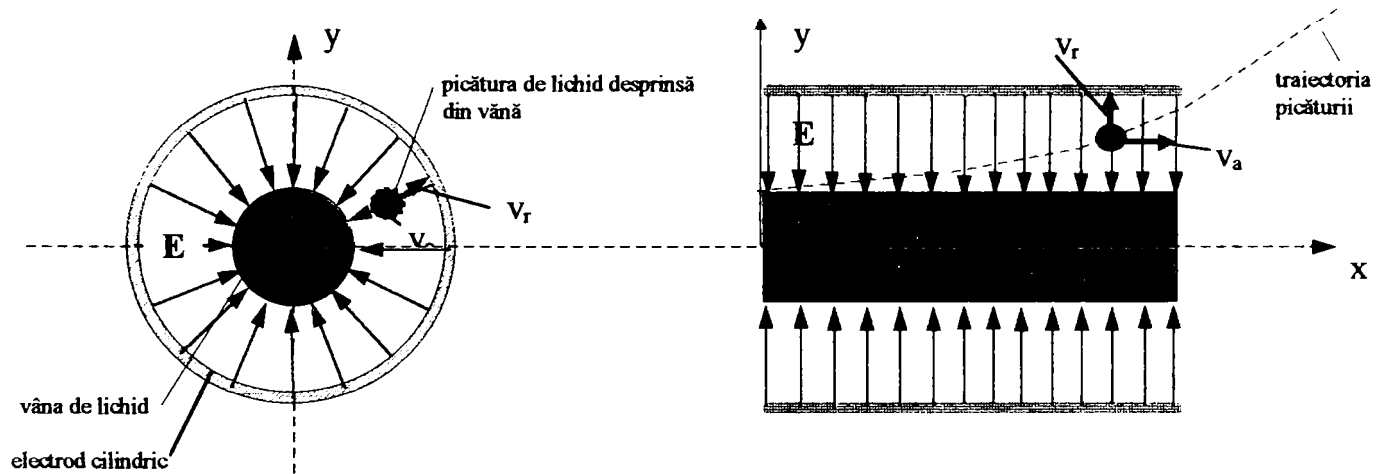


Fig.4.19.- Mișcarea picăturii în câmpul electric omogen

Luându-se în considerare numai forțele de natură electrică ce acționează asupra picăturilor, prin aplicarea legii fundamentale a mecanicii $F = ma$, proiectată pe cele două direcții, axială și radială, se scrie:

$$m_p \cdot a_x = F_x \text{ și } m_p \cdot a_y = F_y,$$

iar pentru condițiile inițiale: la $t = 0$, $x_0 = 0$ și $y_0 = 0$, rezultă:

$$x = \frac{v_0}{m_p} \cdot t \quad ; \quad y = \frac{q_p \cdot E}{2m_p} \cdot t^2 \quad \text{și} \quad y = \frac{m_p \cdot q_p \cdot E}{2v_0^2} \cdot x^2 \quad (4.67)$$

Trajectoria deplasării picăturii încărcate cu sarcină negativă către electrodul pozitiv, în câmpul electric uniform între electrod și pânda de lichid, are forma unei parabole și apare numai în prezența câmpului electric. La ieșirea din câmp, traiectoria va fi determinată de rezultanta forțelor exterioare sistemului electrod - pânda. Expresia (4.67) pune în evidență numai dependența de acțiunea electrică asupra picăturii încărcate, nu și de mobilitatea acesteia.

Dacă se are în vedere mobilitatea k_p a picăturilor încărcate cu sarcina negativă q_p , viteza radială v_r , cu care picătura se deplasează spre suprafața electrodului C , de la r_v către r_c , (picăturile fiind atrase de electrodul pozitiv), se poate exprima în funcție de poziția picăturii pe raza " r ", sub forma:

$$v_r = k_p \cdot E_r \quad [m/s] \quad (4.68)$$

unde: - k_p reprezintă mobilitatea picăturii încărcate [$m^2/V \cdot s$];

- E_r , reprezintă componenta radială a câmpului electric [V/m]

Mobilitatea k_p a picăturii încărcate cu sarcină, este dependentă de raza picăturii r_p , (masa picăturii), sarcina q_p cu care este încărcată și vâscozitatea aerului, η_a [$kg/s \cdot m$] [27] adică:

$$k_p = \frac{q_p}{6\pi \cdot \eta_a \cdot r_p} \quad [m^2/V \cdot s] \quad (4.69)$$

Prin combinarea relațiilor (4.68) și (4.69) rezultă:

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{(-)q_p \cdot E_r}{6\pi \cdot \eta_a \cdot r_p} = \frac{(-)q_p \cdot U}{6\pi \cdot \eta_a \cdot r_p \cdot r \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} \quad \text{și} \quad r \cdot dr = \frac{(-)q_p \cdot U}{6\pi \eta_a \cdot r_p \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)} dt \quad (4.70)$$

Integrarea relației (4.70) pune în evidență faptul că o picătură încărcată poate să părăsească zona de formare, fără să lovească și să se depună pe electrod, dacă este îndeplinită următoarea condiție:

$$l_c \leq \frac{3\pi \cdot \eta_a \cdot r_p \cdot v_a \cdot (r_c^2 - r_v^2) \cdot \ln\left(\frac{r_c}{r_v}\right)}{q_p \cdot U} \quad [m] \quad (4.71)$$

unde: - v_a reprezintă viteza axială a vânei de lichid [m/s].

- η_a , coeficientul de vâscozitate dinamică a aerului [N.s/m²].

Relația (4.71) exprimă dependența între elementele geometrice ale electrodului C (lungimea l_c și raza r_c), ale vânei de lichid (raza r_v), caracteristicile dielectricului (η_a) și ale pulverizării (mărimea picăturii " r_p " și viteza " v_a "), cât și de caracteristicile încărcării (q_p și U). Pentru tensiunea $U=1500$ V, datele calculate sunt prezentate în tab.4.15, de unde se observă că lungimea electrodului $l_c \leq 2,5$ mm.

Lungimea electrodului

Tabelul 4.15

diametrul picăturii d_p (μm)	viteza picăturii v_p (m/s)	sarcina picăturii q_p (C)	lungimea electrodului l_c (m)
5	11,93	(-) 17,2E-15	0,002319
10	15,18	(-) 1,60E-14	0,002656
30	16,91	(-) 5,50E-14	0,002582
50	17,22	(-) 9,80E-14	0,002460
100	17,45	(-) 2,13E-13	0,002293
150	17,53	(-) 3,40E-13	0,002165
200	17,56	(-) 4,44E-13	0,002214
300	17,60	(-) 2,30E-12	0,000642
400	17,62	(-) 2,31E-12	0,000858
500	17,63	(-) 2,32E-12	0,00106

4.3.1.2- Varianta modelului ideal cu electrod de formă cilindrică și calculul prin MEF.

Metoda de calcul prin aplicarea legii fluxului electric sub formă integrală (par.4.3.1.1), a permis determinarea sarcinii induse pe suprafața vânei de lichid pe toată lungimea electrodului. Metoda nu a permis însă calculul cu precizie a sarcinii induse numai pe suprafața frontală a vânei, acolo unde ea se fragmentează și se formează picăturile, a evoluției sarcinii pe lungimea vânei de lichid și modul cum aceasta intervine în sarcina picăturilor care se formează, stabilirea poziției electrodului față de partea frontală a vânei, când are loc încărcarea maximă. De aceea determinarea cu precizie a acestor parametri, se face prin *Metoda Elementului Finit* (MEF).

Pentru sistemul prezentat în fig.4.18, în domeniul de analiză D , cuprins între electrod și vâna de lichid, potențialul V satisface ecuația lui Laplace:

$$\Delta V = \nabla^2 V = 0 \quad (4.72)$$

unde $\Delta = \nabla^2$ este Laplacianul funcției scalare V .

Deoarece în spațiul de analiză nu există sarcină distribuită în volum ($\rho_v = 0$), unica sursă de câmp electrostatic o constituie electrodul ce are potențialul V_0 și vâna de lichid cu potențialul zero.

Ecuația lui Laplace are în general mai multe soluții, însă soluția corectă va fi aceea care satisface și condițiile pe frontiera domeniului analizat:

- **condiții Dirichlet**, atunci când pe suprafața de frontieră sunt cunoscute valorile potențialului V_0 și în funcție de acesta, se determină potențialul scalar al câmpului laplacian, pe întreg domeniul cuprins de suprafața unde este cunoscut V_0 ;

$$V(P) = V_0 \quad (4.73)$$

- **condiții Neumann**, atunci când se cunosc componentele normale ale vectorului câmp pe suprafața de frontieră și în funcție de acestea se determină potențialul scalar al câmpului pe întreg domeniul.

$$E_n = -\frac{\partial V}{\partial n} \quad (4.74)$$

Determinarea în domeniul \mathcal{D} cu configurația complexă, a valorilor funcției scalare necunoscute și a funcțiilor \vec{E} , \vec{D} , ρ_s , se realizează prin aplicarea MEF, cunoscută ca o metodă de calcul aproximativă, ce permite integrarea prin calcul numeric a ecuației cu derivate parțiale (4.72), definită pe domeniul \mathcal{D} , pentru anumite condiții pe frontiera acestuia (Dirichlet sau Neumann). MEF folosește principiul variațional sau metoda Galerkin. Conform principiului variațional, rezolvarea relației (4.72) în domeniul \mathcal{D} și în anumite condiții pe frontieră, este echivalentă cu minimizarea în acel domeniu a unei funcționale $\mathcal{F}(V)$, corespunzătoare ecuației diferențiale și condițiilor de frontieră date. Specific MEF, minimizarea se face pe subdomenii ale domeniului \mathcal{D} , denumite elemente finite, legate între ele prin noduri. Ca urmare a minimizării funcționalei în toate elementele finite în care se împarte (discretizează) domeniul \mathcal{D} și a asamblării pe tot domeniul a efectelor obținute pe elementele finite, rezultă un sistem de ecuații algebrice, prin a căror rezolvare se determină valorile funcției scalare necunoscute în noduri (necunoscute nodale). În scopul minimizării funcționalei $\mathcal{F}(V)$ pe domeniul \mathcal{D} , funcția necunoscută V continuă pe \mathcal{D} , este aproximată printr-un set de funcții continue numai pe cuprinsul elementelor finite.

Soluția relației (4.72) care îndeplinește condiția (4.73), este funcția scalară V care minimizează funcționala:

$$\mathcal{F}(V) = \frac{1}{2} \int_{vD} \epsilon_0 (\nabla V)^2 dv \quad (4.75)$$

Considerând problema ca un câmp **2-D** cu simetrie de rotație (axisimetric sau plan meridian), cu

$$\Delta V = \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \quad (4.76)$$

integrala de volum trebuie substituită în integrală de suprafață și $dv = 2\pi r dr \cdot dz$, iar funcționala este:

$$\mathcal{F}(V) = \pi \int_{sD} \frac{\epsilon_0}{2} \left[\left(\frac{\partial V}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] dr dz \quad (4.77)$$

sau

$$\mathcal{F}(V) = \pi \frac{\epsilon_0}{2} \int_{sD} (\nabla V)^2 ds$$

Pentru minimizare se discretizează domeniul \mathcal{D} în subdomenii disjuncte, numite elemente finite. Problema fiind axisimetrică, domeniul \mathcal{D} este plan, partiția se realizează cu ajutorul unor poligoane de tip triunghi, astfel încât proprietățile electrice să fie invariabile în interiorul fiecărui element finit, ceea ce se poate realiza totdeauna în domenii cu proprietăți constante pe porțiuni (fig.4.20.).

Elementele finite au diferite forme în funcție de configurația domeniului \mathcal{D} , iar rețeaua a fost aleasă deasă, acolo unde s-a presupus că prezintă interes. Se notează cu "N" numărul total de elemente finite și "n" numărul de puncte nodale ale acestuia.

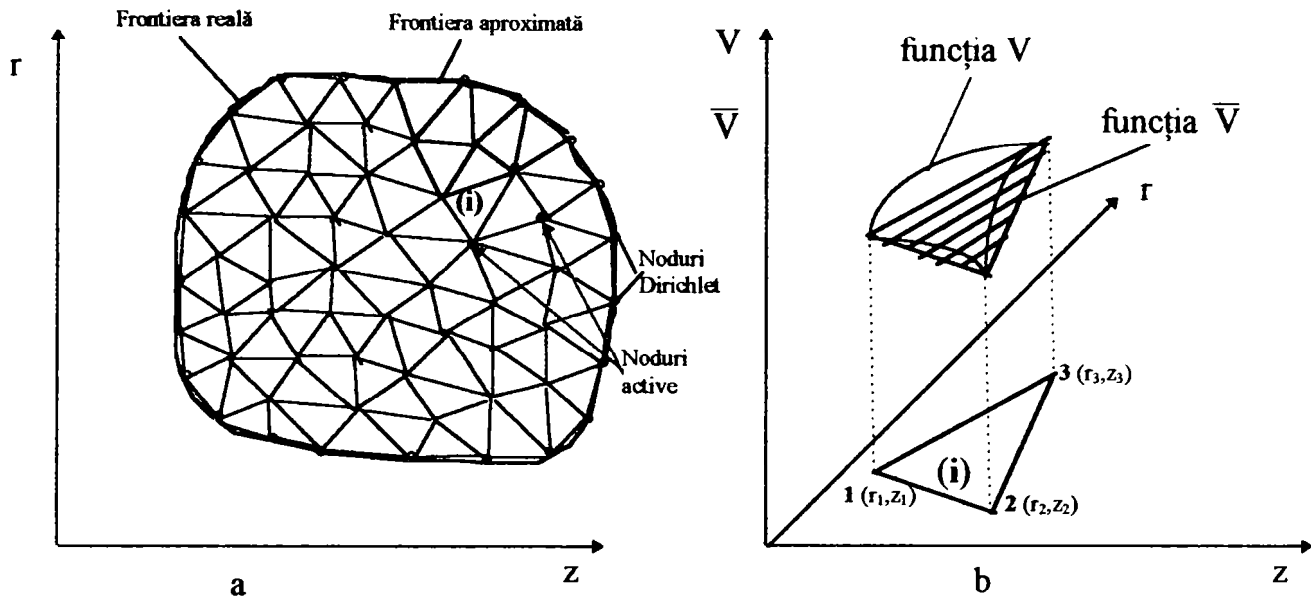


Fig.4.20.- Principiul MEF

Prin împărțirea domeniului în rețeaua de elemente finite, funcționala (4.77) se va scrie sub forma sumei funcționalelor corespunzătoare celor "N" elemente finite.

$$\mathcal{F}(V) = \sum_{i=1}^N F_i = \frac{\pi\epsilon_0}{2} \int_{sD} r \left[\left(\frac{\partial V}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] dr dz \quad (4.78)$$

sau

$$\mathcal{F}(V) = \sum_{i=1}^N \frac{\pi\epsilon_0}{2} \int_{sD} r (\Delta V)^2 \cdot ds_i$$

Folosirea relație (4.78) în locul relației (4.75), presupune respectarea unor condiții de trecere (specifice câmpului considerat) pe suprafețele ce separă elementele alăturate, în sensul continuității funcției potențial V și egalitatea componentelor normale ale inducției pe suprafața domeniului.

Pentru aplicarea relației (4.78), s-a efectuat operația de aproximare a funcției potențial $V(r,z)$ a unui element finit, printr-o funcție polinomială \bar{V} , de ordinul I (fig.4.20 b). Elementele finite sunt de dimensiuni suficient de mici și ca urmare se admite că funcția de potențial $V(r,z)$, variază liniar cu r și z , ceea ce corespunde unei aproximări printr-un polinom de ordinul I.

Fie elementul finit triunghiular oarecare "i", cu vârfurile 1,2,3, de coordonate $1(r_1, z_1)$, $2(r_2, z_2)$, $3(r_3, z_3)$. Pentru un punct din interiorul elementului "i", funcția potențială $V(z,r)$ se poate scrie:

$$V_i = \alpha_1 + \alpha_2 z + \alpha_3 r \quad (4.79)$$

sau sub formă matricială

$$V_i = \begin{bmatrix} 1 & z & r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \quad (4.80)$$

În același timp, potențialul unui punct P din interiorul triunghiului se exprimă în funcție de potențialele nodurilor 1, 2, 3, ale elementului finit.

$$\bar{V}_i = f_{i,1} V_1 + f_{i,2} V_2 + f_{i,3} V_3$$

sau matricial,

$$\bar{V} = \begin{bmatrix} f_{i,1} & f_{i,2} & f_{i,3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \mathbf{f} \cdot \mathbf{V} \quad (4.81)$$

unde $f_{i,1}$, $f_{i,2}$ și $f_{i,3}$ sunt funcții de r și z , denumite funcții de formă (sau funcții de bază) și reprezintă o descriere pur geometrică a domeniului, independent de valorile V_1, V_2, V_3 .

Dacă punctul P se găsește într-un nod (de exemplu 3), funcția sa de formă $f_{i,3}=1$, iar celelalte sunt nule ($f_{i,1}=f_{i,2}=0$). În cazul aproximării funcției potențiale $V(r,z)$, considerând o variație liniară, pentru două elemente finite adiacente, se asigură egalitatea potențialelor în cele 2 noduri comune corespunzătoare.

Determinarea funcțiilor de formă, rezultă din particularizarea relației (4.81) pentru nodurile 1,2,3, iar funcția de aproximare \bar{V}_i înlocuiește funcția $V(z,r)$, printr-un plan care va trece prin punctele 1,2,3;

$$\begin{aligned} \bar{V}_{(z_1,r_1)} &= V_1 = \alpha_1 + \alpha_2 z_1 + \alpha_3 r_1 \\ \bar{V}_{(z_2,r_2)} &= V_2 = \alpha_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 r_2 \\ \bar{V}_{(z_3,r_3)} &= V_3 = \alpha_1 + \alpha_2 z_3 + \alpha_3 r_3 \end{aligned} \quad \text{sau matricial} \quad V_i = \begin{pmatrix} 1 & z_1 & r_1 \\ 1 & z_2 & r_2 \\ 1 & z_3 & r_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} \quad (4.82)$$

și prin rezolvarea sistemului, rezultând:

$$\begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & z_1 & r_1 \\ 1 & z_2 & r_2 \\ 1 & z_3 & r_3 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} \quad (4.83)$$

care înlocuită în relația (4.80) se obține.

$$V_i = \begin{pmatrix} 1 & z & r \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & z_1 & r_1 \\ 1 & z_2 & r_2 \\ 1 & z_3 & r_3 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} \quad (4.84)$$

Prin compararea relației (4.84) cu relația (4.81), rezultă matricea funcțiilor de formă:

$$\|f_i\| = \begin{pmatrix} 1 & z & r \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & z_1 & r_1 \\ 1 & z_2 & r_2 \\ 1 & z_3 & r_3 \end{pmatrix} \quad (4.85)$$

respectiv:

$$\begin{aligned} f_{i,1} &= \frac{1}{2S_i} \left[(z_2 \cdot r_3 - z_3 \cdot r_2) + (r_2 - r_3) \cdot z + (z_3 - z_2) \cdot r \right] \\ f_{i,2} &= \frac{1}{2S_i} \left[(z_3 \cdot r_1 - z_1 \cdot r_3) + (r_3 - r_1) \cdot z + (z_1 - z_3) \cdot r \right] \\ f_{i,3} &= \frac{1}{2S_i} \left[(z_1 \cdot r_2 - z_2 \cdot r_1) + (r_1 - r_2) \cdot z + (z_2 - z_1) \cdot r \right] \end{aligned} \quad (4.86)$$

unde S_i este aria triunghiului ce constituie elementul finit 1,2,3.

$$S_i = \begin{vmatrix} 1 & z_1 & r_1 \\ 1 & z_2 & r_2 \\ 1 & z_3 & r_3 \end{vmatrix} \quad (4.87)$$

Prin cunoașterea funcțiilor de formă $\|f_i\|$ se poate determina funcția de potențial V_i și se poate efectua operația de minimizare a funcționalei (4.78) în a cărei expresie intervine $(\Delta V)^2$.

$$\nabla V_i = \frac{\partial V_i}{\partial r} \cdot \bar{u}_r + \frac{\partial V_i}{\partial z} \cdot \bar{k} = \bar{u}_r \frac{\partial}{\partial r} (f_{i,1} \cdot V_1 + f_{i,2} \cdot V_2 + f_{i,3} \cdot V_3) + \bar{k} \frac{\partial}{\partial z} (f_{i,1} \cdot V_1 + f_{i,2} \cdot V_2 + f_{i,3} \cdot V_3) \quad (4.88)$$

iar dacă se ține seama de expresiile funcțiilor de formă (4.86), relația (4.88) devine:

$$\nabla V_i = \bar{u}_r \frac{1}{2S_i} \left[(r_2 - r_3) \cdot V_1 + (r_3 - r_1) \cdot V_2 + (r_1 - r_2) \cdot V_3 \right] + \bar{k} \frac{1}{2S_i} \left[(z_3 - z_1) \cdot V_1 + (z_1 - z_3) \cdot V_2 + (z_2 - z_1) \cdot V_3 \right] \quad (4.89)$$

Dacă pentru fiecare element finit se admite aproximația $|\Delta V = ct|$, funcționala (4.78) se poate scrie sub forma:

$$\mathcal{F}(V) = \sum_{i=1}^N \frac{\pi \epsilon_{0,i} S_i \cdot r_i}{2} (\Delta V)^2 \quad (4.90)$$

iar dacă se ține seama de relația (4.86), relația (4.90) devine:

$$\mathcal{F}(V) = \sum_{i=1}^N \frac{\pi \epsilon_{0,i} \cdot r_i}{8 S_i} \left\{ [(r_2 - r_3)V_1 + (r_3 - r_1)V_2 + (r_1 - r_2)V_3]^2 + [(z_3 - z_1)V_1 + (z_1 - z_3)V_2 + (z_2 - z_1)V_3]^2 \right\} \quad (4.91)$$

Funcționala (4.90), s-a transformat într-o funcție având drept variabile potențialele celor "n" puncte nodale din domeniul \mathcal{D} . Condiția de minimizare este echivalentă cu impunerea ca în fiecare punct nodal "j",

$$\frac{\partial \mathcal{F}(V)}{\partial V_j} = 0 \quad (4.92)$$

adică, anulând derivatele funcției în raport cu potențialele nodurilor, se obține un sistem de ecuații algebrice;

$$\frac{\partial \mathcal{F}(V)}{\partial V_j} = 0 \quad \text{ptr. } j = 1, \dots, n \quad (4.93)$$

în care intervin "n" necunoscute, care sunt potențialele punctelor nodale (V_j).

Sistemul (4.93) se rezolvă numeric, rezultând valorile potențialelor în punctele nodale. Prin intermediul funcțiilor de formă, pentru fiecare element finit, se calculează grad V_j , apoi:

- **vectorul intensitate a câmpul electrostatic,**

$$\vec{E} = \text{grad}V; \quad E_z = \frac{\partial V}{\partial z}; \quad E_r = \frac{\partial V}{\partial r} \quad (4.94)$$

- **vectorul inducție electrică:** $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ (4.95)

- **sarcina electrică totală într-un anumit volum specificat:**

$$q = \oint_{\Sigma} \vec{D} \cdot \vec{n} ds \quad (4.96)$$

- **sarcina electrică pe o anumită suprafață din vâna de lichid:**

$$\text{div} \vec{D} = \rho_s \quad \text{sau} \quad (\vec{D}_2 - \vec{D}_1) \cdot \vec{n}_{12} = \rho_s. \quad (4.97)$$

Pentru determinarea încărcării vânei de lichid, respectiv a picăturilor cu sarcină electrică, s-a modelat sistemul de încărcare prezentat în subparagraful 4.3.1.1, în vederea aplicării programului **Qfield (Finite Element Analysis System)**. S-a determinat cu ajutorul acestuia, repartiția câmpului electric și a suprafețelor echipotențiale pentru mai multe configurații geometrice, obținute prin modificarea poziției electrodului față de locul unde are loc ruperea vânei de lichid, modificarea lățimii și formei electrozilor, cât și modificarea diametrului electrodului activ și a diametrului vânei, distanța Δr rămânând constantă. Programul Qfield elaborat de Tera Analysis, fiind un instrument eficient și precis ce permite reprezentarea grafică a geometriei sistemului modelat (plan meridian) și utilizând metoda variațională, a permis evaluarea rapidă în orice punct al domeniului a următoarelor mărimi: potențialul electrostatic V , intensitatea câmpului electrostatic \vec{E} , inducția electrică \vec{D} , sarcina electrică ρ_s pe o anumită suprafață de pe vâna (pelicula) de lichid ce iese din duză. Datele obținute pe modelul simulat, au scos în evidență creșterea sarcinii pe vâna de lichid, odată cu tensiunea de alimentare a electrodului și poziționarea nervurii electrodului cât mai aproape de poziția punctului unde are loc ruperea.

Modelarea s-a efectuat pentru 2 situații distincte:

a.- fără a se lua în considerare influența norului format din picături deja încărcate și aflat în apropierea electrozilor, asupra încărcării vânei de lichid ce iese din duză: în acest caz se analizează influența poziției electrodului față de locul unde are loc ruperea asupra încărcării cu sarcină a vânei;

b.- cu luarea în considerare a norului de picături (ca sarcină spațială) și modul cum acesta influențează încărcarea cu sarcină a vânei.

Pentru prima situație, sistemul modelat are următoarea configurație geometrică (fig.4.21). Vâna de lichid se consideră cilindrică de rază r_v , iar electrodul de formă cilindrică (inel), cu raza interioară r_c și lungimea l_c ,

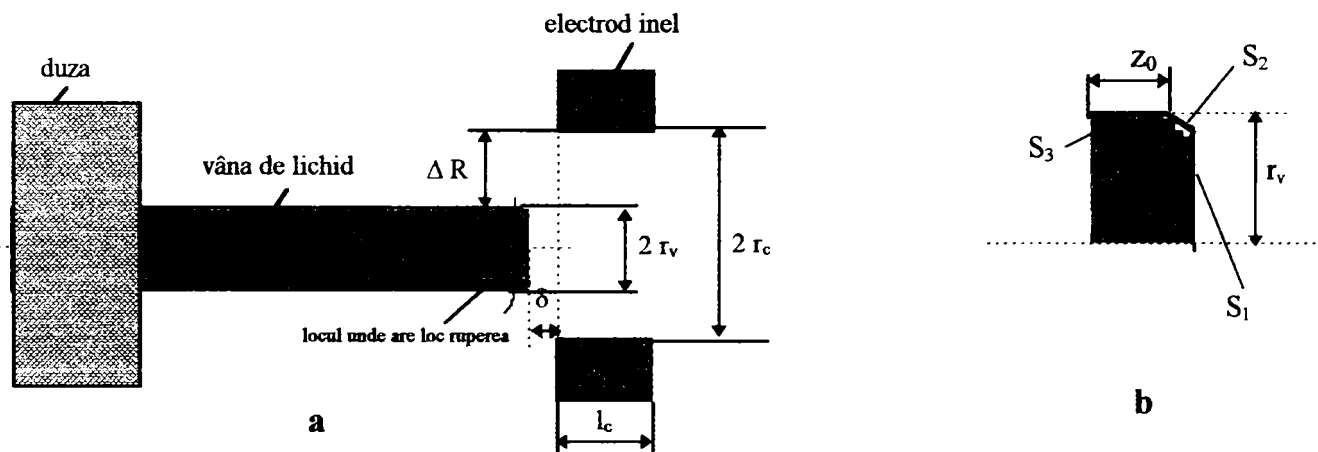


Fig. 4.21.- Configurația geometrică a sistemului modelat

a.- configurația geometrică a sistemului de încărcare; b.- porțiunea din vâna de lichid de pe a cărei suprafață sarcinile libere contribuie la sarcina picăturilor.

Modelarea s-a făcut în câmp electrostatic, configurație plan-meridian, în semispațiul superior pentru mai multe variante:

- menținerea constantă a razelor r_v , r_c și l_c și modificarea poziției electrodului față de partea frontală a vânei, (locul unde are loc ruperea acesteia) cu $\pm\delta$, pentru a stabili influența poziției electrodului față de locul de rupere, la încărcarea cu sarcină;
- menținerea constantă a lui δ , și modificarea r_v și r_c , păstrând Δr constant, pentru a se stabili limita pentru care $E_{\max} \leq E_d$ (rigiditatea dielectrică a aerului umed din spațiul dintre electrod și vâna de lichid);
- modificarea lățimii electrodului l_c , ceilalți parametri rămân constanți, rezultați de la "a" și "b", pentru a se analiza influența lungimii electrodului l_c asupra nivelului de încărcare.

Ca elemente de analiză s-a luat suprafața $S=S_1+S_2+S_3$ (S_1 suprafața circulară; S_2 suprafața conică și S_3 suprafața cilindrică). Pentru a se lua în calcul și suprafața S_3 , s-a analizat până la ce valoare a lui z_0 , sarcinile libere de pe suprafața mai contribuie la sarcina picăturilor formate. Luându-se doar S_1 și S_2 ($z_0=0$), se obține o măsură a încărcării datorată doar suprafeței frontale a vânei de lichid;

Pentru toate configurațiile, modelarea s-a făcut cu muchii rotunjite, atât pentru electrod cât și pentru vâna de lichid. Modelul de referință privind dimensiunile elementelor principale este prezentat în fig.4.22 a, iar coordonatele domeniului de analiză D limitat de frontierele F_1-F_4 în fig.4.22 b, unde se prezintă și rețeaua de discretizare (500 puncte de discretizare). Dimensiunea elementelor finite în apropierea punctului de interes se ia de valori cât mai mici.

Variantele de modelare au fost luate în funcție de valorile δ , (tabelul 4.16), ale razelor electrodului r_c și vânei r_v (tabelul 4.17), cât și lățimii electrodului l_c (tabelul 4.18). Dimensiunea axială a electrodului de valoare mică (lățimea), nu influențează sensibil sarcina specifică, însă la dimensiuni

mari, picăturile pot fi atrase de electrod.

Cazul modelării s-a considerat pentru:

- aer: $\epsilon_r = 1$;
- duza din material ceramic: $\epsilon_r = 10$;
- electrod din material conductor: $\epsilon_r = 1$; $U_0 = 1,5 \text{ kV}$;
- soluție pe bază de apă : $\epsilon_r = 80$; $U_0 = 0 \text{ V}$;
- frontiere: $U_{F1...F4} = 0 \text{ V}$.

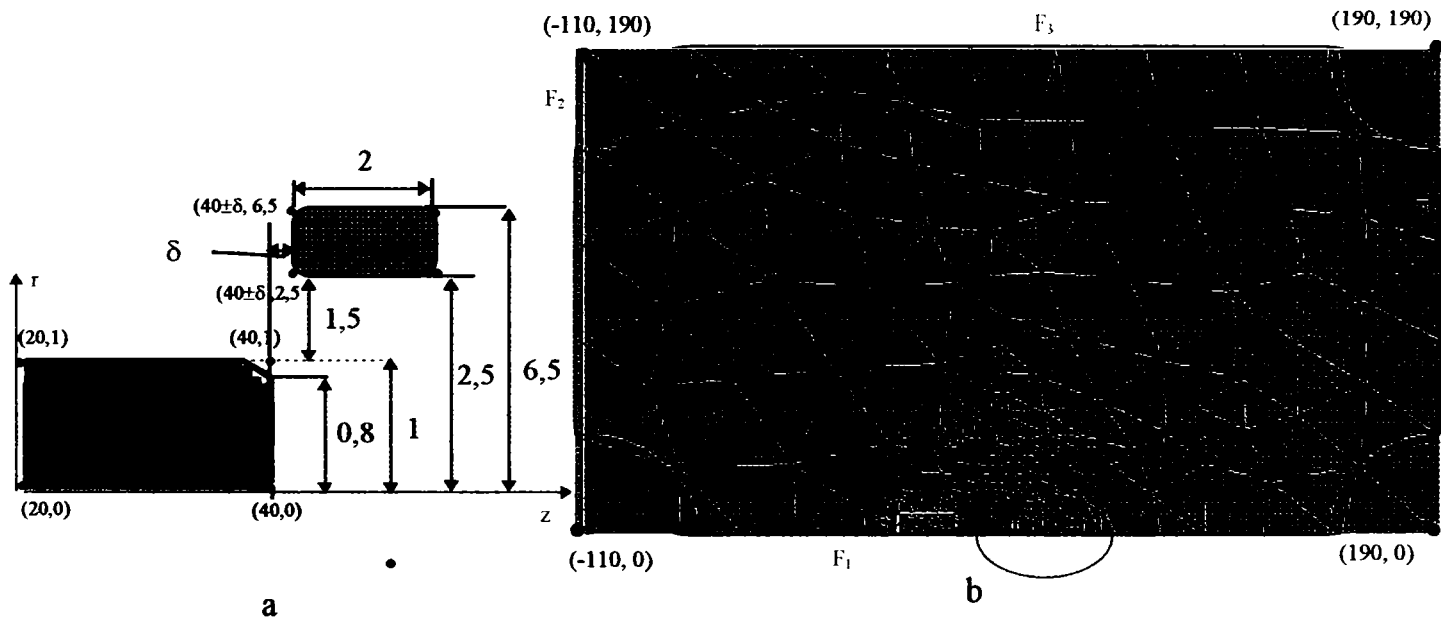


Fig.4.22.- Modelul de referință al sistemului.

Soluția toxică fiind considerată conductor: rezultă $E = 0$;

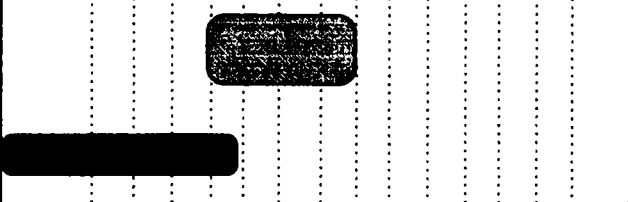
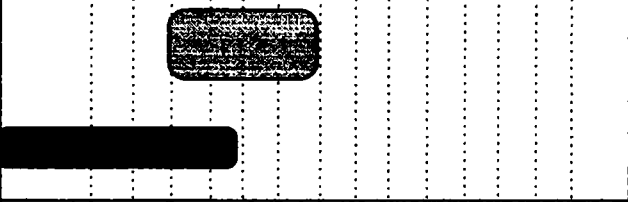
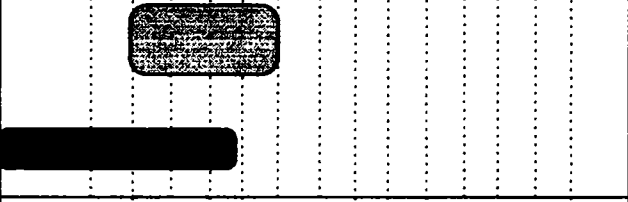
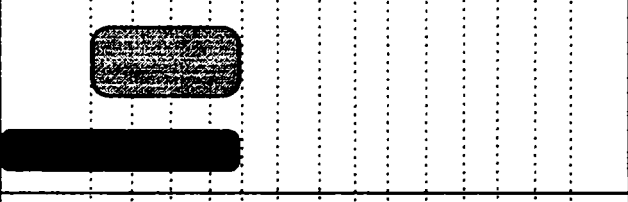
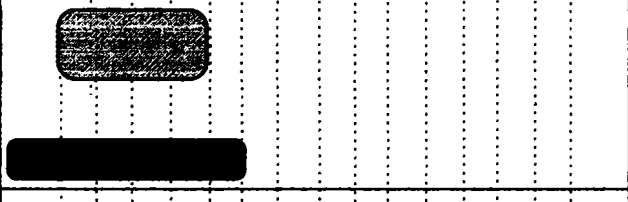
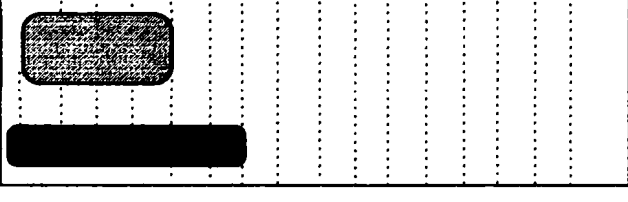
La suprafața vânei de lichid: $\text{div} \vec{D} = \rho_s = D_n$ componenta normală a inducției electrice;

$$q = \int_S \rho_s dS \quad ; \quad S = S_1 + S_2 \quad (4.98)$$

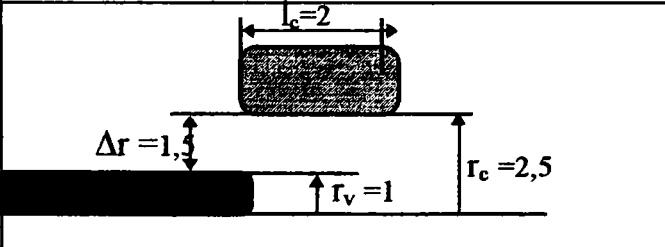
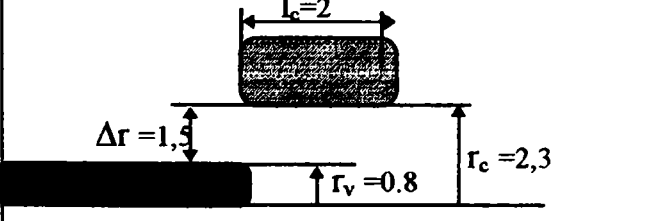
Modelarea sistemului pentru analiza influenței mărimii δ

Tabelul. 4.16

Variante de modelare I		
1.		$\delta = -\frac{l_c}{2}$
2.		$\delta = -\frac{l_c}{4}$
3.		$\delta = 0$

4.		$\delta = \frac{l_c}{4}$
5.		$\delta = \frac{l_c}{2}$
6.		$\delta = \frac{3l_c}{4}$
7.		$\delta = l_c$
8.		$\delta = \frac{5l_c}{4}$
9.		$\delta = \frac{3l_c}{2}$

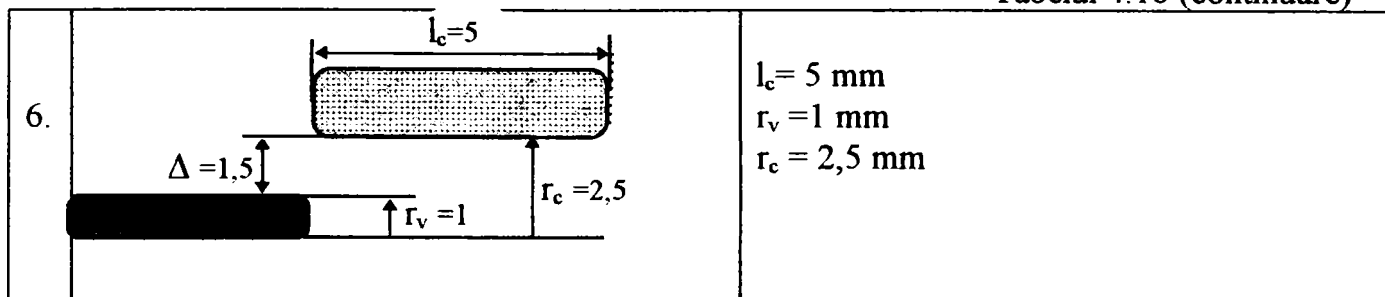
Modelarea sistemului pentru a analiza influența mărimii razelor electrodului (r_c) și vânei r_v Tabelul 4.17

Variante de modelare II	
1.	 <p>$\Delta r = 1,5$ $r_c = 2,5$ $r_v = 1$</p>
2.	 <p>$\Delta r = 1,5$ $r_c = 2,3$ $r_v = 0,8$</p>

3.		$\Delta r = 1,5 \text{ mm}$ $r_v = 0,6 \text{ mm}$ $r_c = 2,1 \text{ mm}$
4.		$\Delta r = 1,5 \text{ mm}$ $r_v = 0,4 \text{ mm}$ $r_c = 1,9 \text{ mm}$

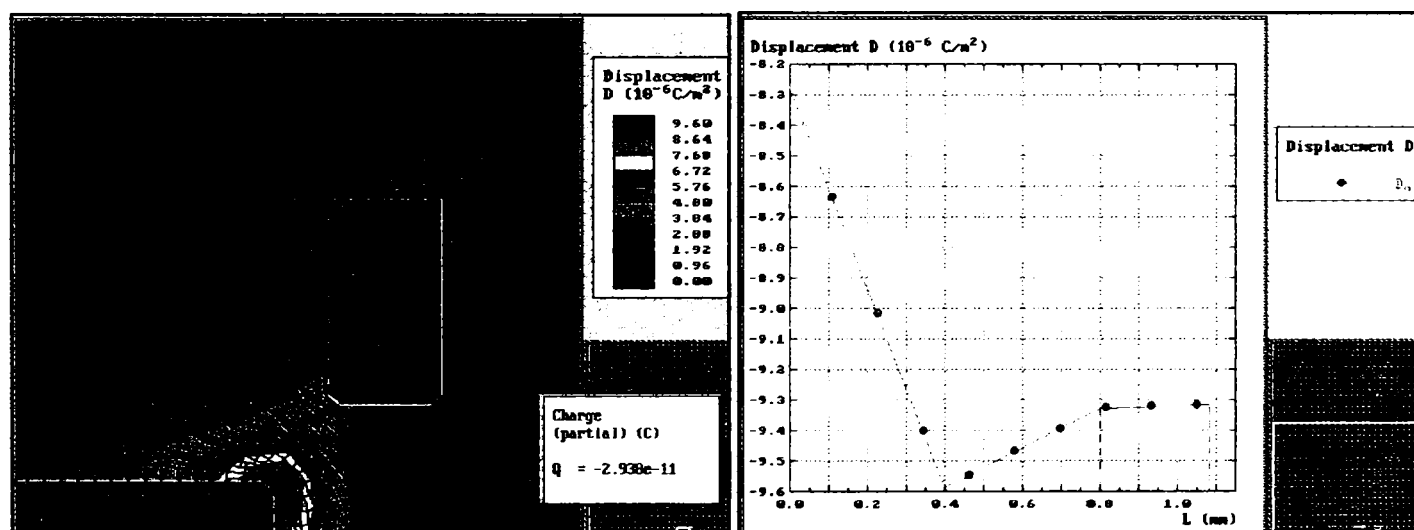
Modelarea sistemului pentru a analiza influenței lățimii l_c a electrodului Tabelul 4.18

Variante de modelare III		
1.		$l_c = 1 \text{ mm};$ $r_v = 1 \text{ mm}$ $r_c = 2,5 \text{ mm}$
2.		$l_c = 1,5 \text{ mm}$ $r_v = 1 \text{ mm}$ $r_c = 2,5 \text{ mm}$
3.		$l_c = 2 \text{ mm}$ $r_v = 1 \text{ mm}$ $r_c = 2,5 \text{ mm}$
4.		$l_c = 2,5 \text{ mm}$ $r_v = 1 \text{ mm}$ $r_c = 2,5 \text{ mm}$
5.		$l_c = 3 \text{ mm}$ $r_v = 1 \text{ mm}$ $r_c = 2,5 \text{ mm}$

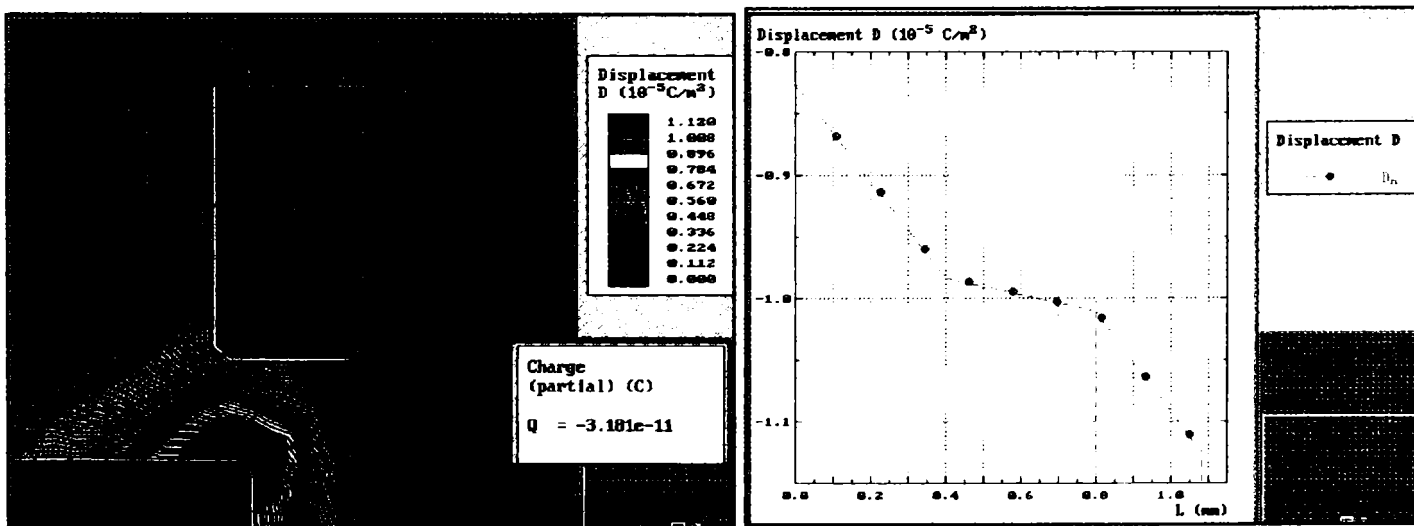


Pentru fiecare variantă de modelare, discretizarea a fost în aproximativ 500 puncte de discretizare, având ca model de reprezentare, fig. 4.22.

Pentru analiza cantitativă a procesului de încărcare prin influență, s-a determinat cu ajutorul programului Qfield, spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru toate configurațiile de modelare (fig. 4.23, fig. 4.24 și fig. 4.25)

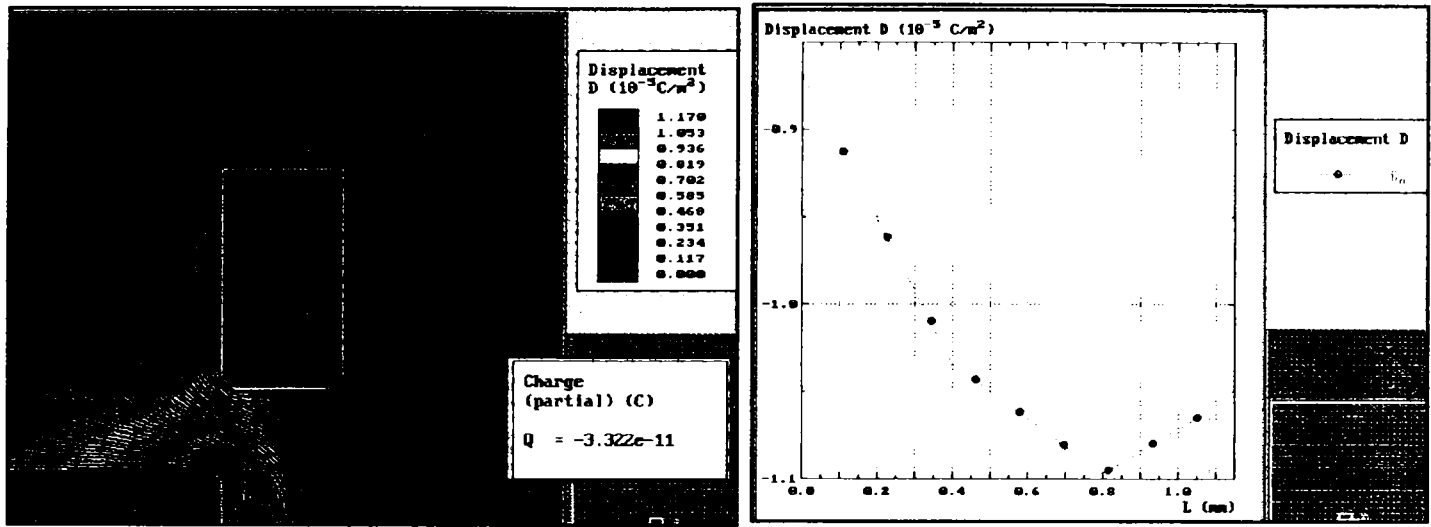


I.1

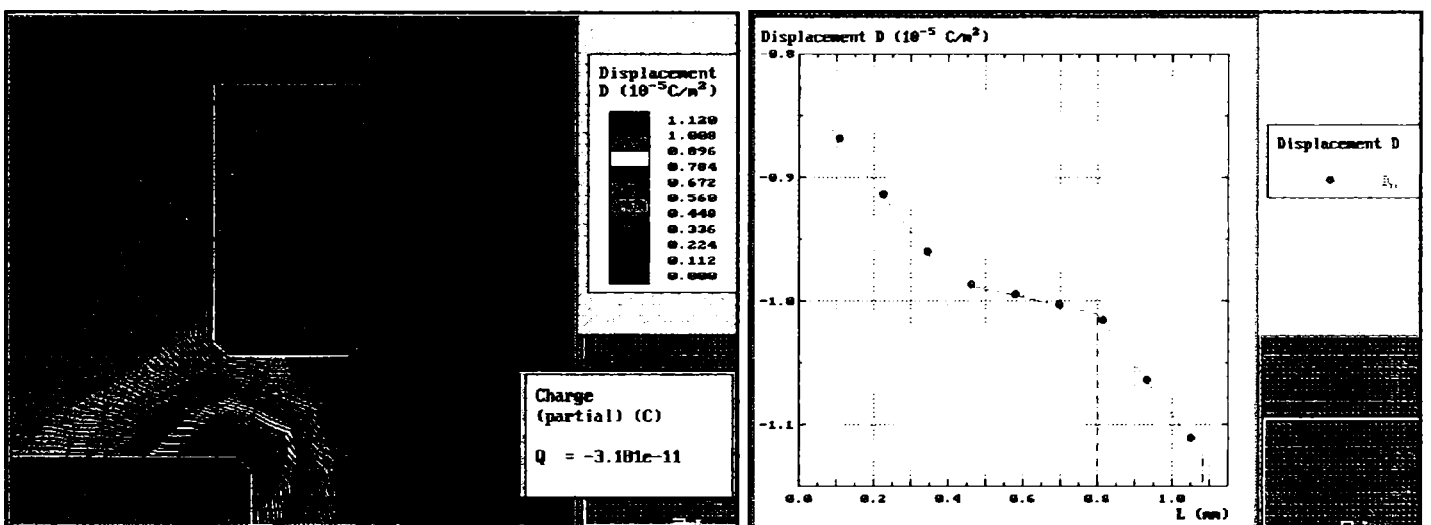


I.2

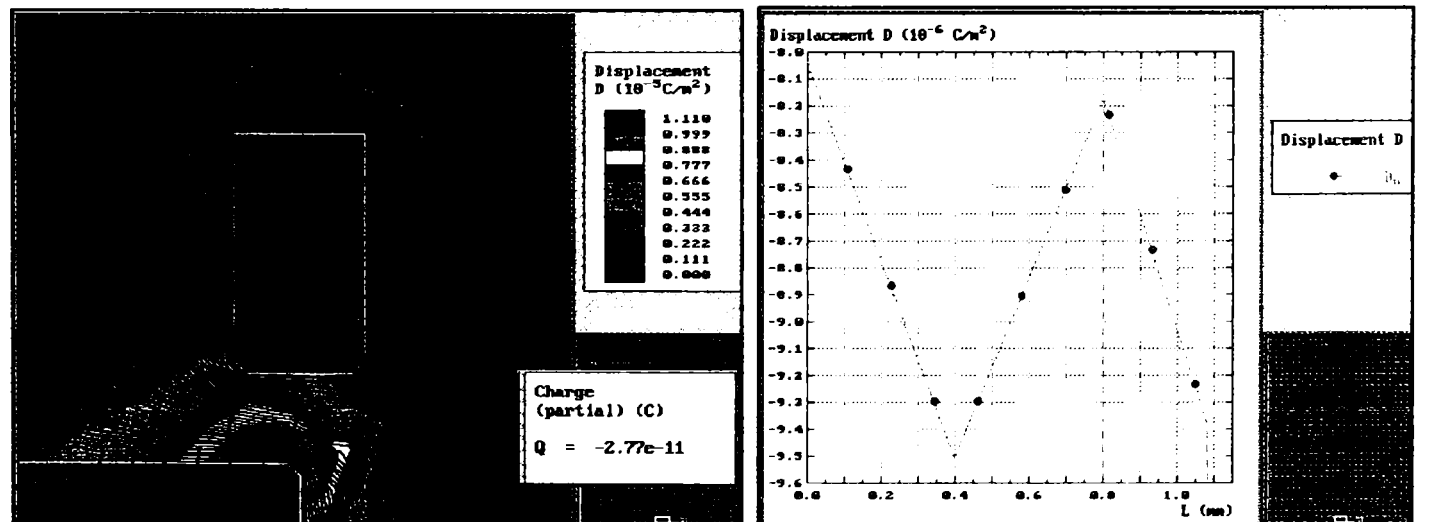
Fig. 4.23.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru variantele I.1 - I.2



I.3

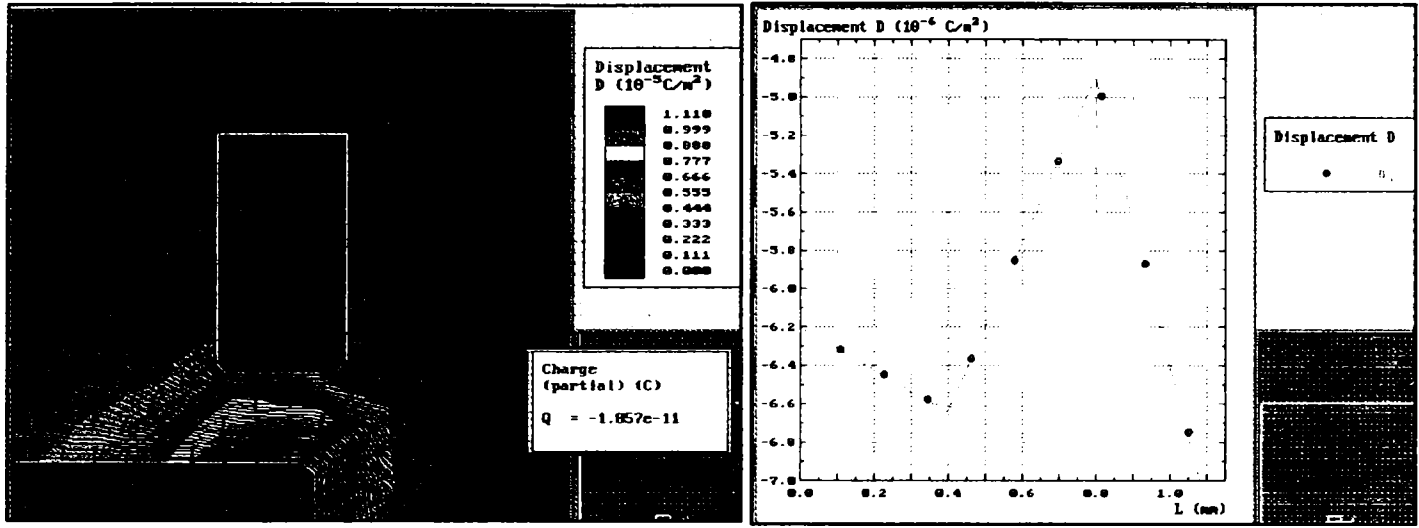


I.4

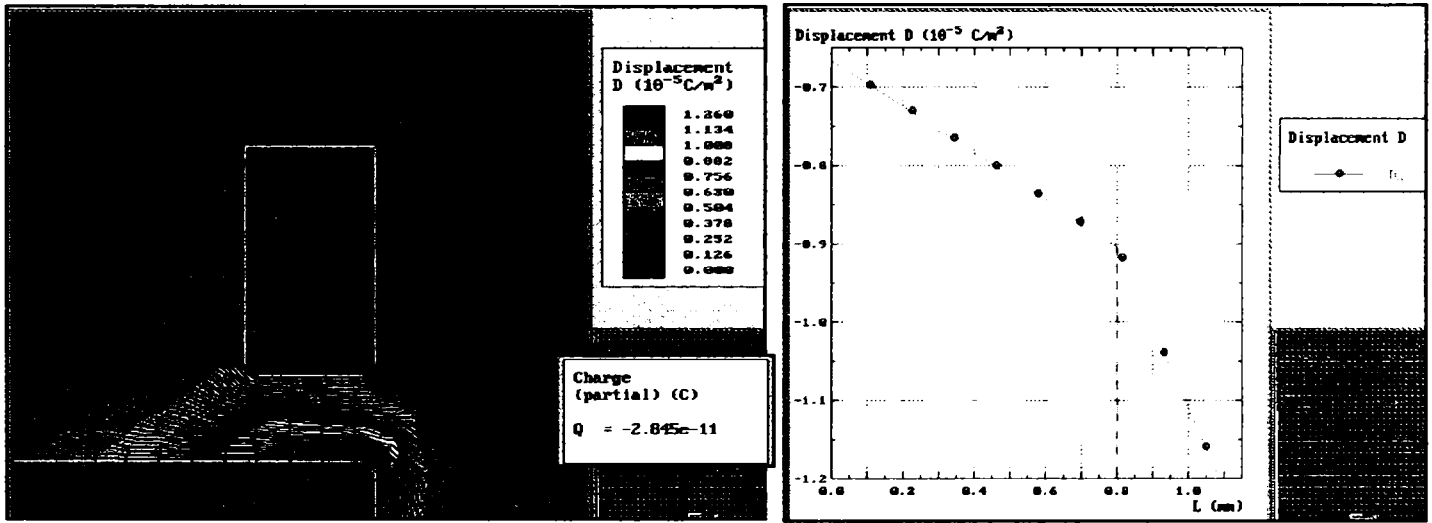


I.5

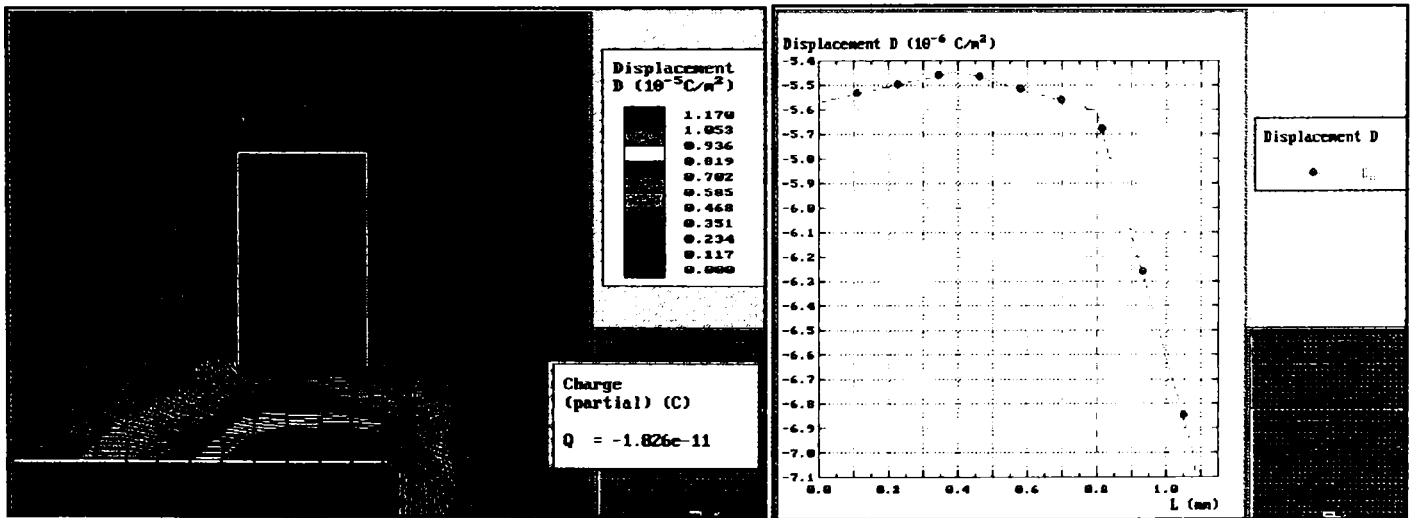
Fig.4.23.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru variantele I.3 - I.5 (continuare)



I.6

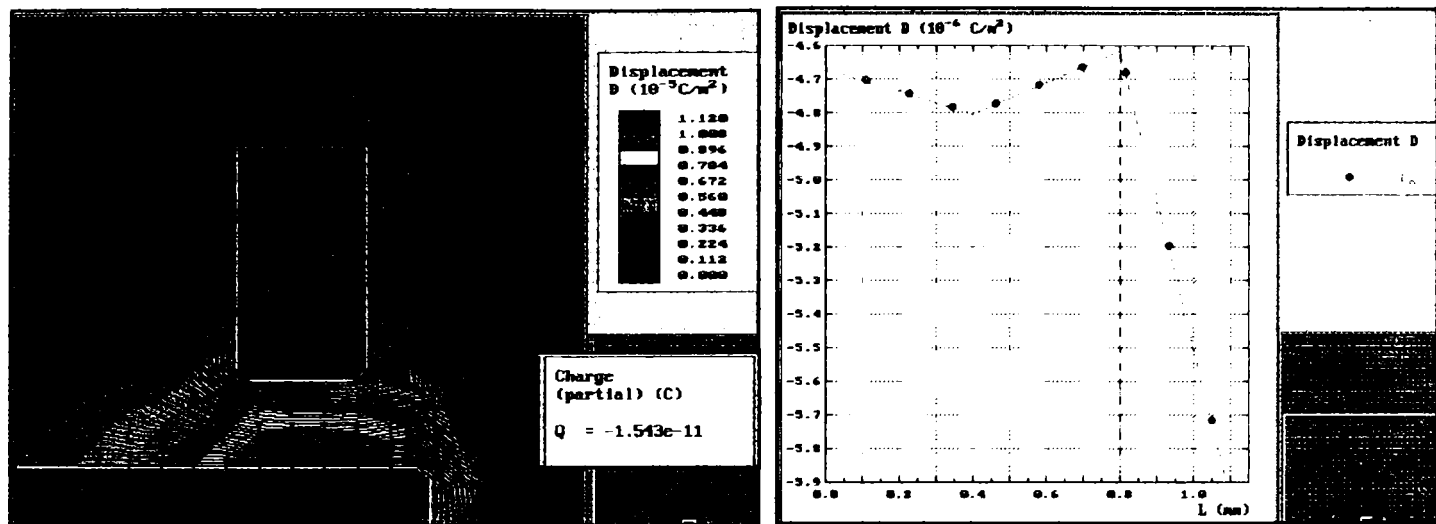


I.7



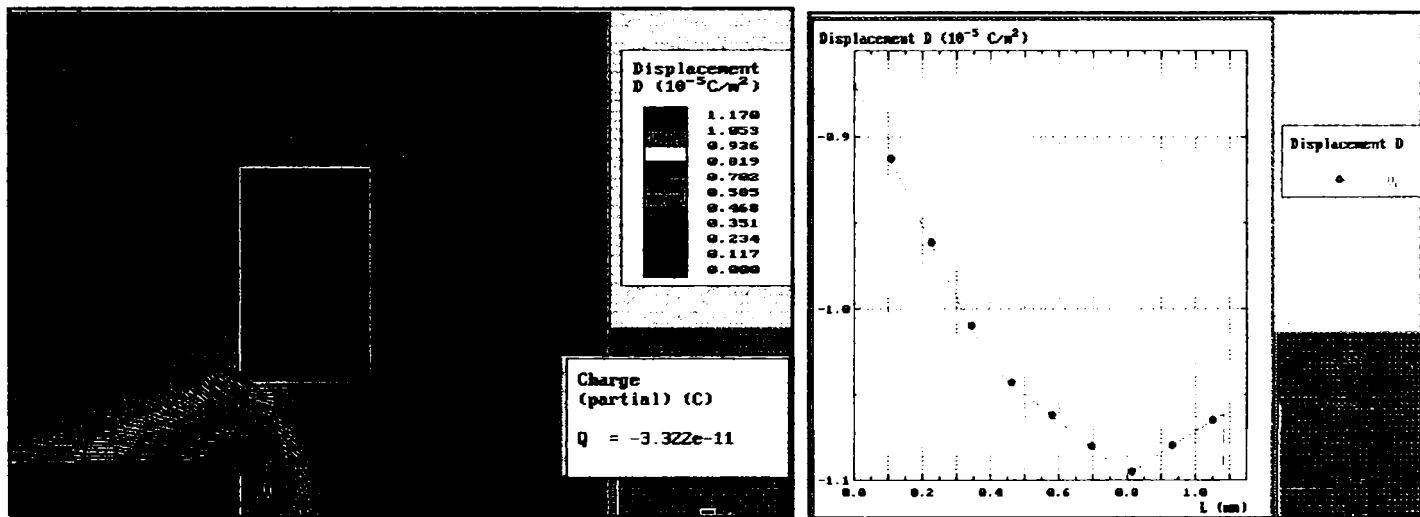
I.8

Fig.4.23.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru variantele I.1 - I.8 (continuare)

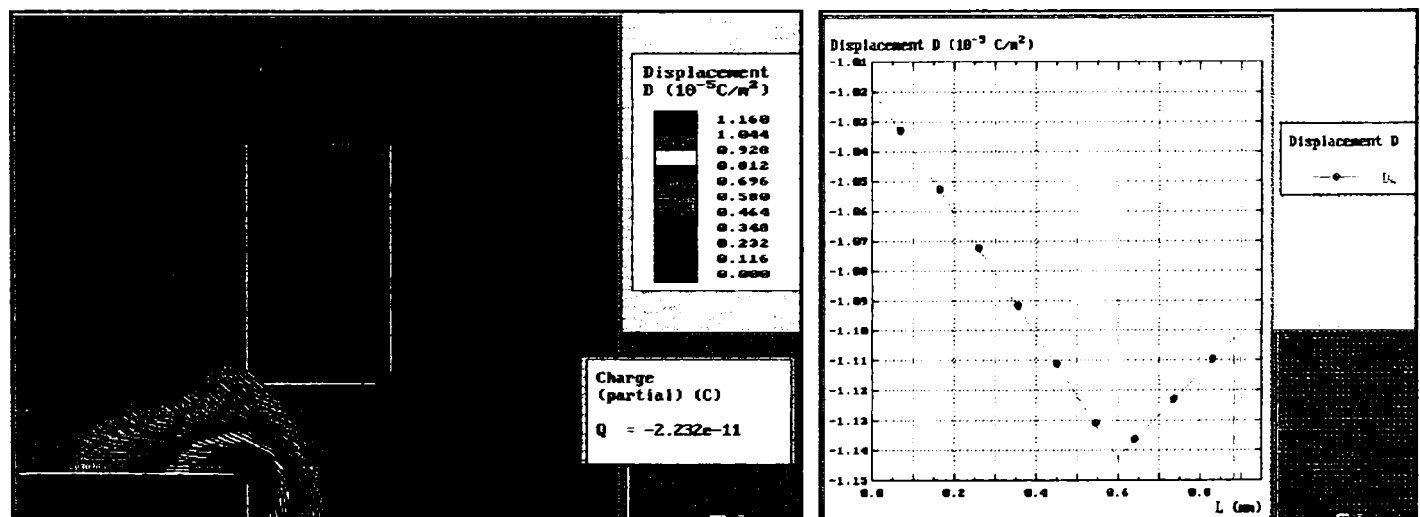


I.9

Fig.4.23. - Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru varianta I.9 ((continuare)

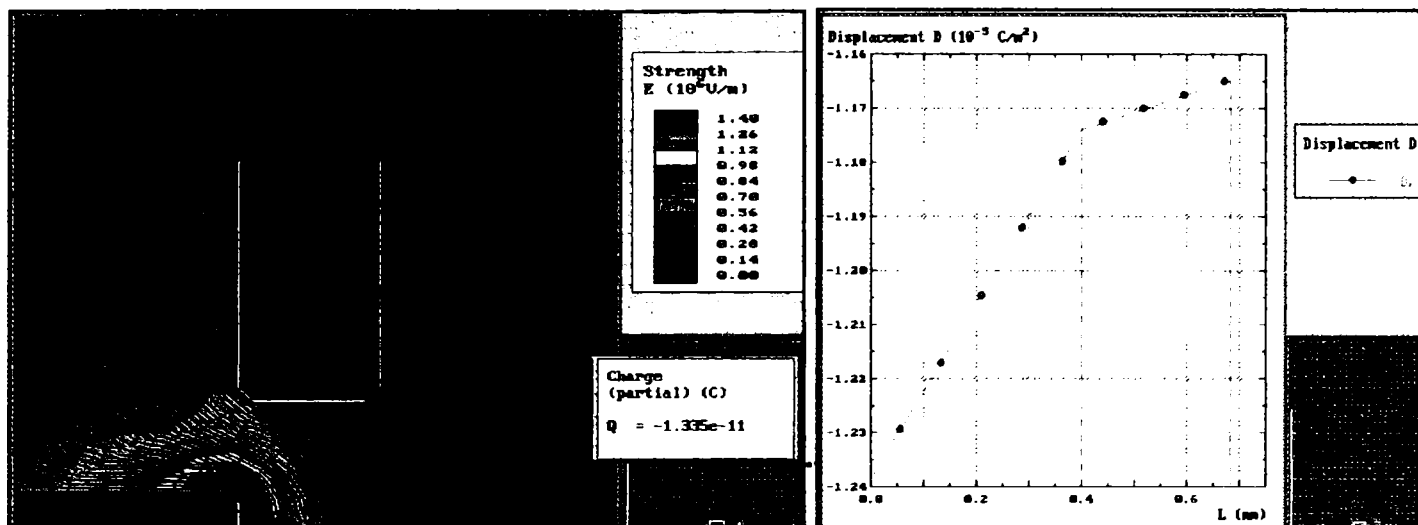


II.1

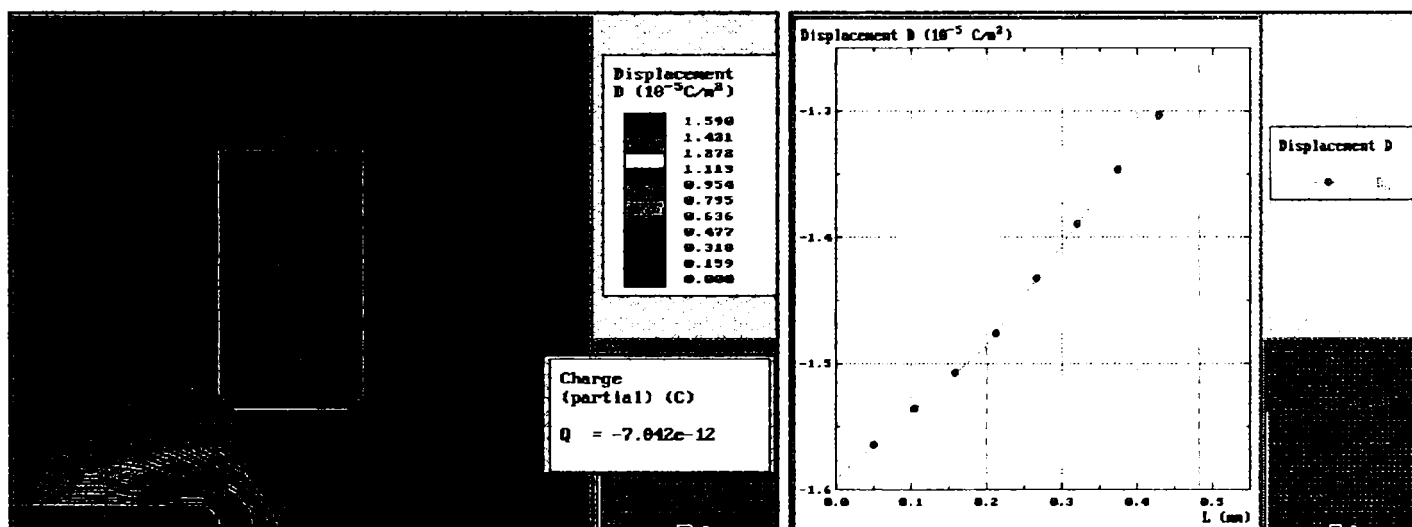


II.2

Fig.4.24.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S=S_1+ S_2$, pentru variantele, II.1- II.2

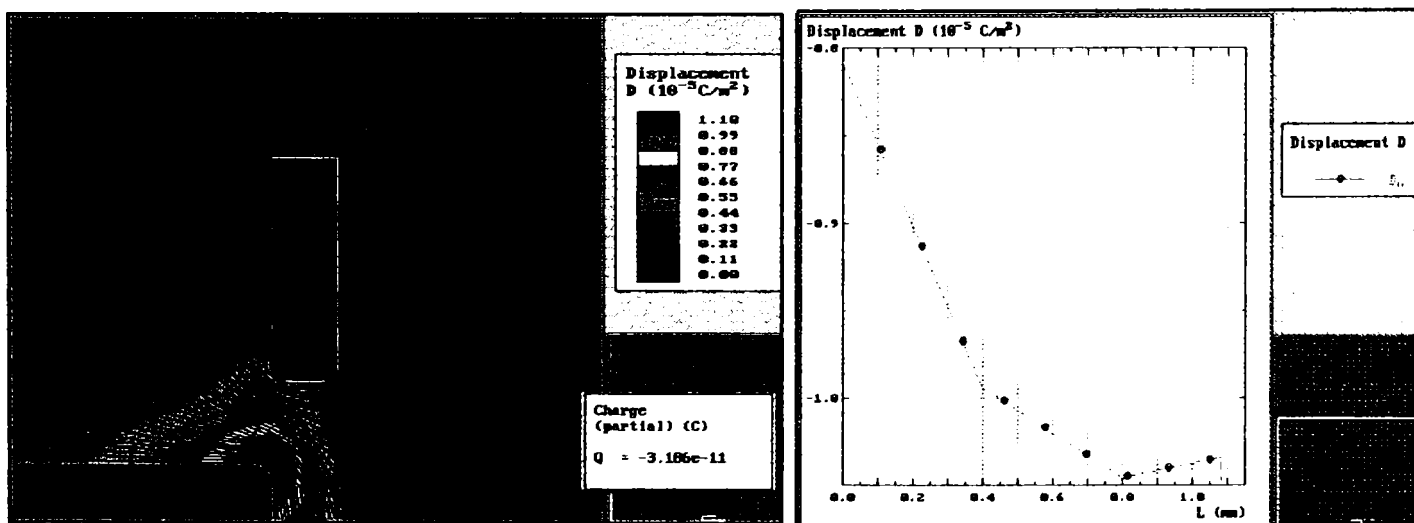


II.3



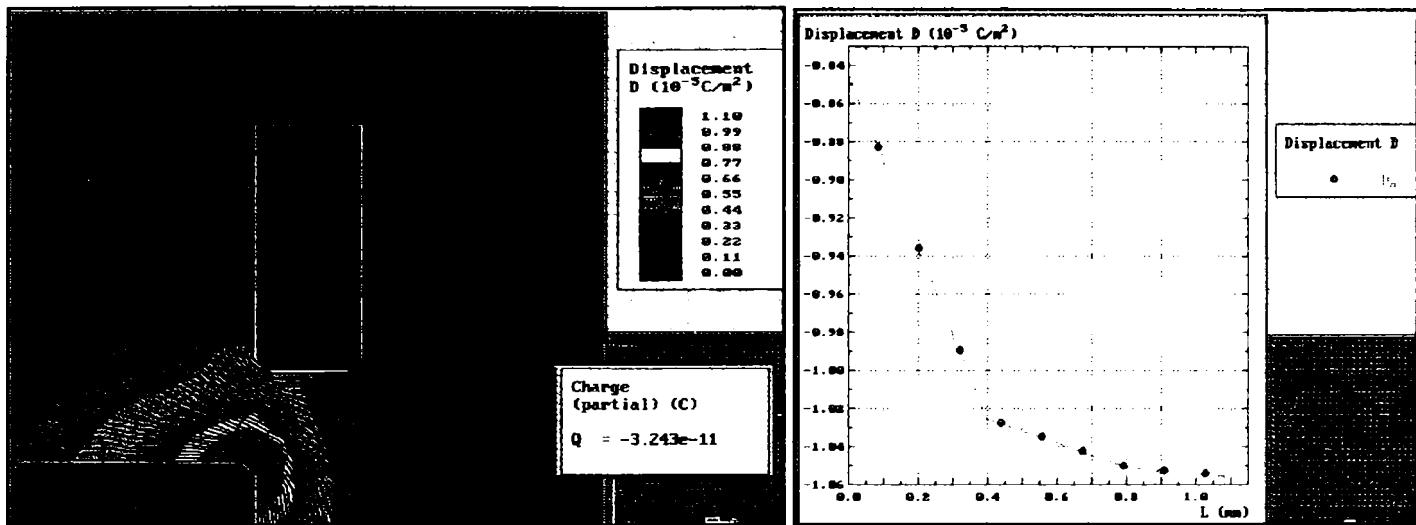
II.4

Fig.4.24.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru variantele, II.3 - II.4(continuare)

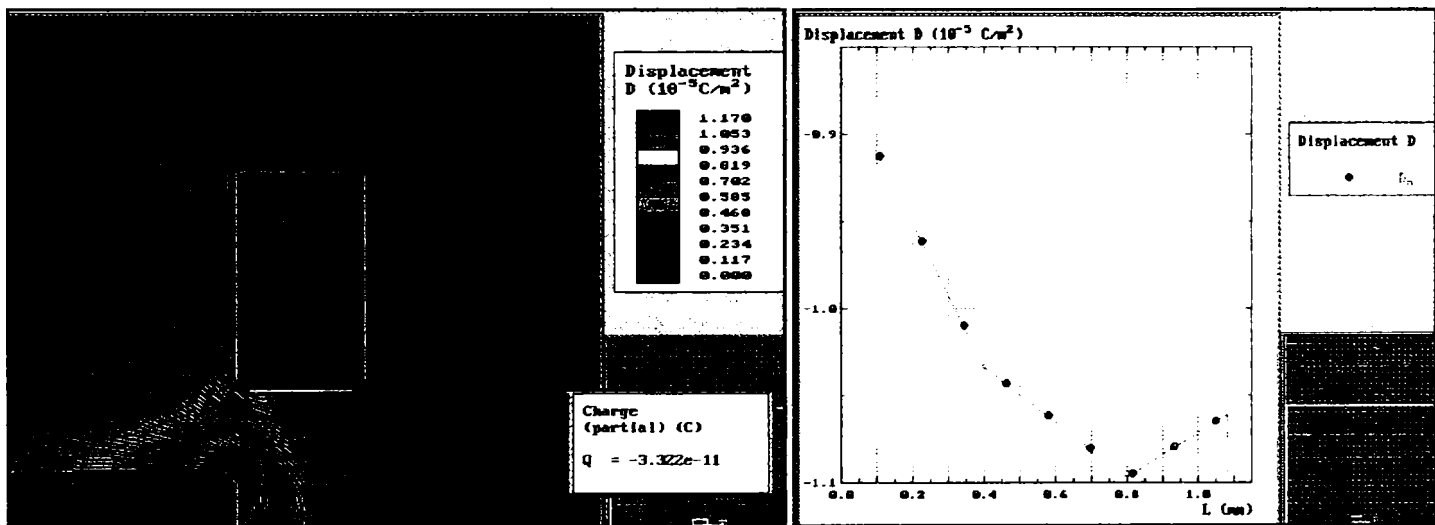


III.1

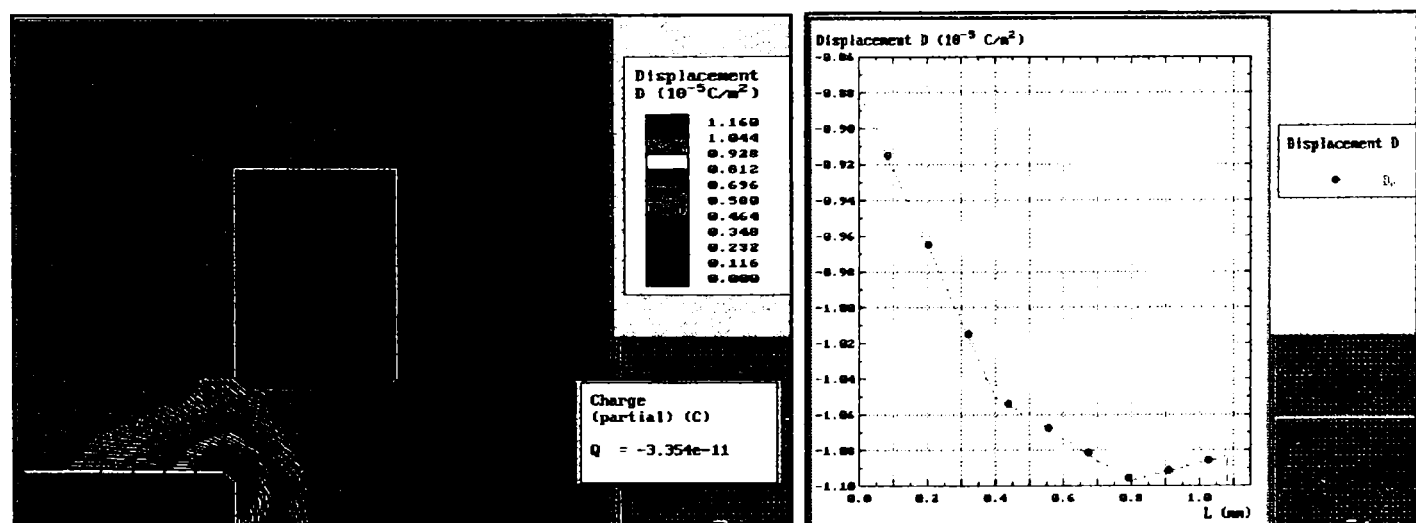
Fig.4.25.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru varianta III.1



III.2

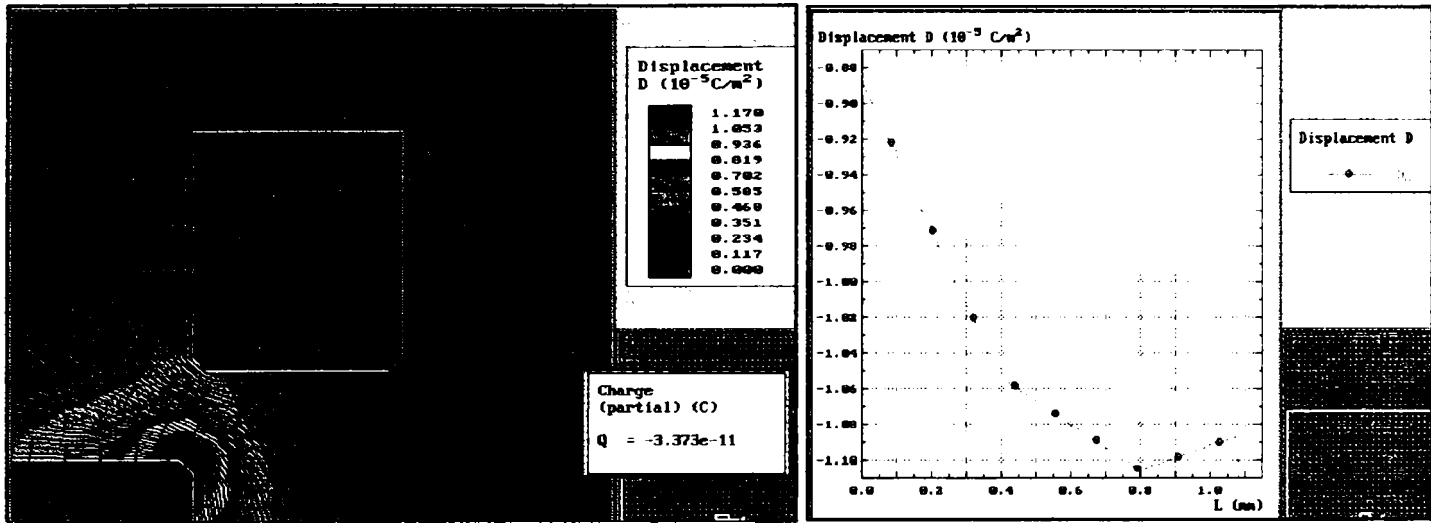


III.3

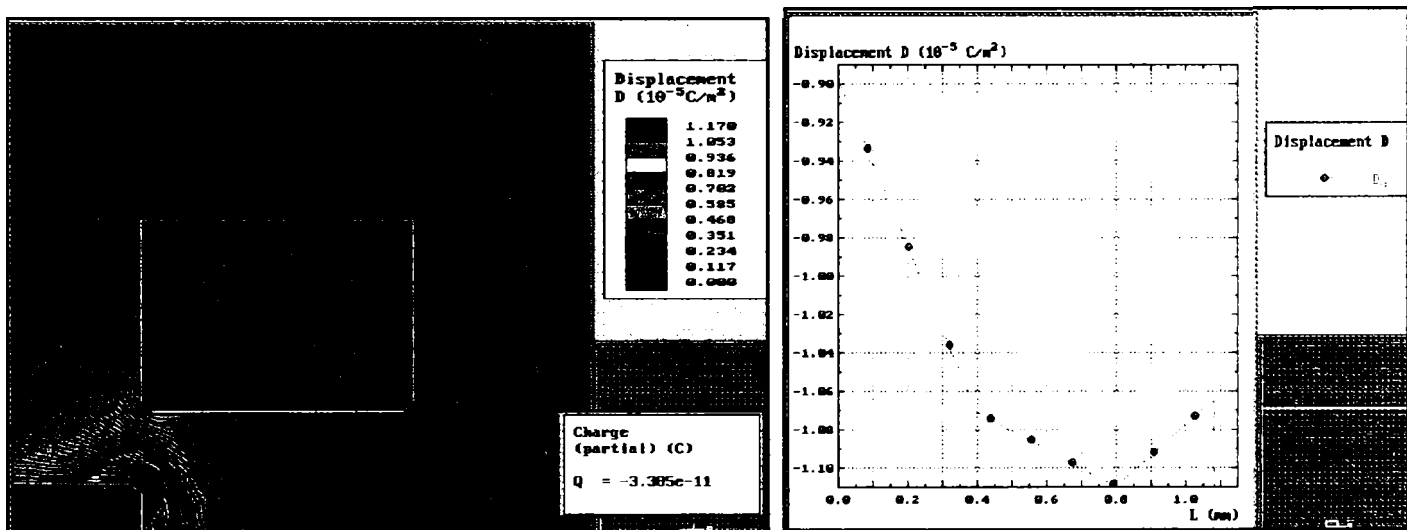


III.4

Fig.4.25.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S=S_1+S_2$, pentru variantele, III.2- III.4 (continuare)



III.5



III.6

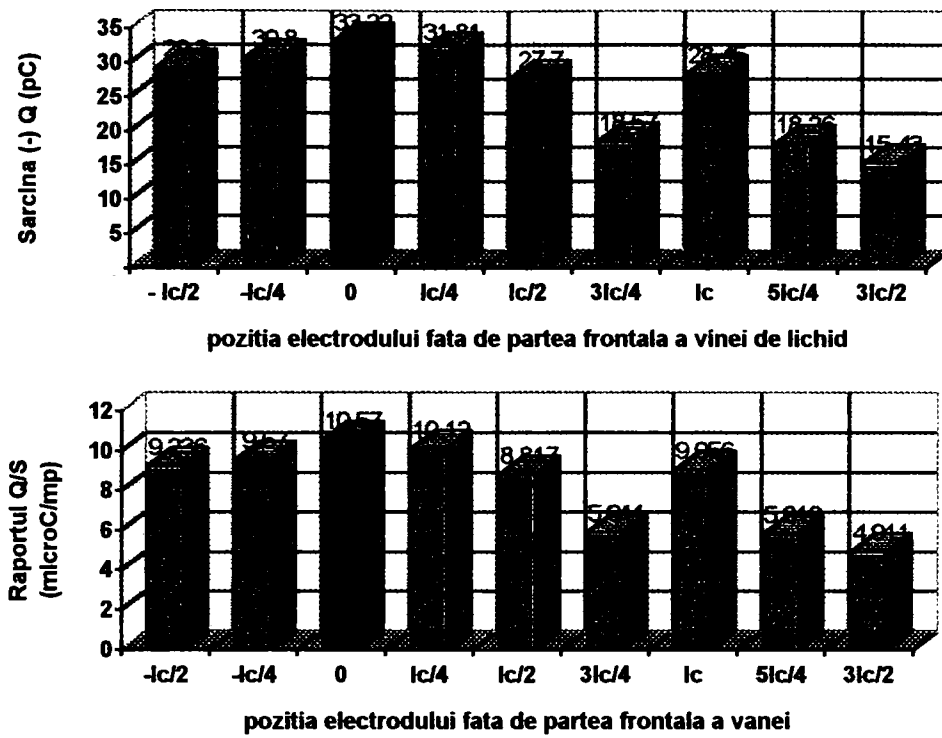
Fig. 4.25.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru variantele III.5 - III.6

Rezultatele analizei sunt prezentate sintetic în tabelele 4.19, 4.20, 4.21 și fig. 4.26, 4.27 și 4.28

Sarcina indusă și sarcina specifică, pe suprafața S în funcție de poziția electrodului față de suprafața S a vânei de lichid

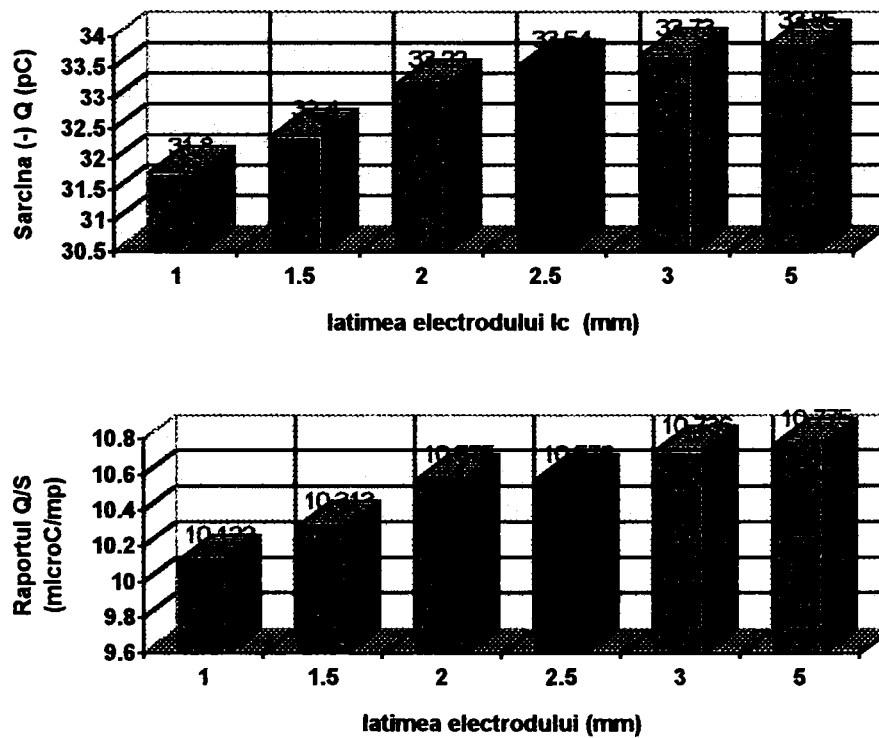
Tabelul 4.19

δ	$-l_c/2$	$-l_c/4$	0	$l_c/4$	$l_c/2$	$3l_c/4$	l_c	$5l_c/4$	$3l_c/2$
Q	-29,3 pC	-30,08 pC	-33,22 pC	-31,81 pC	-27,7 pC	-18,57 pC	-28,45 pC	-18,26 pC	-15,43 pC
Q/S	9,236 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	9,57 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,57 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,12 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	8,817 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	5,911 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	9,056 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	5,812 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	4,911 $\mu\text{C}/\text{m}^2$

Fig.4.26 Sarcina Q și raportul Q/S pentru diferite poziții ale electrodului

Sarcina indusă și sarcina specifică, pe suprafața S în funcție de lățimea electrodului Tabelul 4.20

l_c	1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm	3 mm	5 mm
Q	- 31,8 pC	- 32,4 pC	-33,22 pC	-33,54 pC	-33,73 pC	- 33,85 pC
Q/S	10,122 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,313 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,575 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,676 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,736 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	10,775 $\mu\text{C}/\text{m}^2$

Fig. 4.27. Influența lățimii electrodului asupra sarcinii Q și raportului Q/S

Sarcina indusă și sarcina specifică, pe suprafața S în funcție de mărimea razei vânei Tabelul 4.21

r_v	1 mm	0,8 mm	0,6 mm	0,4 mm
Q	- 33,22 pC	- 22,32 pC	- 13,35 pC	- 7,042 pC
Q/S	10,574 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	11,10 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	11,814 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	13,783 $\mu\text{C}/\text{m}^2$

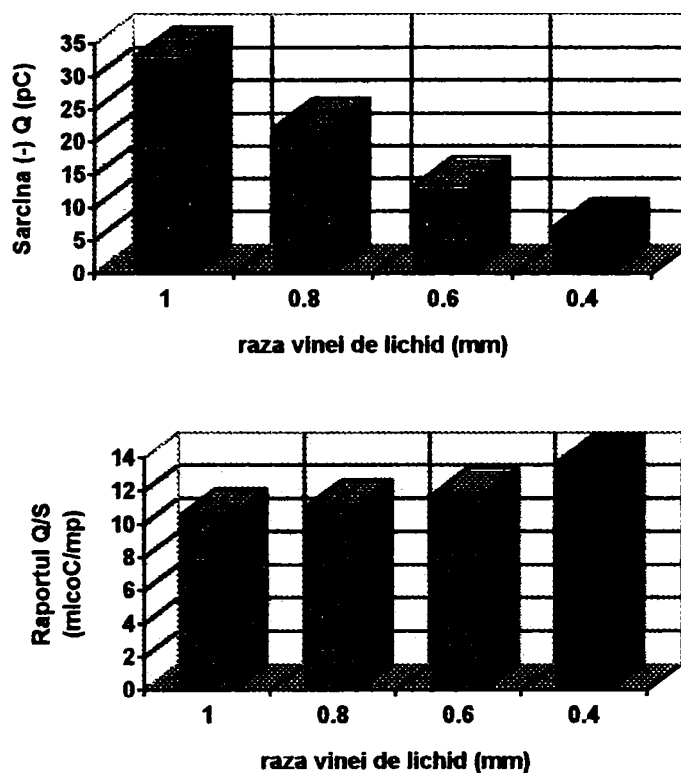


Fig. 4.28.- Influența razei de lichid asupra nivelului de încărcare

Concluzii

- Sarcina specifică maximă se obține pentru varianta $\delta = 0$ (- 33,22 pC), adică atunci când suprafața frontală a vânei de lichid S se află pe direcția primei muchii a electrodului. Suprafața frontală, $S = 3,592 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ este echivalentă cu suprafața a cca. 100 picături cu diametrul $d_p = 100 \mu\text{m}$.
- Dimensiunea axială a electrodului nu influențează sensibil sarcina specifică, dar dacă se alege o lungime mare ($> 2,5 \text{ mm}$), picăturile pot fi atrase la electrod (tabelul 4.18);
- Dimensiunea jetului trebuie să fie cât mai mică (r_v mic), la Δr impus de rigiditatea mediului și diferența de potențial $V_2 - V_1$.

Din analiza celor două metode, nu există diferențe majore în ceea ce privește sarcina cu care se încarcă picătura. S-a luat ca referință picăturile cu diametrul $d_p = 100 \mu\text{m}$. Sarcina calculată cu rel.(4.63) este de **0,212 pC**, iar în cazul determinării cu MEF este de **0,3322 pC**. Metoda de calcul MEF, este mult mai precisă, ținând seama de fenomenul complex al fenomenului de influență electrică. De aceea, rezultatele oferite de această metodă (dar și unele aspecte ale metodei integrale), au stat la baza proiectării dispozitivelor de pulverizare-încărcare și încercate experimental.

Modelul de încărcare, având în vedere și efectul sarcinii spațiale create de picăturile încărcate și aflate în zona vânei (modelul real), ia în considerare că, acea parte a lichidului desprinsă din vâna de lichid sub formă de ligamente și din care se formează picăturile, transportă cu ea sarcina acumulată prin inducție, chiar înainte de desprindere (rupere). Această sarcină existentă în lichidul desprins, are efect asupra sarcinii induse în vâna compactă, în sensul reducerii acesteia. În aceste condiții, sarcina indusă în partea frontală a vânei de lichid, are 2 componente:

$$Q = Q_s + Q_E \quad (4.99)$$

Componenta Q_E este sarcina (negativă) indusă în vâna de lichid, datorită câmpului electric care apare între electrod și vâna de lichid, aflate la potențiale diferite;

Componenta Q_s este sarcina indusă în partea frontală a vânei de lichid, datorată sarcinii spațiale negative existentă în ligamentele și picăturile care s-au format și încărcat și se află în apropierea vânei de lichid.

Componenta Q_E , teoretic, este calculată pentru cazul când diferența de potențial între electrod și vână este finită, iar sarcina spațială este zero.

Componenta Q_s , teoretic, este calculată pentru cazul când diferența de potențial dintre vână și electrod este zero, iar sarcina spațială este finită. A.J. Dix [29] evaluează efectul sarcinii spațiale prin metoda transformării conforme, însă metoda este greoaie și imprecisă. În lucrare se apelează tot la metoda MEF și programul QField, determinându-se valoarea sarcinii finale din suprafața frontală a vânei de lichid, considerând sarcina conținută în ligamente și picăturile formate, ca o sarcină spațială distribuită în volum, de valoare determinată experimental: $-3 \cdot 10^{-6}$ [C/m³]. Modelarea s-a efectuat în aceleași condiții, diferența constând în considerarea în cadrul modelului a sarcinii spațiale, desprinsă și aflată în imediata apropiere a părții frontale a vânei. S-a luat pentru calcul, varianta $\delta = 0$; $l_c = 2$ mm, $r_c = 2,5$ mm și $r_v = 1$ mm, modelul geometric, spectrul liniilor de câmp, repartitia suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, sunt reprezentate în fig.4.29(a și b).

Sarcina teoretică cu care se încarcă partea frontală a vânei S este - **31,03** [pC], mai mică decât în cazul în care nu s-a luat în considerare prezența sarcinii spațiale ($q = -33,22$ pC).

După stabilirea acestor aspecte ale încărcării prin influență (momentul și poziția electrodului pentru a se obține încărcarea maximă), s-a căutat o optimizare a încărcării, în sensul găsirii unei forme a electrodului cu care să se realizeze acest lucru. În acest sens s-a stabilit forma geometrică prezentată în fig. 4.30, alături de spectrul liniilor echipotențiale, sarcina și variația D_n pe suprafața frontală (fig. 4.30. b).

În această variantă de model, sarcina teoretică cu care se încarcă suprafața S este -**46,65** [pC], când nu se are în vedere efectul sarcinii spațiale a norului format, și -**45,59** [pC], atunci când se ia în efectul sarcinii spațiale

Modelul a fost ales pentru realizarea dispozitivului de încărcare a picăturilor produse cu duzele Tee-Jet, încercat în laborator.

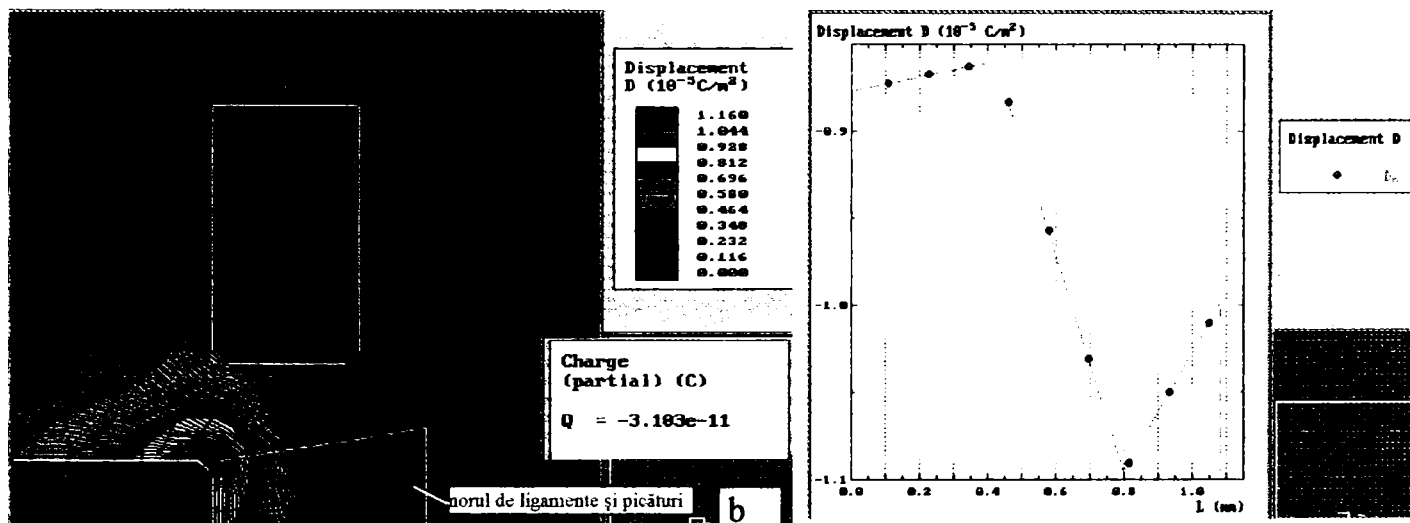
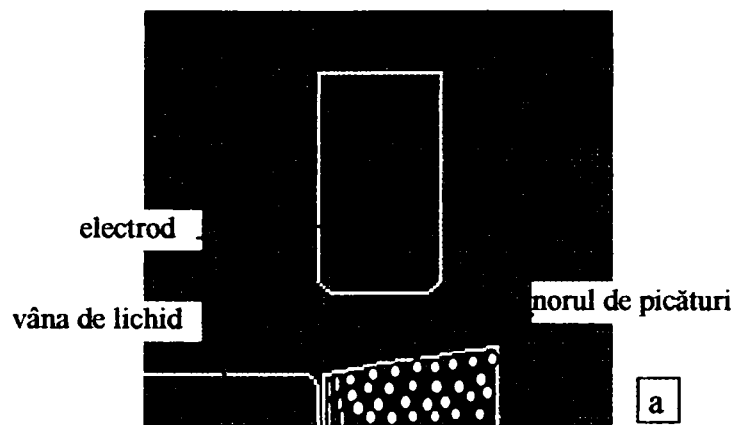


Fig. 4.29.-Geometria modelului (a) și spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru modelul cu sarcina spațială. (b)

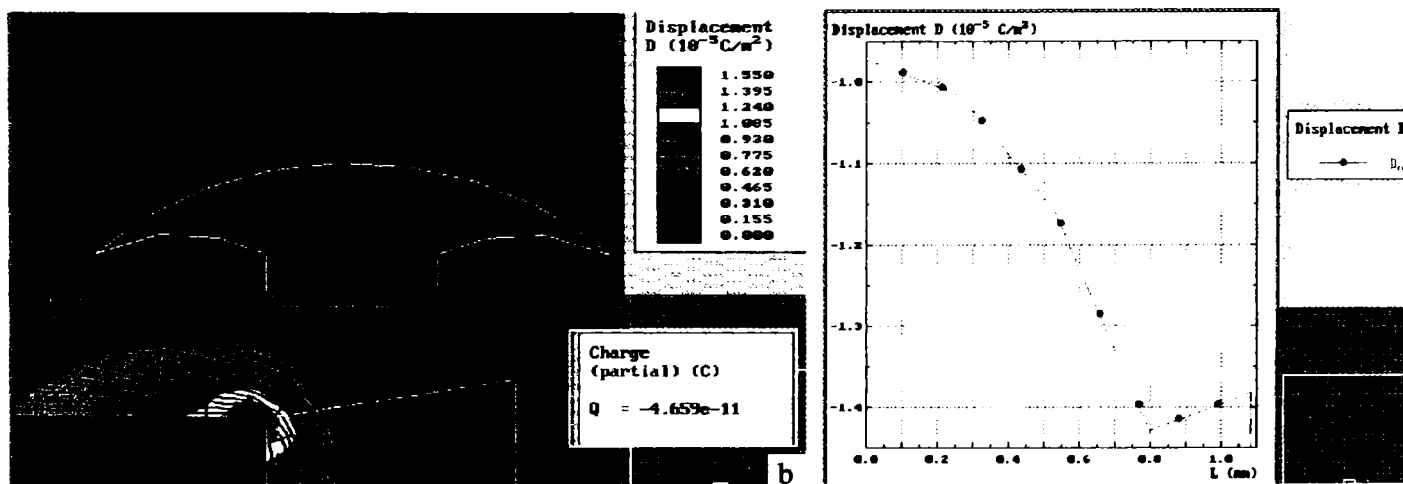
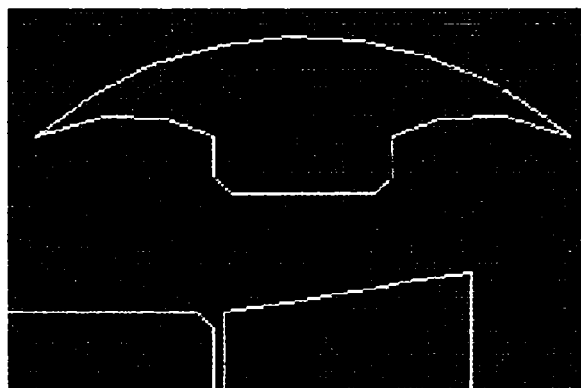


Fig. 4.30.-Geometria modelului (a) și spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 + S_2$, pentru modelul realizat practic.

4.3.2- Cercetări teoretice privind încărcarea prin influență electrică, a picăturilor realizate cu dispozitivul de pulverizare centrifugal

Așa cum s-a precizat în paragraful anterior, cel mai mare raport sarcină/ masă se obține pentru picăturile de dimensiuni mici. Dispozitivul prin care se poate dirija obținerea picăturilor de diametre mici, este dispozitivul de pulverizare centrifugal, iar dirijarea picăturilor spre plante se face prin încărcarea lor cu sarcină electrică.

Literatura de specialitate prezintă diferite nivele de încărcare cu sarcină a picăturilor: 2 mC/kg [18], 2,8 pC/kg [138], 5,7 pC/kg [40]. Law [80], folosind o duză pneumo-hidraulică special proiectată, a obținut un raport $\frac{\text{sarcina}}{\text{masa}}$ de $8,2 \cdot 10^{-3}$ C/kg. Prin această duză s-a obținut un nivel mare al încărcării, însă construcția era, așa cum s-a precizat destul de complicată și a ridicat probleme speciale la realizarea ei [93].

Aria cercetărilor pentru încărcarea electrostatică a picăturilor, a continuat în vederea găsirii altor dispozitive, care să asigure o eficiență ridicată a încărcării. Au fost concepute și realizate diverse dispozitive de pulverizare centrifugale [17], [20], la care s-a utilizat tensiuni de alimentare a electrodului și debite de lichid mari, cu electrod fix sau cu electrod separat, [139], [140], fie cu electrod montat sub discul de pulverizare și pe același ax [96], [25], prin care s-a realizat o încărcare relativ mică (2,1 mC/kg) la tensiuni de alimentare de 3,5-4,5 kV.

Metoda de încărcare prin influență electrică a picăturilor de lichid toxic, realizate cu ajutorul dispozitivului de pulverizare centrifugal, nu diferă ca principiu de cel al încărcării picăturilor obținute cu duzele cu jet în evantai. În schimb, sistemul de pulverizare - încărcare centrifugal are avantajul că, permite crearea de picături de o anumită mărime, pentru care rezultă un anumit domeniu de încărcare cu sarcină electrostatică a picăturilor. Deși pulverizarea lichidului este total diferită față de cea hidraulică, metoda este capabilă să producă picături cu proprietăți fizice cunoscute, care să poată fi controlabile pentru un domeniu extins de diametre.

În acest scop, **s-a conceput și realizat un sistem de pulverizare- încărcare centrifugal**, prin care să se obțină o încărcare mai mare a lichidului, la tensiuni de alimentare a electrodului mai mici. Soluția tehnică aleasă pentru dispozitivul încercat în laborator și care corespunde acestor cerințe este prezentată schematic în fig. 4.31, iar desenul în detaliu, în Anexa 2. Soluția tehnică derivă dintr-un dispozitiv de pulverizare centrifugal purtat manual, care a fost adaptat pentru încărcarea picăturilor cu dispozitivul de încărcare (stropirea electrostatică).

Discul de pulverizare 1, din material izolant și prevăzut la periferie cu aproximativ 180 zimți, este fixat pe arborele 5 din același material, antrenat de motorul electric 2 de CC. Pe discul de pulverizare, lipit pe partea inferioară, se găsește electrodul de inducție 4, realizat sub forma unui inel-disc, confecționat din tablă de aluminiu cu grosimea de 1 mm, distanța $\delta=3$ mm, dintre periferia discului și electrod, fiind realizată prin asamblare. La capătul arborelui s-a montat carcasa 11 în care s-a introdus rulmentul 6, al cărui inel exterior este în contact cu conductorul 12 legat la priza 8. Conectarea sursei de înaltă tensiune la electrod, este realizată prin intermediul prizei 8, rulmentului 6 și conductorului 9. Montarea electrodului pe discul de pulverizare în partea lui inferioară, face posibilă deplasarea lichidului toxic spre periferia discului de pulverizare, fără a veni în contact cu electrodul, realizându-se însă o încărcare mare a lichidului. Prin intermediul electrodului 13, lichidul din rezervorul 14 este permanent conectat la minusul sursei de alimentare.

Momentul și locul când picăturile părăsesc discul de pulverizare, depind în principal de poziția unde se face alimentarea cu lichid a acestuia. Deplasarea lichidului pe disc se face sub acțiunea mai multor forțe, astfel că la periferia acestuia, lichidul este adus sub forma unei pelicule subțiri, din care prin fragmentare se formează picăturile. Parametrul predominant, care determină grosimea și modul de fragmentare a peliculei de lichid, este turația discului de pulverizare [97]. În schimb, traiectoria picăturilor, după părăsirea discului este influențată și de viteza de desprindere de pe disc " v_0 " respectiv unghiul α sub care acestea părăsesc discul, ambele contribuind în final la modul în care pi-

căturile ajung și se depun pe plante.

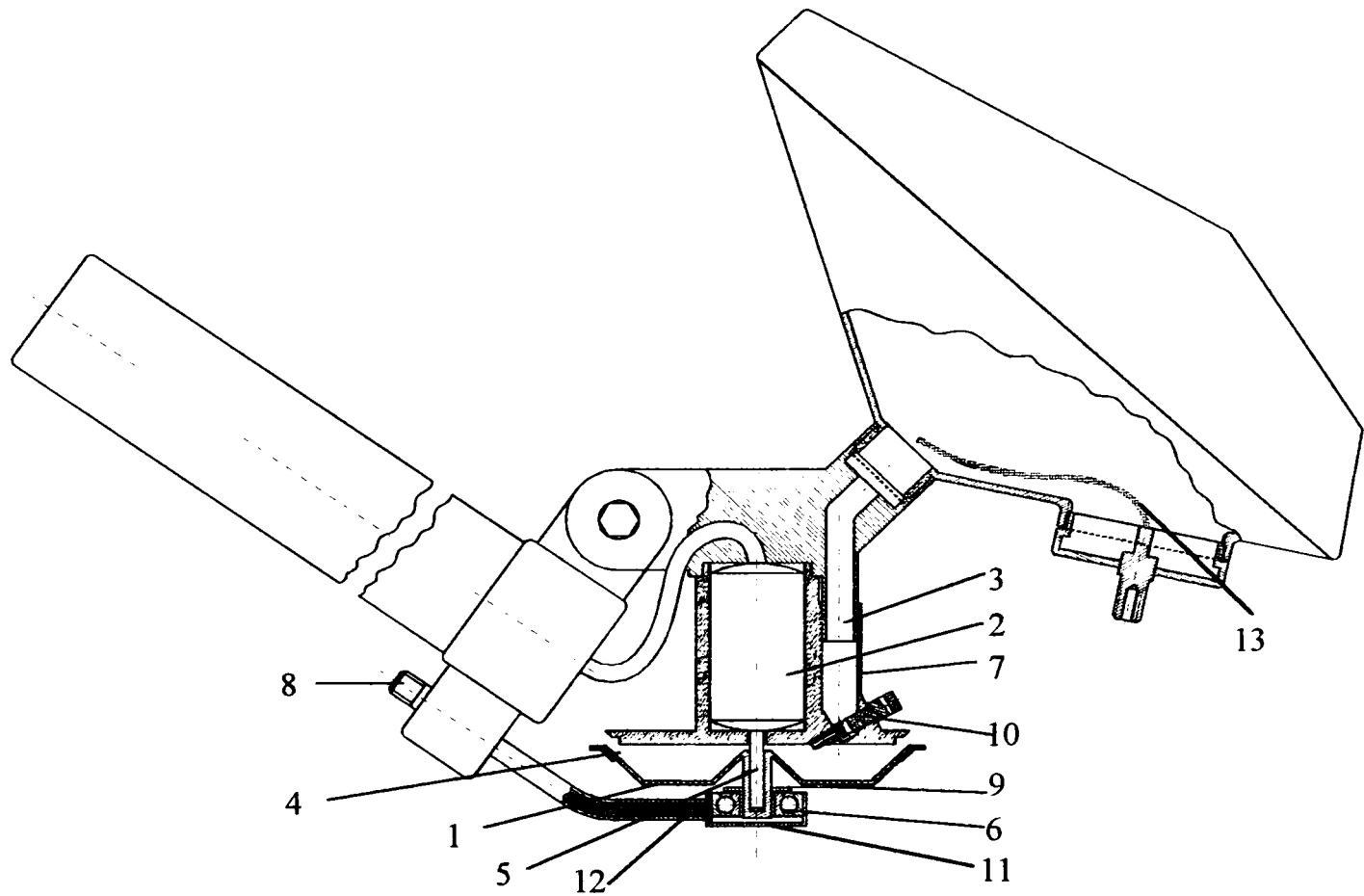


Fig. 4.31. - Schema de principiu pentru sistemul de pulverizare - încărcare prin influență electrică cu electrod sub formă de inel; — calea de conducere a curentului spre electrod.

1.- disc de pulverizare; 2.- motor electric de CC; 3.- tub de conducere a lichidului toxic pe disc; 4.- electrod de forma unui inel; 5.- ax din material izolant; 6.- rulment; 7.- carcasă; 8.- priză de î.t; 9.- conductor de cupru; 10- jiglor de debit; 11-carcasă; 12- conductor de legătură; 13- electrod de masă.

4.3.2.1. - Calculul încărcării peliculei de lichid prin aplicarea metodei integrale.

Pentru determinarea încărcării, se are în vedere ambele componente ale încărcării cu sarcină a lichidului. Se consideră sistemul de **pulverizare - încărcare** (simplificat) format din discul de pulverizare 1, confecționat din material plastic pe care este adus lichidul de pulverizat și electrodul 2 de formă circulară confecționat din aluminiu (fig.4.32).

Sunt considerate următoarele ipoteze simplificatoare:

- se presupune că vâna de lichid, care este adusă pe disc prin cădere liberă, se transformă într-o peliculă subțire, care se deplasează spre periferia discului de pulverizare;

- în momentul legării electrodului la borna \oplus a sursei de înaltă tensiune, se crează un câmp electric între acesta și suprafața peliculei de lichid, legată la masă. Prin fenomenul de influență (inducție) electrică, pe suprafața lichidului este indusă sarcină electrică negativă, având loc încărcarea lichidului cu sarcină de semn opus sarcinii electrodului;

- conform legii lui Gauss, sarcina pe unitatea de suprafață pe orice porțiune a ei, este proporțională cu *intensitatea locală a câmpului electric* \vec{E} creat între electrod și pelicula de lichid;

- se presupune că sarcina unei picături care se formează din pelicula de lichid, este *generată din sarcina care provine de la o suprafață egală cu proiecția picăturii*. Acest model de încărcare a fost folosit de mai mulți cercetători, pentru a estima sarcina unei picături în cazul pulverizării electro-dinamice.

Când picăturile încărcate cu sarcină părăsesc discul, ele generează un nor de picături încărcate cu sarcină negativă, nor care se consideră ca o sarcină distribuită spațial. Încărcarea spațială re-

zultată, generează la rândul ei un câmp electric de sens opus celui produs de electrod, câmp care influențează (scade) încărcarea viitoarelor picături care se formează.

Sarcina pe unitatea de suprafață a peliculei de lichid de pe disc, rezultă din însumarea:

$$dq = dQ_E + dQ_S \quad (4.100)$$

unde: - dQ_E este sarcina rezultată ca efect numai a câmpului electric generat de electrod, când

- $dQ_S = 0$, situație ce coincide cu descărcarea picăturilor, imediat ce părăsesc marginea discului;

- dQ_S , sarcina rezultată doar ca efect al sarcinii spațiale, situație care corespunde cu momentul când tensiunea electrodului este zero

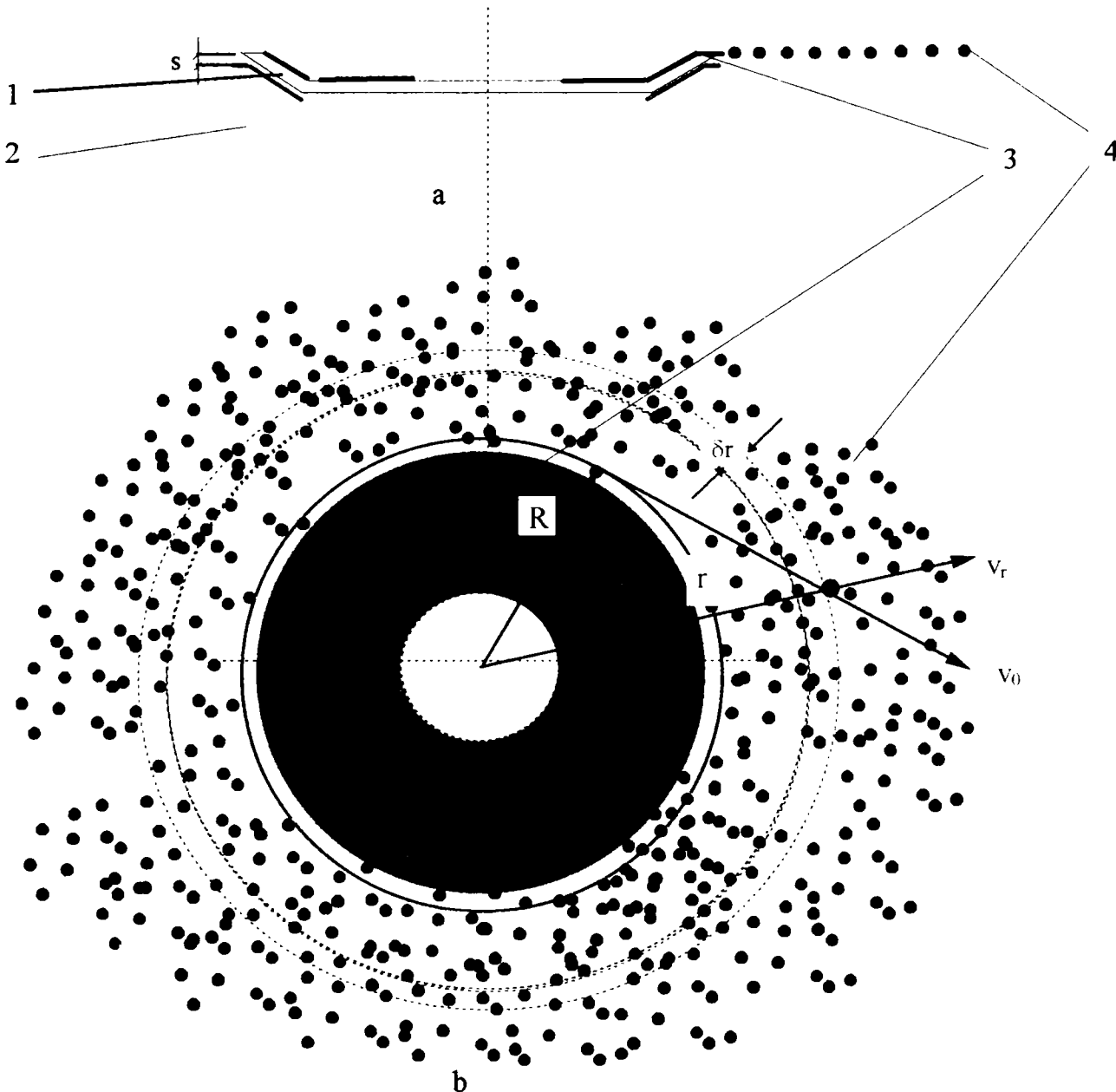


Fig. 4.32.- Schema de principiu a pulverizării cu sistemul disc centrifugal

a.- discul centrifugal, electrodul și pelicula de lichid; b.- diagrama plană de definiție a mărimilor pentru calculul vitezei picăturilor și spațiului sarcinii spațiale;

1.- disc centrifugal; 2.- electrod; 3.- pelicula de lichid; 4.- norul de picături încărcate;

- Prin rotirea discului, sub acțiunea forței centrifuge, lichidul care se află pe suprafața discului este deplasat către periferia acestuia și se fragmentează în ligamente. Datorită rezistenței aerului, ligamentele de lichid sunt fragmentate apoi în picături, care la rândul lor, sunt frânate, rezistența care se opune deplasării acestora fiind dependentă de viteza și diametrul lor.

În general se presupune că picăturile formate la periferia discului se deplasează pe o direcție tangențială cu o viteză egală cu viteza periferică a discului, adică $v_0 = \omega R$.

Viteza picăturii v_p la orice distanță "r" față de periferia discului, se exprimă ca o funcție de viteza inițială " v_0 " cu care părăsesc discul, raza R a discului și diametrul d_p , adică:

- **Componenta radială a vitezei** " v_r ", este exprimată de relația:

$$v_r = v_p \sin \theta = v(R\omega, r, d_p) \cdot \frac{\sqrt{r^2 - R^2}}{r} \quad (4.101)$$

sau în general,

$$v_r = v_r(R, \omega, r, d_p) \quad (4.102)$$

Se consideră inelul elementar de rază "r" și grosimea "dr", care conține picături încărcate:

- masa picăturilor care trec prin acest inel în unitatea de timp este egală cu debitul masic de lichid f, al discului, înainte de formare;
- timpul necesar ca o picătură să traverseze inelul este: $t_r = dr/v_r$;
- masa picăturilor (debitul masic f) ce traversează inelul în timpul t_r este;

$$\Delta m = f \cdot \frac{dr}{v_r} \quad (4.103)$$

- sarcina acumulată de masa de lichid Δm existentă în inel, este;

$$dq = f \cdot q \cdot \frac{dr}{v_r} \quad (4.104)$$

Deoarece ecuațiile care descriu câmpurile electrice sunt liniare, sarcina indusă în pelicula de lichid de pe disc sub influența câmpului generat de sarcina existentă în inelul de grosime "dr", va fi proporțională cu dq. Constanta de proporționalitate K depinde de corelația spațială între, pelicula de lichid, electrod și sarcina electrică existentă în inel, adică:

$$(-) dQ_s = K \cdot dq = C_1(R, \delta, s, r) \cdot dq \quad (4.105)$$

unde: - dQ_s reprezintă sarcina elementară din peliculă, datorată sarcinii din inel (sarcinii spațiale);

- s reprezintă distanța dintre discul de pulverizare și electrod.

- δ este grosimea peliculei de lichid pe discul de pulverizare.

Semnul "-" indică faptul că o sarcină spațială pozitivă induce o sarcină negativă în pelicula de lichid;

Combinând relațiile (4.101), (4.102) și (4.104) și integrând, rezultă:

$$Q_s = f \cdot q \int \frac{C_1(R, s, r)}{R v_r(R, \omega, r, d_p)} dr \quad (4.106)$$

sau înlocuind integrala printr-o funcție h, se obține:

$$Q_s = (+) f \cdot q \cdot h(R, s, \omega, d_p) \quad (4.107)$$

- Încărcarea datorită conectării electrodului la sursa de înaltă tensiune Q_E este exprimată în funcție de tensiunea electrodului, considerând că ansamblul, **pelicula de lichid- electrod**, constituie un condensator de capacitate C. Legătura între capacitatea C, sarcina de pe armaturi și potențialul aplicat electrodului este dată de expresia:

$$Q_E = -C \cdot U \quad (4.108)$$

unde: - C reprezintă capacitatea condensatorului format între electrod și peliculă de lichid [în F]

- U reprezintă potențialul aplicat electrodului, [V].

Semnul "-" indică faptul că o sarcină negativă pe suprafața peliculei de lichid este indusă de un volтаж pozitiv aplicat electrodului.

Combinând relațiile (4.106), și (4.105), sarcina pe unitatea de suprafață a peliculei este de forma:

$$Q = -C(R, s) \cdot V + (+) f \cdot q \cdot h(R, s, \omega, d_p) \quad (4.109)$$

Sarcina unei picături, se obține prin înmulțirea suprafeței corespunzătoare corespunzătoare formării unei picături, aflată în pelicula de lichid, cu sarcina q , din această suprafață se formează ulterior o picătură. În același timp, **sarcina unei picături**, se mai poate obține prin produsul între sarcina pe unitatea de masă și masa picăturii;

$$\frac{\pi d_p^2}{4} \cdot Q = \frac{\pi d^3}{6} \cdot \rho_l \cdot q_p \quad (4.110)$$

sau înlocuind pe Q din relația (4.109) și simplificând, rezultă:

$$(-) q_p = \frac{C(R,s) \cdot U}{a_1 \cdot d + f \cdot g(R,s,\omega,d)} \quad (4.111)$$

de unde se vede că, sarcina unei picături este dependentă de geometria electrodului, debitul de soluție, tensiunea de alimentare a electrodului și diametrul picăturii.

4.3.2.2.- Modelarea cu electrod tip inel- disc și calculul prin MEF.

Sistemul modelat are configurația geometrică prezentată în fig. 4.33 a (rotită cu 90° pentru a putea fi reprezentată în plan meridian). Lichidul se consideră sub forma unei pelicule subțiri aproape pe toată suprafața discului de pulverizare (confectionat din material izolanț, de grosime $\delta=1$ mm), iar electrodul este fixat în partea inferioară a discului, lipit de acesta și este din tablă de aluminiu, cu grosimea de 1 mm. Este folosit programul de aplicație QFIELD, iar modelarea s-a efectuat pentru două situații distincte:

- fără a se lua în considerare influența norului format din picăturile încărcate, aflate în apropierea electrodului (sarcină spațială), asupra încărcării peliculei de lichid;
- cu luarea în considerare a norului de picături și a modului de influență asupra încărcării peliculei de lichid.

Pentru prima situație, sistemul modelat are următoarea configurație geometrică (fig.4.33). Pelicula de lichid, este pe toată suprafața discului de pulverizare, iar încărcarea acesteia se consideră numai pe suprafața S_1 .

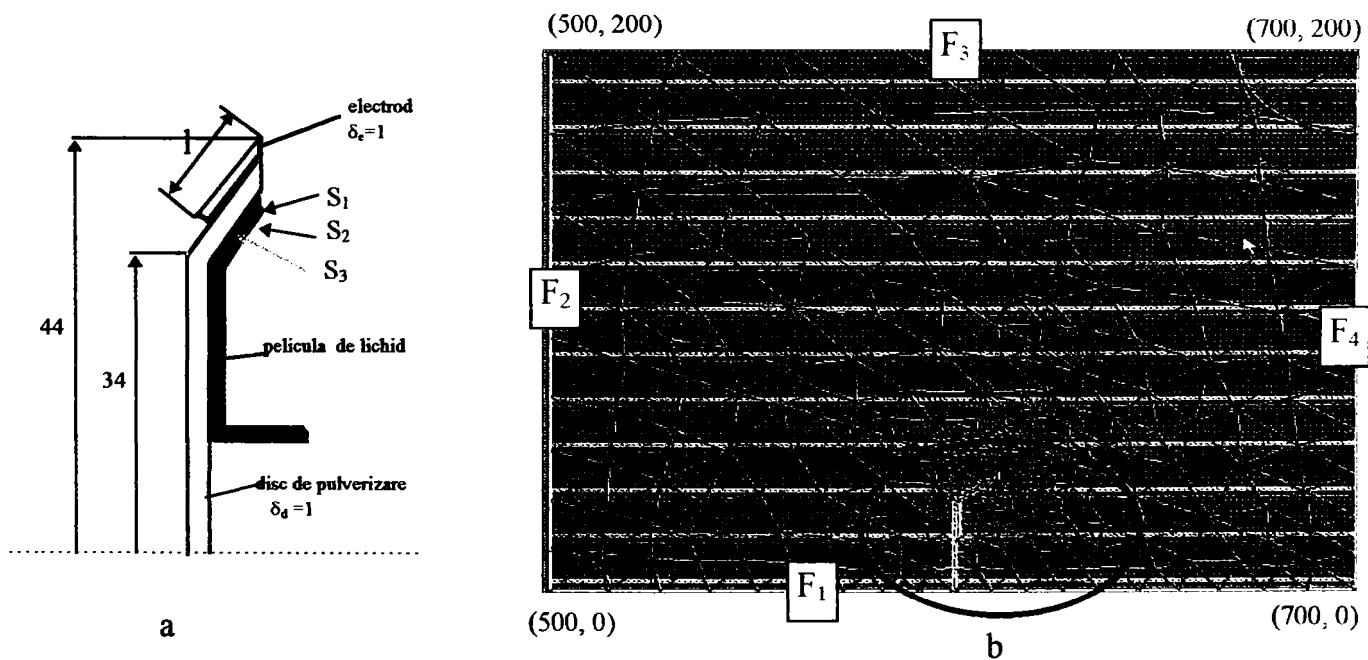


Fig. 4.33.- Modelul de referință al sistemului.

Modelarea s-a făcut în câmp electrostatic, configurație plan-meridian, în semispațiul superior, pentru mai multe variante de analiză, obținute prin:

a.- modificarea poziției electrodului față de partea frontală a vânei, (locul unde are loc ruperea acesteia) cu δ , pentru a se stabili cum influențează poziția electrodului față de locul de rupere, asupra încărcării cu sarcină.

b.- menținerea constantă a lui δ , și modificarea lungimii electrodului (fig. 4.34, b...r)

c.- electrod montat pe un disc suplimentar, sub formă de disc și plasat la o distanță " s" sub discul de pulverizare (fig. 4.34, s,ș,t)

Ca elemente de analiză s-a luat numai suprafața S_1 , (suprafața părții frontale a peliculei), la periferia discului de pulverizare, unde are loc ruperea acesteia. Pentru a se lua în calcul și suprafețele S_2 și S_3 , s-a analizat până la ce valoare a lățimii peliculei pe disc, sarcinile libere de pe aceste suprafețe contribuie la sarcina picăturilor. Luînduse numai S_1 , se obține o măsură a încărcării produse numai pe suprafața frontală a vânei de lichid;

Pentru toate configurațiile, modelarea se face la dimensiunile reale ale sistemului. Modelul de referință privind dimensiunile elementelor principale este cel din în fig. 4.33 a, iar coordonatele domeniului de analiză D limitat de frontierele F_1 - F_4 , (fig. 4.33 b), unde se prezintă și rețeaua de discretizare (500 puncte de discretizare). Dimensiunea elementelor finite în apropierea punctului de interes se ia de valori cât mai mici.

Variantele de modelare au rezultat în funcție de valorile δ , ale lungimii electrodului cât și amplasarea electrodului pe un al doilea disc plasat sub discul principal de pulverizare.

Cazul modelării s-a considerat pentru:

- aer: $\epsilon_r = 1$;

- discul din material izolator: $\epsilon_r = 10$;

- electrodul din material conductor (aluminiu): $\epsilon_r = 1$; $U_0 = 1,5$ kV;

- soluția pe bază de apă : $\epsilon_r = 80$; $U_0 = 0$ V;

- frontiere: domeniul a fost restrâns la: $U_{F1}=180-0,53$ V; $U_{F2}=20+0,106z$ V; $U_{F3}=248-0,25z$ V
 $U_{F4}=175-0,51r$ V.

Soluția toxică fiind considerată conductor, rezultă $E = 0$;

Pe orice suprafață a vânei de lichid: $\text{div} \vec{D} = \rho_s = D_n$ componenta normală a inducției electrice;

$$q = \int_S \rho_s dS \quad ; \quad S=S_1 \quad (4.112)$$

Modelarea se face pentru cazul unui câmp $2-D$ cu simetrie de rotație (axisimetric sau plan meridian) Pentru fiecare variantă de modelare, discretizarea a fost în aproximativ 500 puncte de discretizare, având ca model de reprezentare cea de la modelul din figura. 4.33 b.

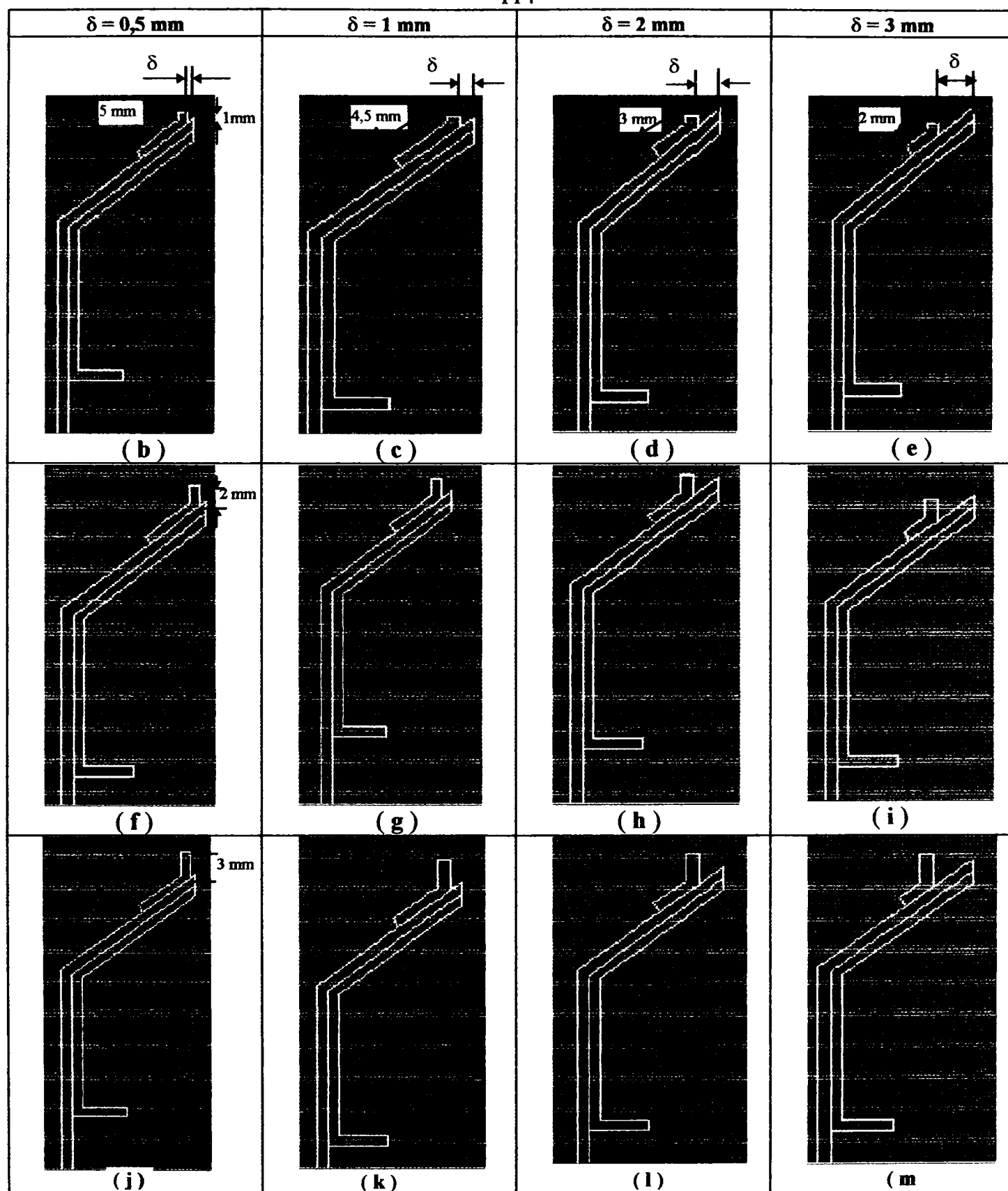


Fig.4.34.- Variante de modelare (b...m)

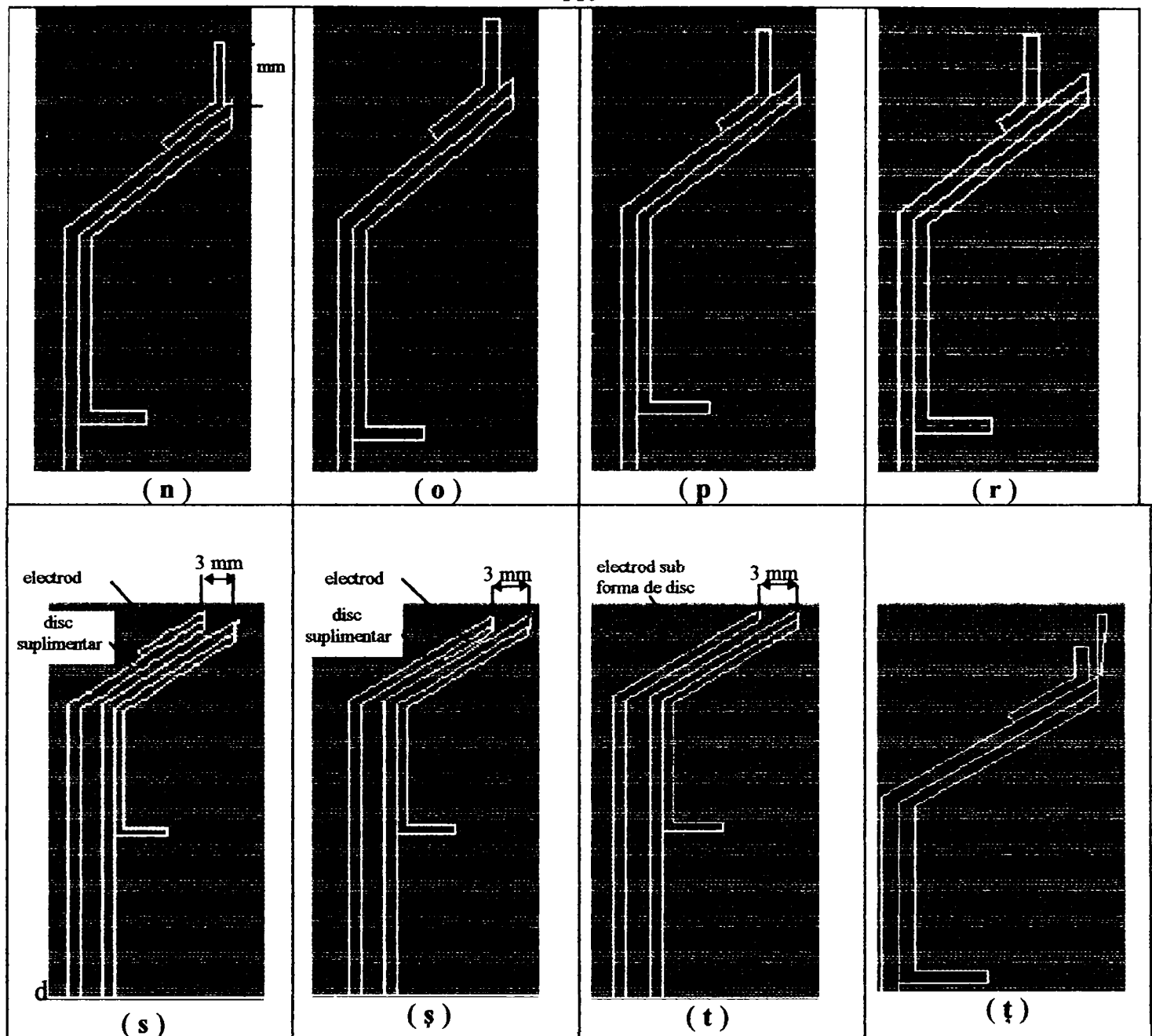
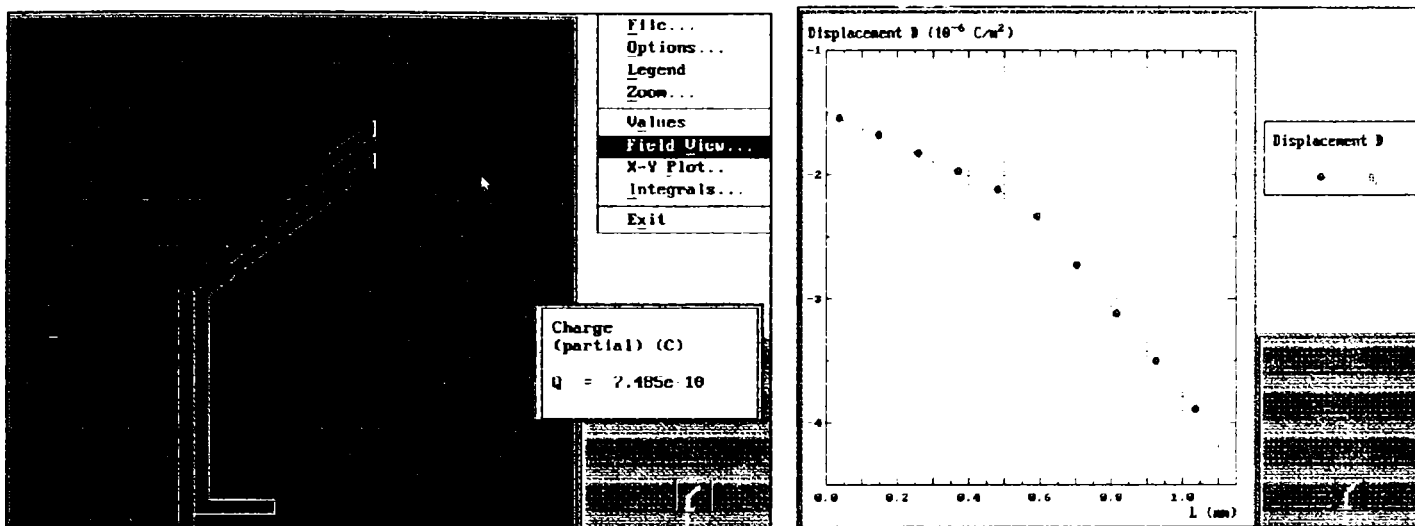


Fig. 4.34.- Variante de modelare n...ț (continuare,)

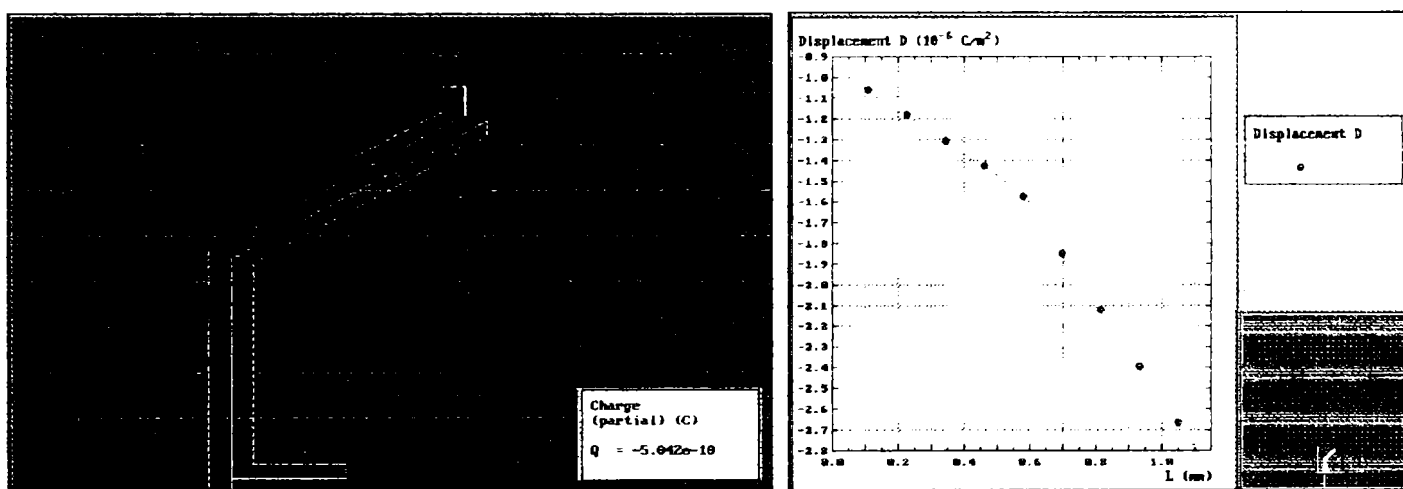
Variantele de modelare din fig. 4.34 (b..r) sunt obținute din varianta (a), la care s- modificat distanța δ între partea superioară a discului de pulverizare de formă conică, și dimensiunile electrodului de tip inel-disc.

Variantele (s,ș) sunt obținute prin montarea electrodului pe un disc suplimentar din material izolant, (de aceleași dimensiuni ca și discul principal de pulverizare), atât in partea inferioară cât și superioară. Modelele din fig. 4.34.(ș, t) au stat la baza realizării unor dispozitive de pulverizare-încărcare realizate și încercate de mai mulți cercetători [29],[54],[55].

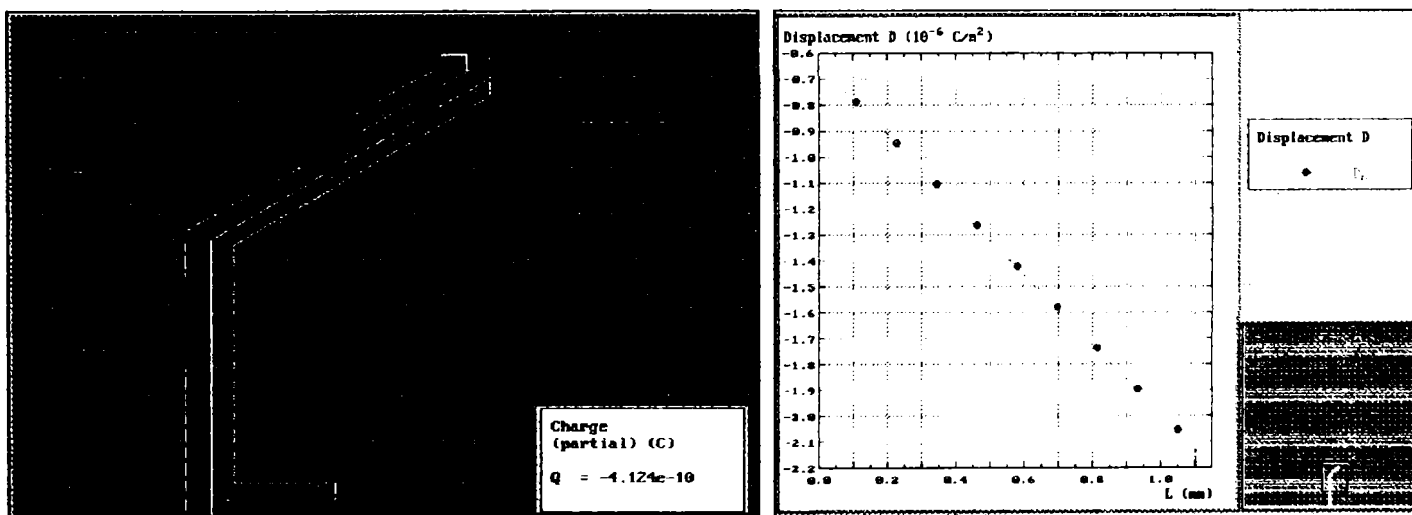
Pentru analiza cantitativă a procesului de încărcare prin influență, s-a determinat cu ajutorul programului **Qfield**, spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$, pentru toate configurațiile de modelare prezentate (fig. 4.35 și fig. 4.36).



a

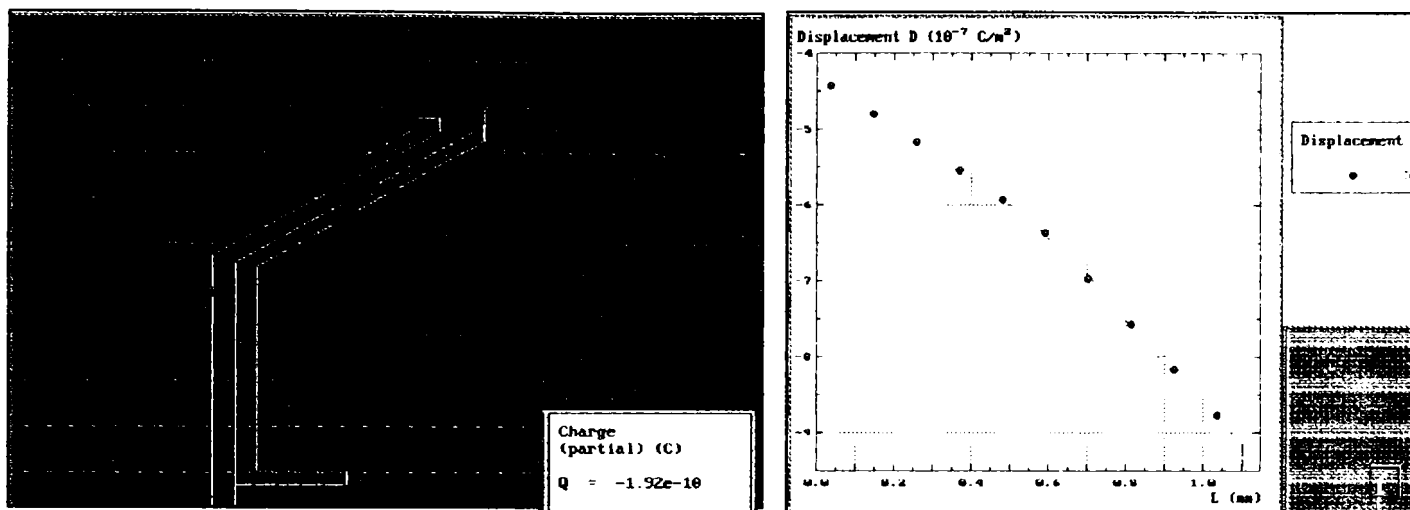


b

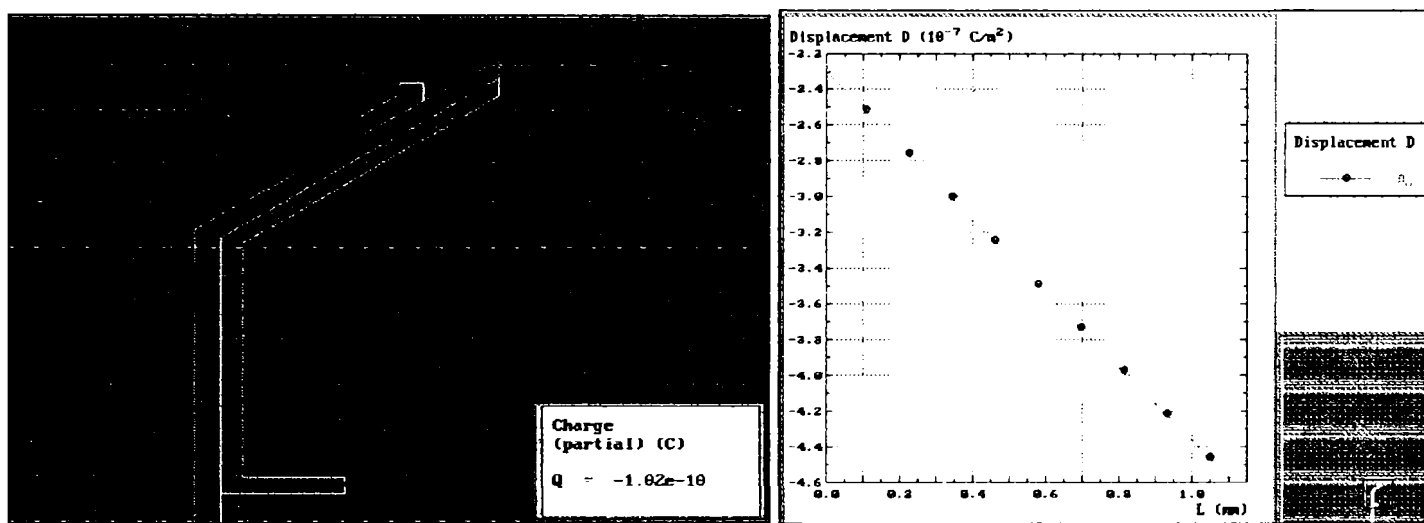


c

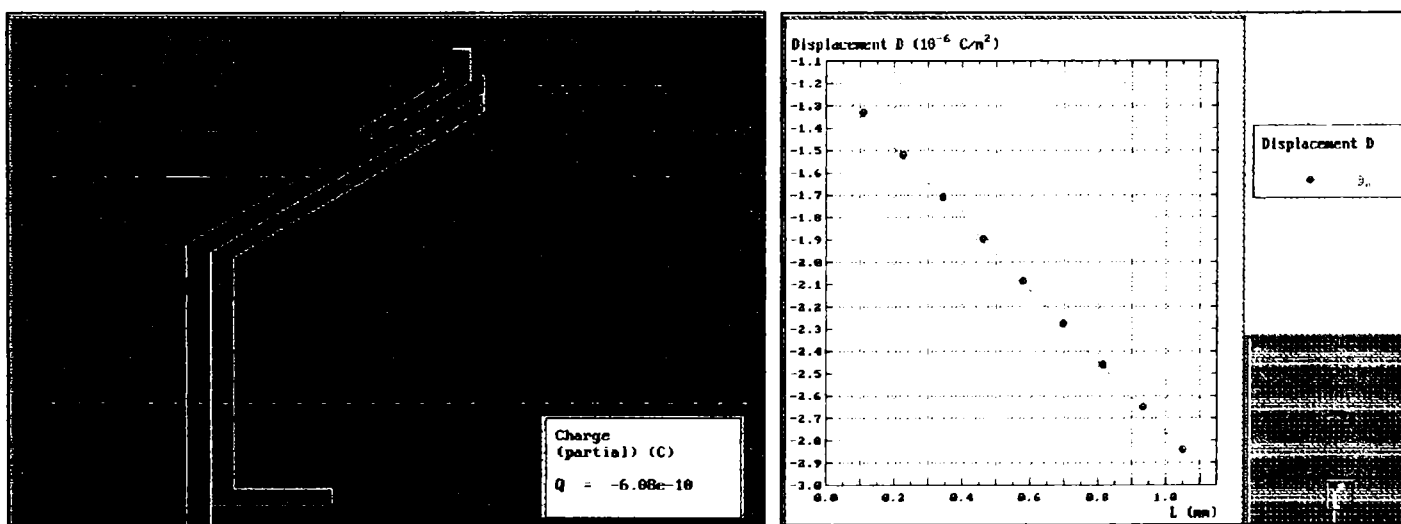
Fig.4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele , a...c.



d

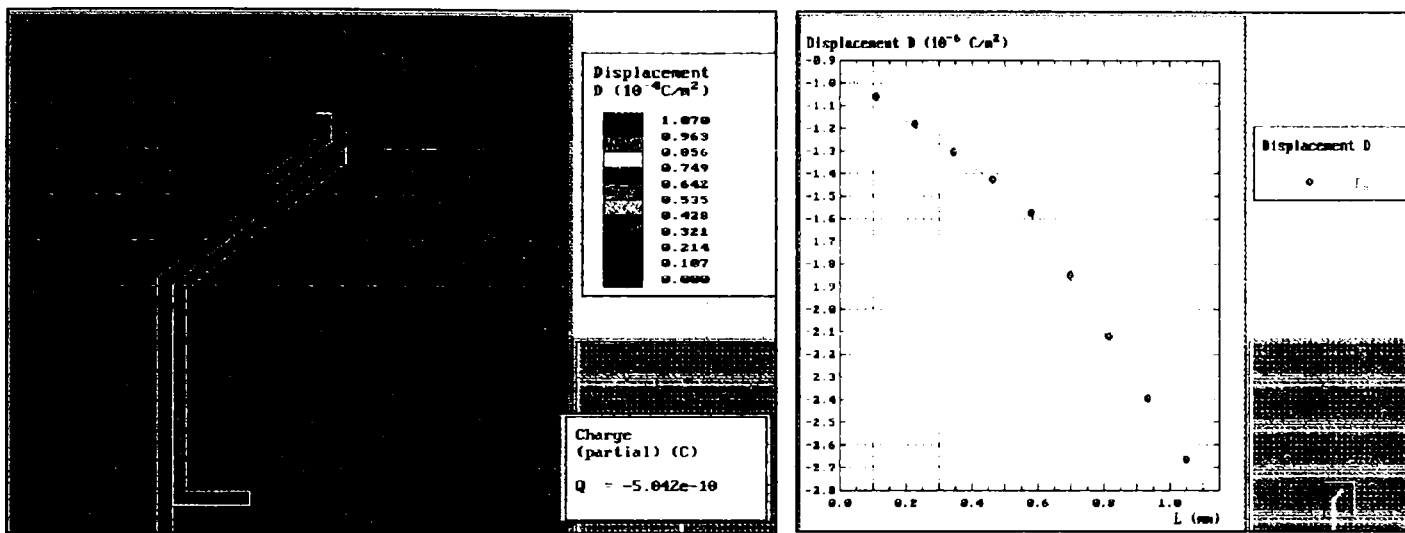


e

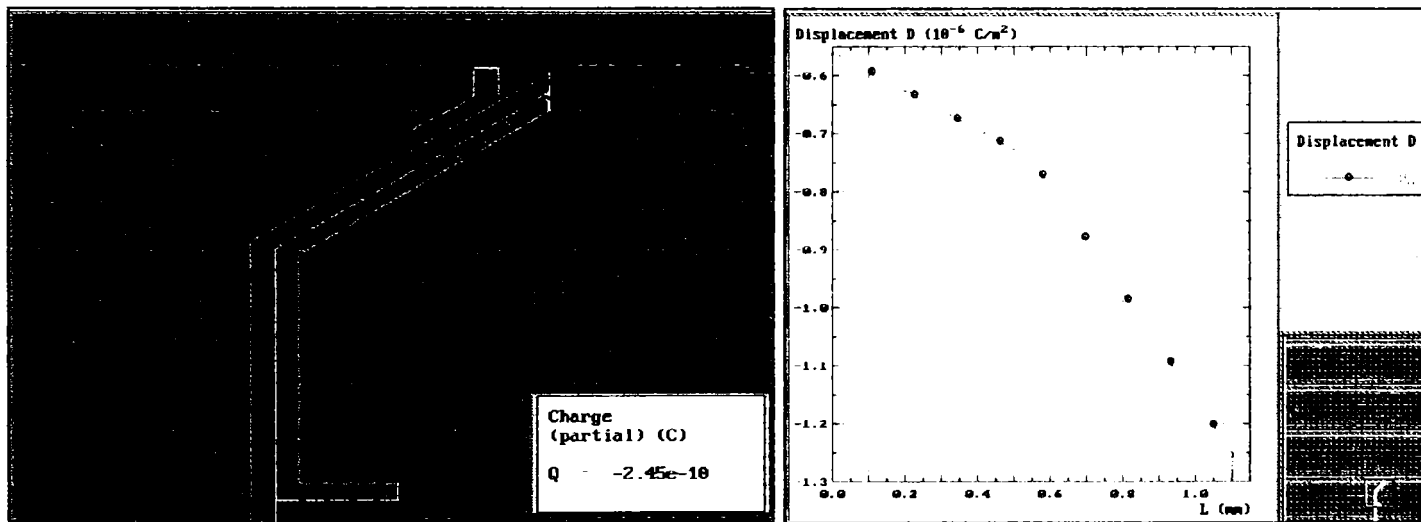


f

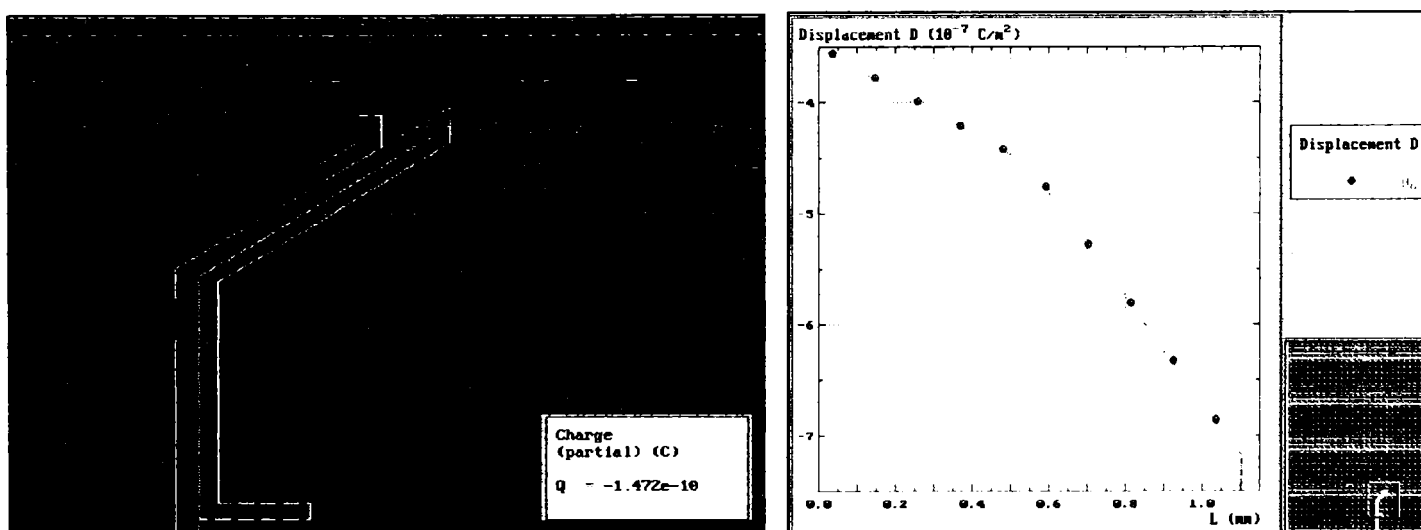
Fig.4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele , d...f (continuare).



g

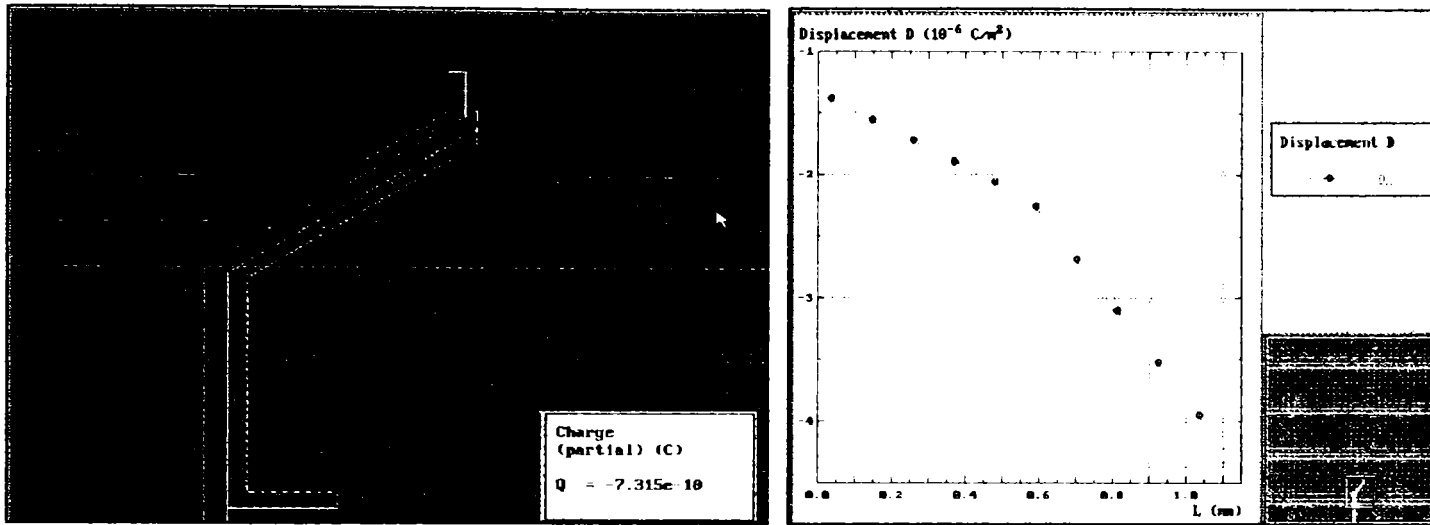


h

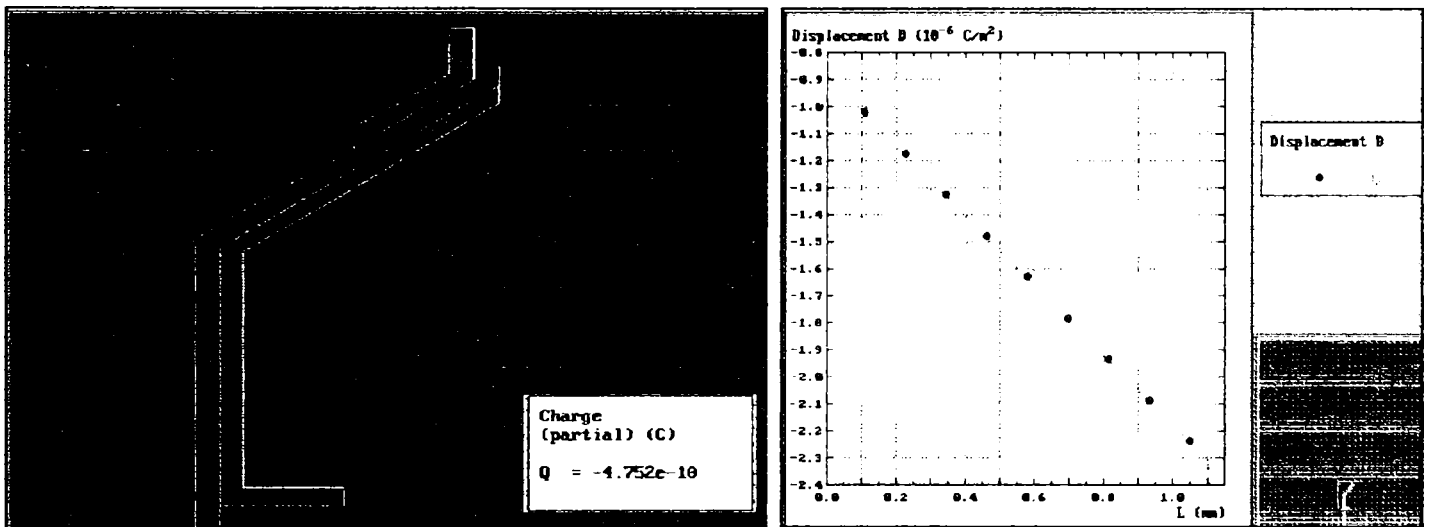


i

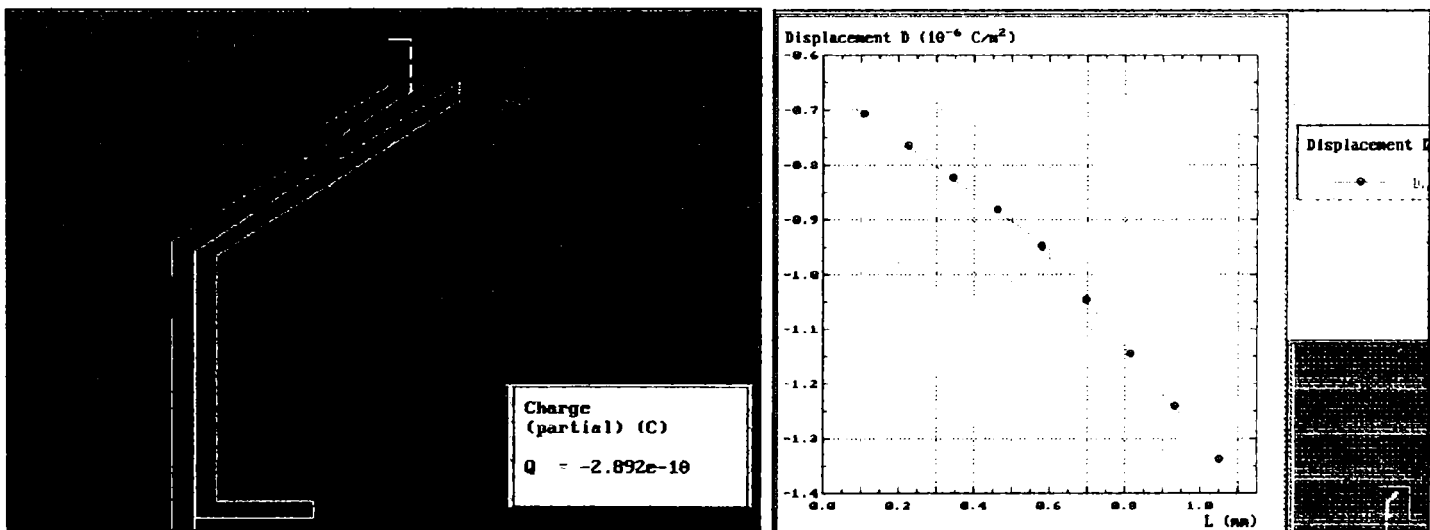
Fig.4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele , g...i (continuare).



j

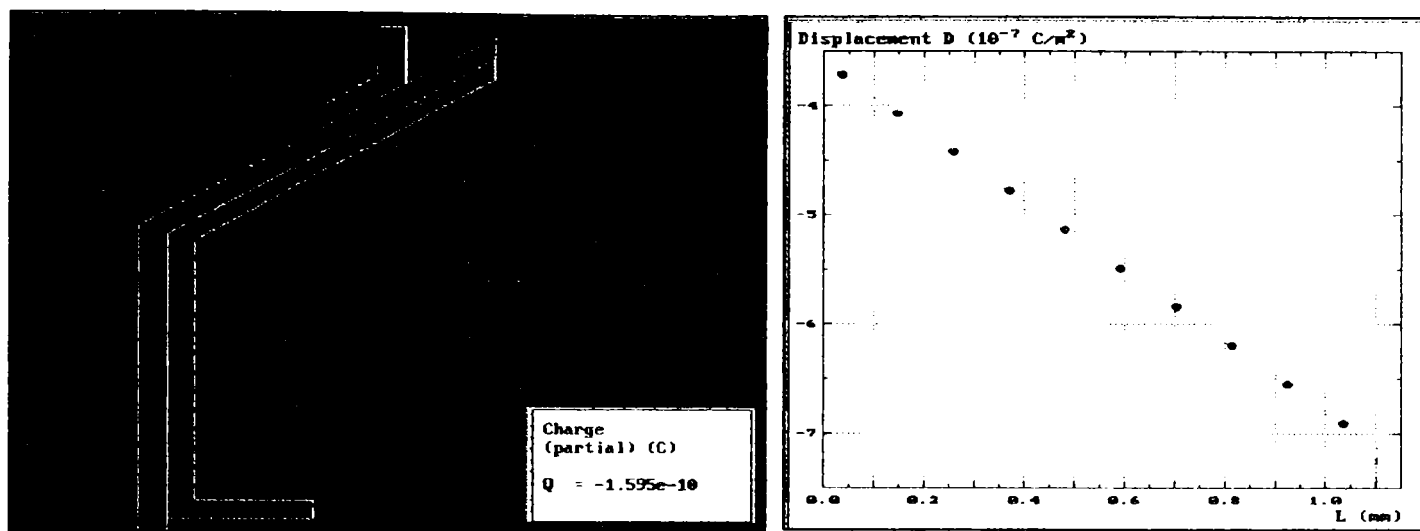


k

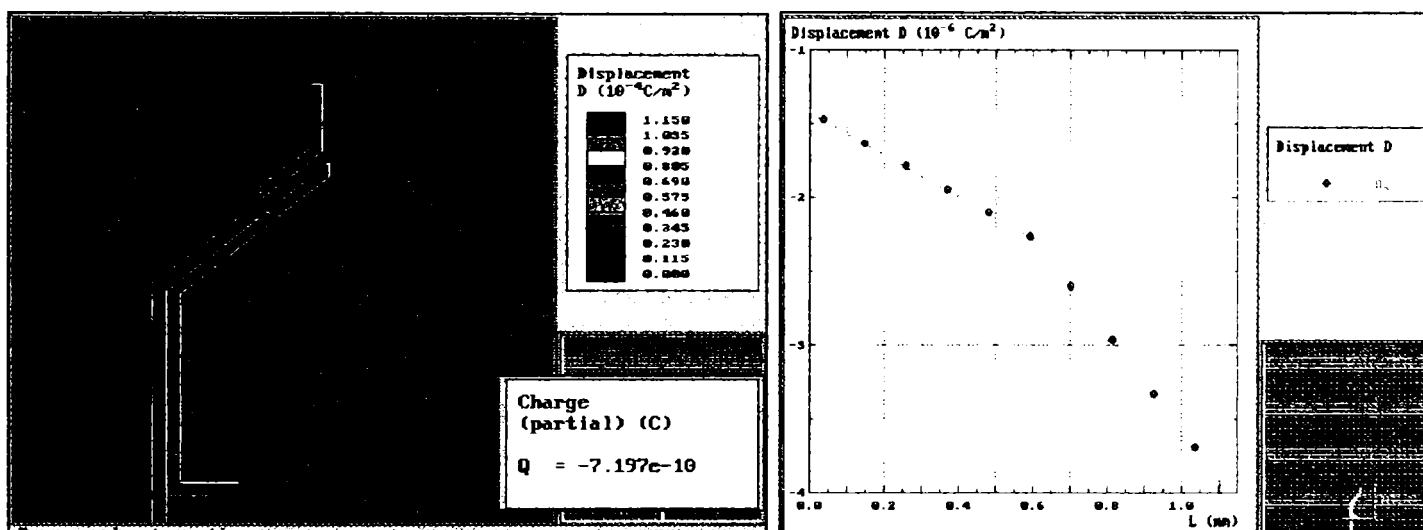


l

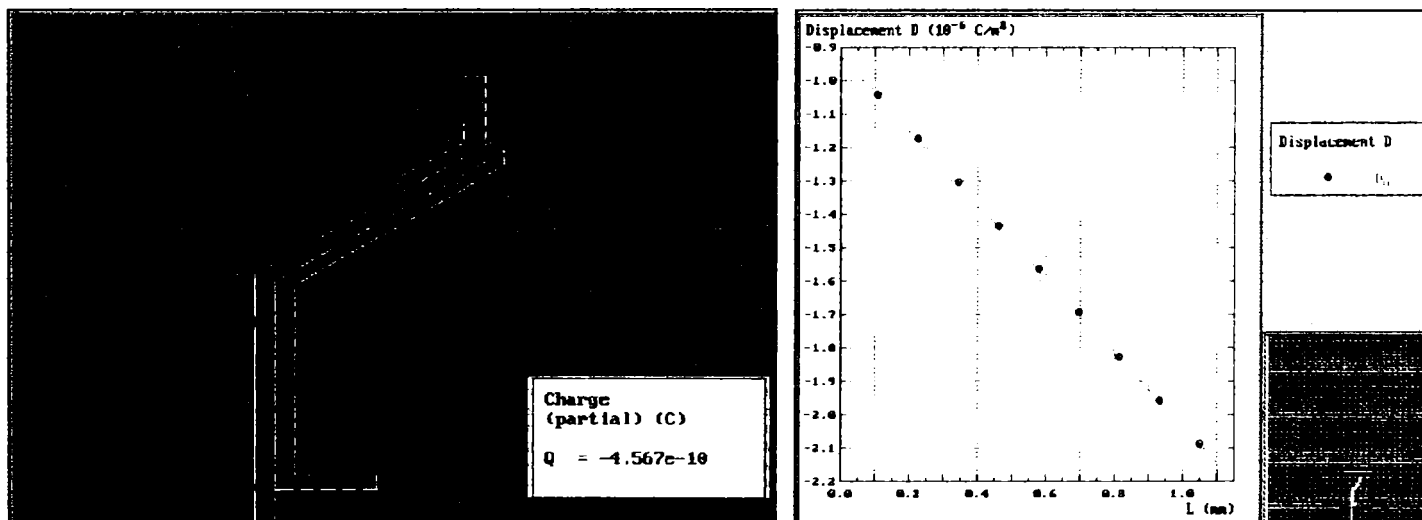
Fig.4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele j, \dots, l (continuare).



m

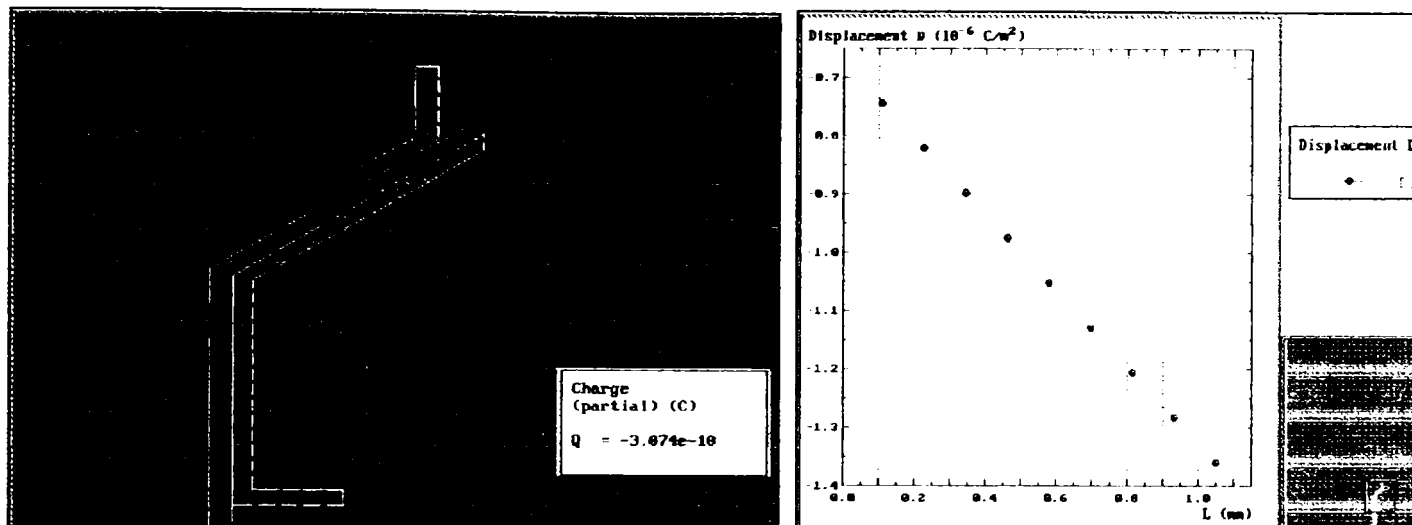


n

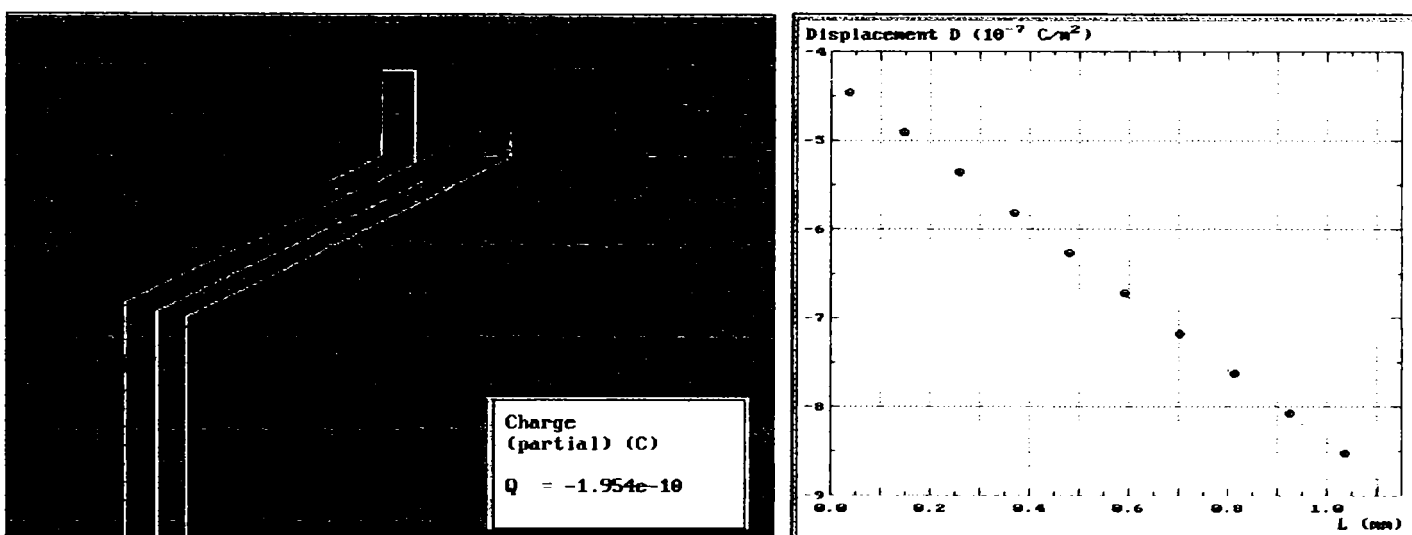


o

Fig.4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartitia suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele , m...o (continuare).

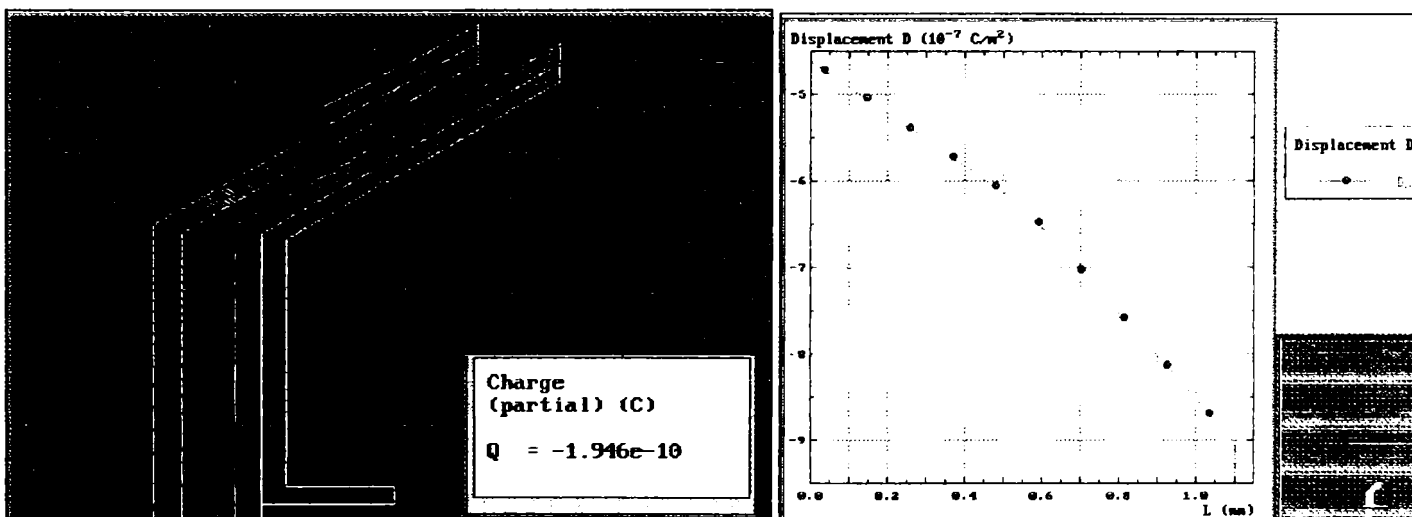


p



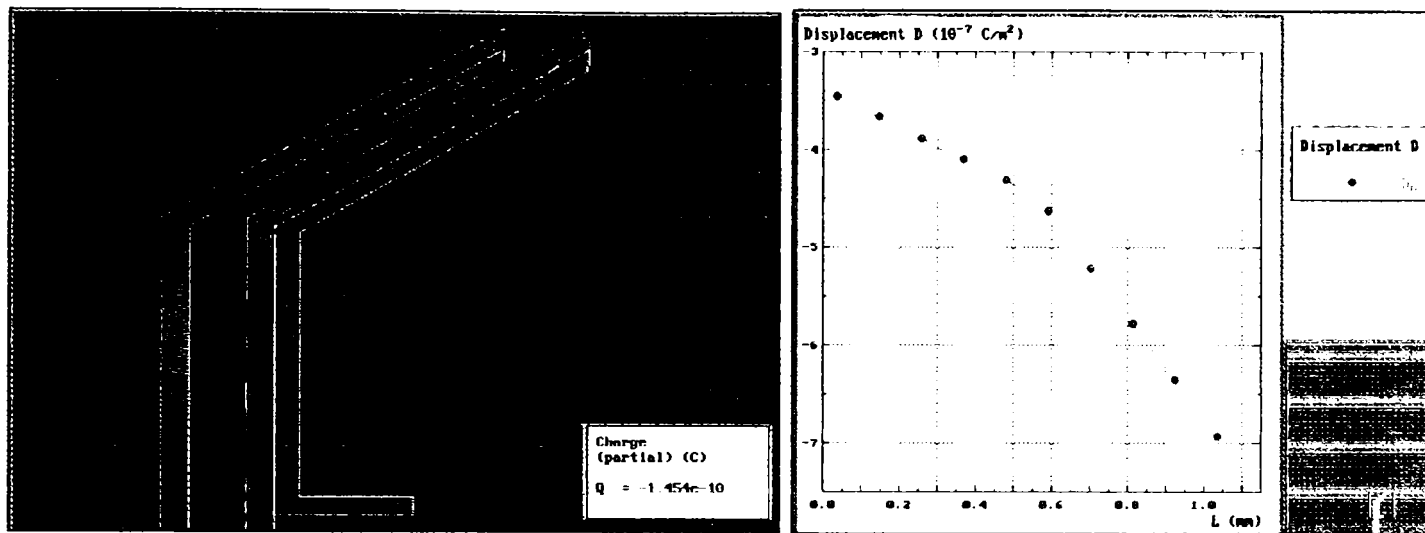
r

Fig. 4.35.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele p...r (continuare).

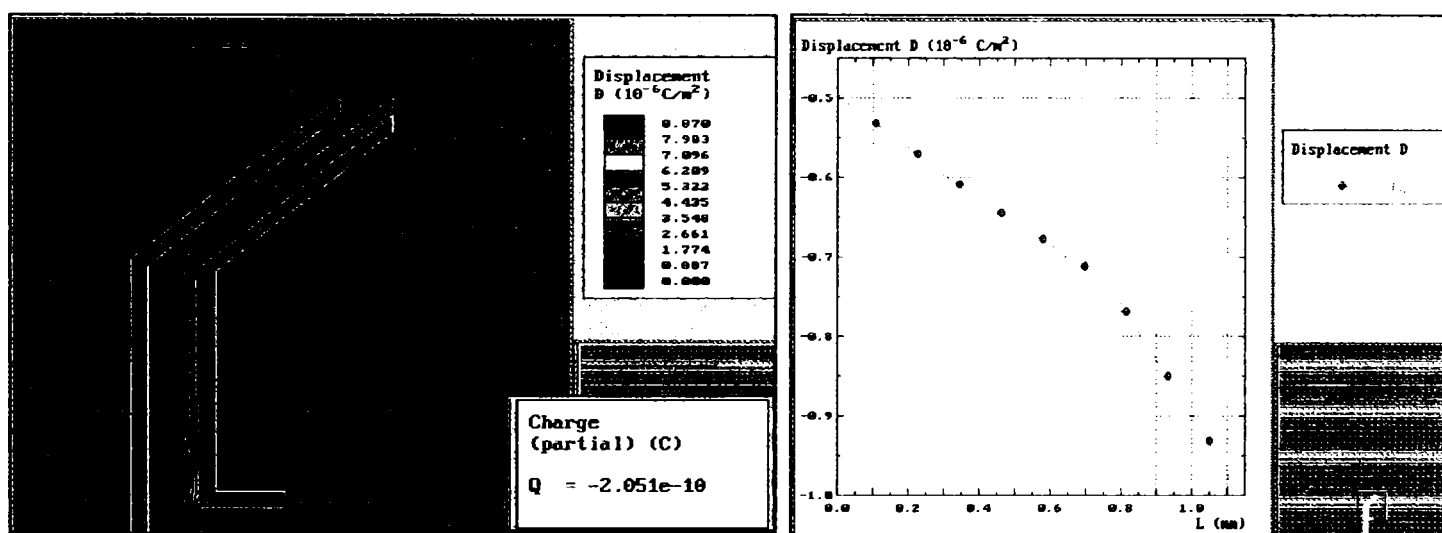


s

Fig. 4.36.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru varianta s.



̢



t

Fig. 4.36.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$ pentru variantele, ̢, t (continuare)

Modelul pentru care se obține cea mai mare încărcare cu sarcină a peliculei de lichid de pe disc, este varianta din fig. 4.34 j, care a și constituit modelul de adaptare a dispozitivului de pulverizare centrifugal, realizat și încercat în laborator și câmp. Sarcina de încărcare teoretică care se obține cu acest model este de 731,2 pC. Cu modelele din fig. 4.34.(s, ̢, t) se realizează o încărcare doar de 194,6 pC, 145,4 pC și respectiv 205,1 pC.

Dacă se are în vedere și efectul sarcinii spațiale, generată de norul de picături încărcate care se desprind de pe disc și se deplasează către plante. Și în acest caz, sarcina indusă în partea frontală a vânei de lichid, are cele două componente:

$$Q = Q_s + Q_E \quad (4.113)$$

Componenta Q_E este sarcina (negativă) indusă în pelicula de lichid, datorită câmpului electric care apare între electrod și peliculă, aflate la potențiale diferite;

Componenta Q_s este sarcina indusă în partea frontală a peliculei de lichid, datorată sarcinii spațiale negative existentă în ligamentele și picăturile care s-au format și încărcat și se află în apropierea discului.

În lucrare, ambele sarcini au fost determinate prin metoda MEF și programul QField, stabilindu-se valoarea sarcinii finale pe suprafața frontală a peliculei de lichid, considerând sarcina conținută în ligamente și picăturile formate ca o sarcină spațială distribuită în volum, de valoare determinată: $-3 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^3$. Modelarea s-a efectuat în aceleași condiții ca la toate modelele, diferența constând în considerarea în cadrul modelului analizat și a sarcinii spațiale, desprinsă și aflată în imediata apropiere a părții frontale a peliculei. S-a luat pentru calcul, varianta din fig. 4.34 j care asigură încărcarea cea mai mare, modelul de referință rezultat fiind cel din fig. 4.37.a. Modelul geometric, spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1 = 276,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, echivalenta cu suprafața a 10^6 picături cu diametrul de $10 \mu\text{m}$, sau 200 picături cu diametrul de $75 \mu\text{m}$, sunt reprezentate în fig. 4.37 (a și b).

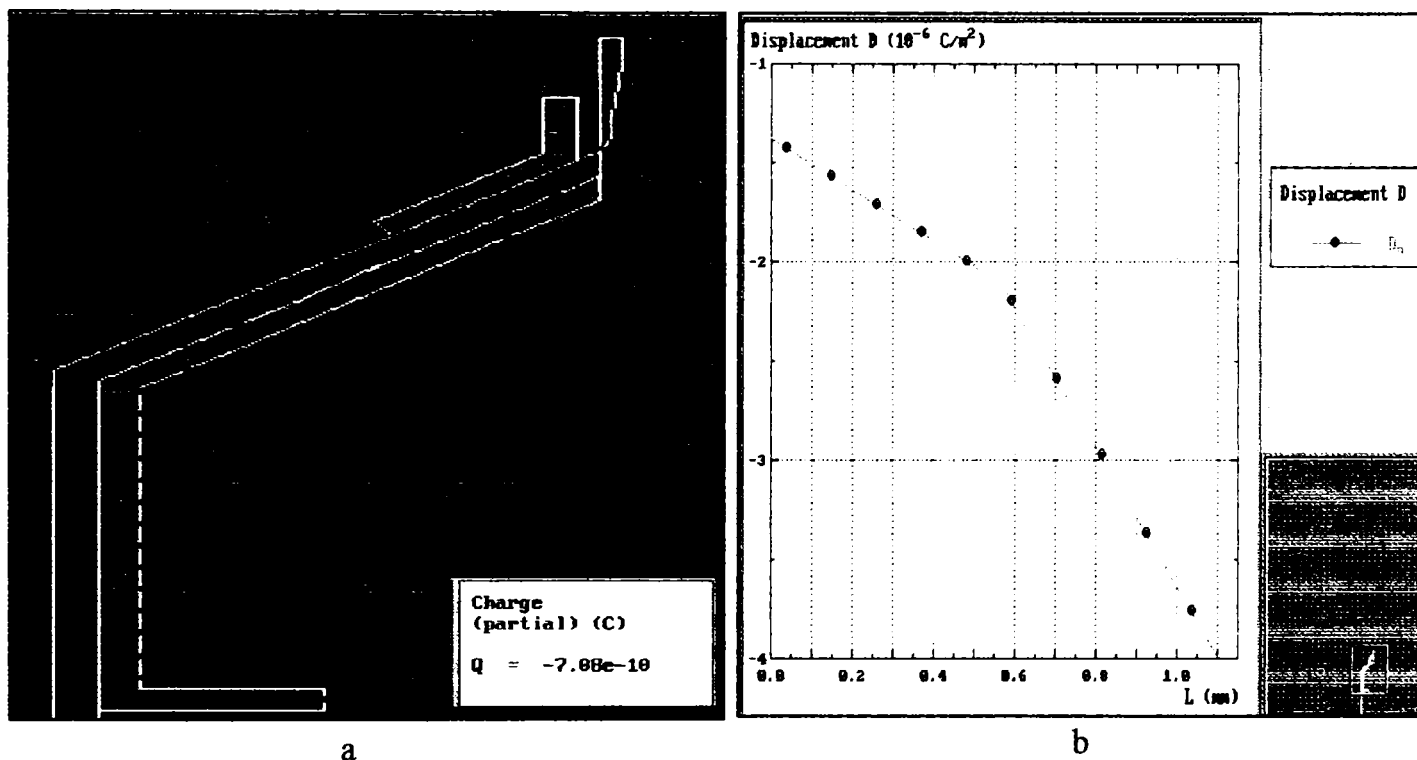


Fig. 4.37.- Spectrul liniilor de câmp, repartiția suprafețelor echipotențiale, sarcina q și variația D_n pe suprafața $S = S_1$.

Sarcina teoretică cu care se încarcă partea frontală S a peliculei este -708 pC , mai mică decât în cazul în care nu s-a luat în considerare prezența sarcinii spațiale ($Q = -731,2 \text{ pC}$), rezultând o sarcină specifică de $5,12 \mu\text{C/m}^2$.

Prin încărcarea picăturilor mărimea lor se micșorează cu $1-10 \%$ [54]. Explicația acestei micșorări este dată prin efectul pe care îl are câmpul electric la periferia discului de pulverizare în raport cu forța centrifugă. Componenta orizontală a intensității câmpului \vec{E} , este în același sens cu forța centrifugă și ca urmare ruperea peliculei de lichid se face mult mai rapid.

Detalii privind metodica de încercare și valorile reale ale sarcinii electrostatice cu care se încarcă picăturile, determinate pe standul de încercare în laborator, la diferite tensiuni de alimentare a electrodului, sunt prezentate în capitolul 5

DETERMINĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CARACTERISTICILE ÎNCĂRCĂRII CU SARCINĂ ȘI DEPUNERII PICĂTURILOR PE PLANTE.

Teoretic, timpul de transfer al sarcinii electrice prin plantă este mic ($t_{tr,p} < 0,1$ s), în comparație cu timpul cât durează deplasarea echipamentului în raport cu planta ($t_d = 0,34$ s), și că se facilitează scurgerea sarcinilor captate de plantă spre sol, astfel încât potențialul plantei rămâne la potențialul pământului, pe tot parcursul interacțiunii plantei cu norul picăturilor încărcate.

Teoretic, nivelul încărcării picăturilor prin influență electrică depinde în foarte mare măsură de timpul efectiv în care are loc transferul de sarcină în pelicula de lichid $t_{tr,s}$ (inducere), timp care trebuie să fie cu mult mai mic decât timpul necesar formării picăturilor t_{fp} ($t_{tr,s} \ll t_{fp}$). Timpul t_{fp} , în cazul destrămării peliculei (vânei) de lichid la pulverizarea higrăulică și centrifugală este estimat la valoarea de 1-1,7 ms, iar timpul de transfer de sarcină $t_{tr,s}$, în soluțiile pe bază de apă este calculat la 0,35 ms, iar la cele pe bază de ulei vegetal la 0,442 ms.

5.1.- Experimente efectuate în laborator

Sunt prezentate **aparatura, metodologia și echipamentul experimental**, folosit pentru punerea în evidență a comportamentului din punct de vedere electric al plantelor, determinarea nivelului de încărcare cu sarcină a picăturilor, realizate prin pulverizarea hidraulică cu duze cu jet în evantai și centrifugală și încărcate prin metoda de încărcare prin influență electrică, dar și evaluarea depunerii picăturilor încărcate pe plante, în funcție de caracteristicile fizice și electrice ale picăturilor și plantelor

5.1.1.- Aparatura folosită la încercările experimentale, a constat dintr-o serie de aparate și sisteme complexe necesare generării și măsurării de tensiuni înalte, măsurării de curenți de valori foarte mici, achiziția și înregistrării curenților și tensiunilor din timpul experimentărilor, măsurării și estimării depunerii de substanță pe frunze, înregistrării pe suport magnetic (HDD) a achizițiilor efectuate, cât și programe specializate, pentru achiziția și prelucrarea datelor. Acestea sunt grupate astfel:

- sursă fixă de generare a tensiunilor înalte, SIT (0 -30 kV);
- sursă portabilă de înaltă tensiune (0-4 kV);
- voltmetru electrostatic de măsurare a tensiunilor înalte (0 - 30 kV);
- multimetre de curenți și tensiuni foarte mici, continue și alternative (electrometre);
- oscilosop analog/digital cu memorie și transfer de date pe calculator, HM 305-2 (HAMEG Instrument) și cuplare la PC (Pentium 120 MHz, 32 MB RAM, HDD 2,2 GB);
- sistem de achiziție date de mare viteză DCX 702, instalat pe PC (Pentium 120 MHz, 32 MB RAM, HDD 2,2 GB);
- spectrofotometru, de analiză a culorii, tip JASCO V-530, conectat la PC (486, 16 MB RAM, HDD 1,6 GB);
- sisteme calcul pentru prelucrare a datelor (PC Pentium I- MMX 233 Mhz, 64 MB RAM, HDD 3,5 și Pentium 120 MHz, 32 MB RAM, HDD 2,2 GB);
- softuri specializate: QFIELD, SP 107, DCX 702, SPECTRA ANALYSIS PROGRAM, TableCurve 2D (V4), XCEL, ACAD, COREL 8, etc;

Modul de amplasare în timpul măsurătorilor a aparaturii, se prezintă în fig. 5.1

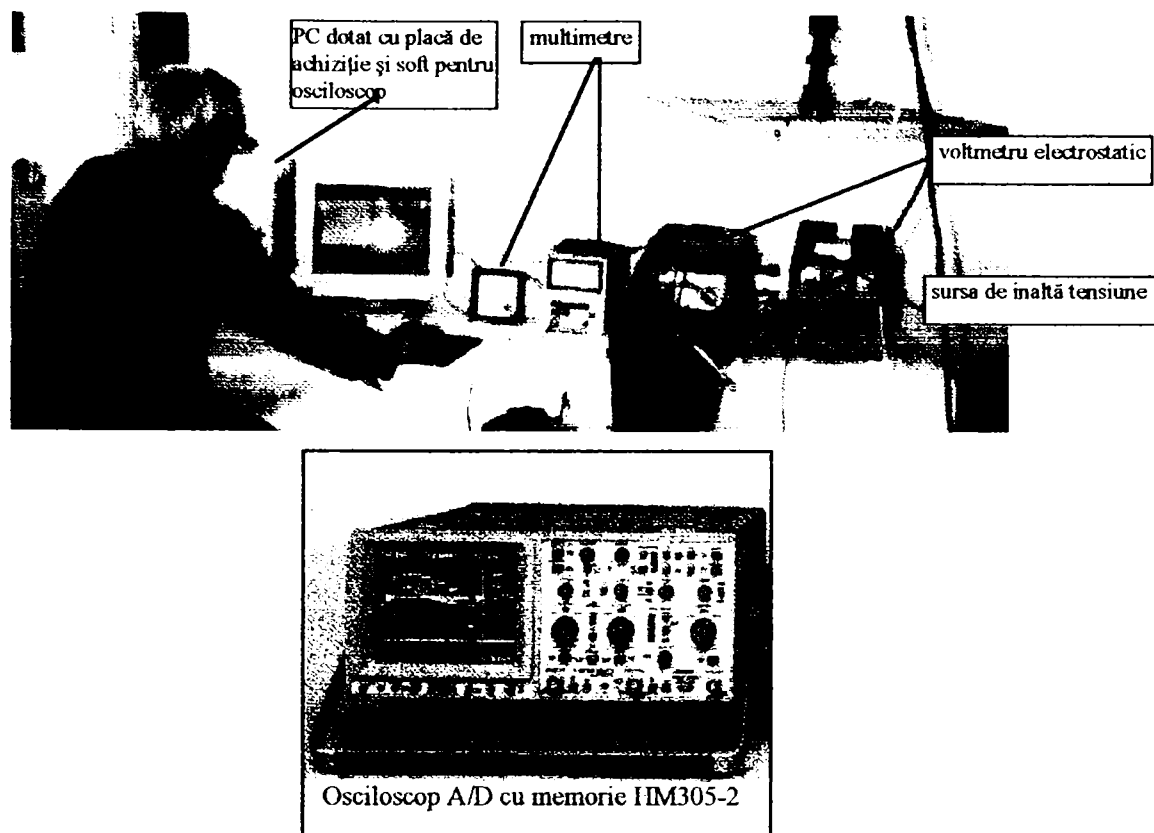


Fig.5.1.- Vedere generală cu aparatura folosită la încercările din laborator

1.- Sursa de înaltă tensiune SIT (0 - 30 kV).

Sursa de înaltă tensiune, este de tip SIT 5040 RV, cu domeniu de 1-30 kV CC. Este prevăzută cu bornă de ieșire cu cablu special (fig. 5.2)

Pentru extinderea domeniului de tensiune, (0-30 kV) cât și pentru ușurința de reglare, alimentarea la rețea s-a făcut prin intermediul unui transformator, ridicător (0 - 260 V).

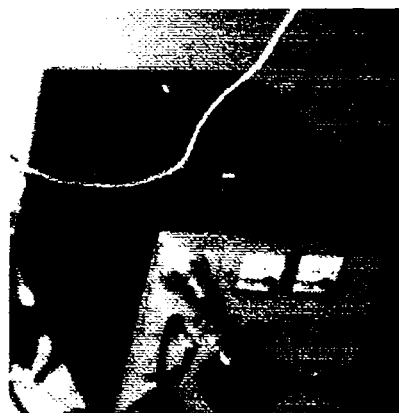


Fig. 5.2.- Sursa de înaltă tensiune

2.- Sursa portabilă de înaltă tensiune.

A fost realizată pe principiul blocului FIT de la televizoarele portabile, iar modificarea tensiunii s-a efectuat printr-un divizor de tensiune, realizat cu rezistențe de putere. Gama tensiunilor înalte de lucru a fost: 0, 1 kV, 2,5 kV și 3 kV. Această sursă a fost folosită numai la încercările din câmp, fiind alimentată de la o sursă de joasă tensiune (baterie de acumuloare de 12 V, auto).

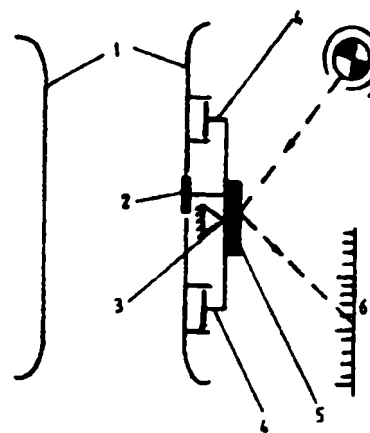
3.- Voltmetru electrostatic.

Este un aparat cu racordarea directă la borna de înaltă tensiune. Cu ajutorul lui s-a măsurat tensiunea înaltă continuă, furnizată de sursa de înaltă tensiune, dar permite și măsurarea efectivă de tensiuni alternative. Ca principiu de funcționare (fig.5.3), între electrozii voltmetrului (plani și mobili) apare o forță de atracție care depinde de pătratul tensiunii aplicate. Cuplul rezistent este produs de un fir de torsiune din bronz, echipamentul mobil având dimensiuni mici, iar deplasarea este amplificată

printr-un sistem optic. Echipamentul mobil, are dimensiuni geometrice mici, pentru a nu produce o deformare semnificativă a câmpului electric.



a



(b)

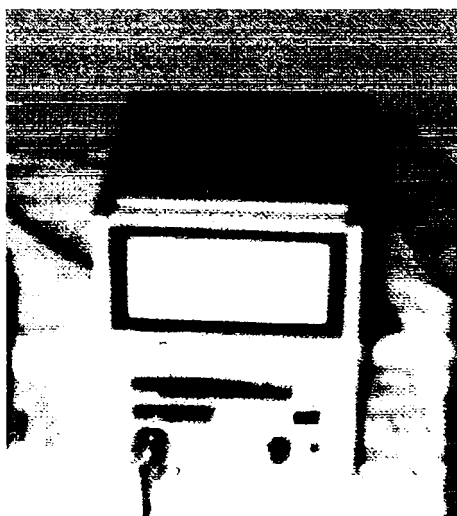
Schema de principiu a voltmetrului electrostatic
1.- electrozi plani; 2.- electrod mobil; 3.- fir de tensiune; 4.- dispozitiv de amortizare a oscilațiilor; 5.- oglindă; 6.- scala aparatului; 7.- lampă.

Fig. 5.3.- Vedere generală (a) și principiul de funcționare a voltmetrului electrostatic.

Voltmetrul electrostatic permite măsurarea tensiunilor înalte în domeniile 0-7 kV, 0-15 kV și 0 - 30 kV, practic fără consum, schimbarea scării de măsură efectuându-se cu un mecanism special. Datorită preciziei ridicate a fost folosit ca și aparat etalon de măsurare.

Indicarea valorii tensiunii pe ecran este realizată prin intermediul unui spot luminos..

4.- Multimetru, tip DC MICROVOLTMETER V 623 (MERA TRONIC (Polonia).



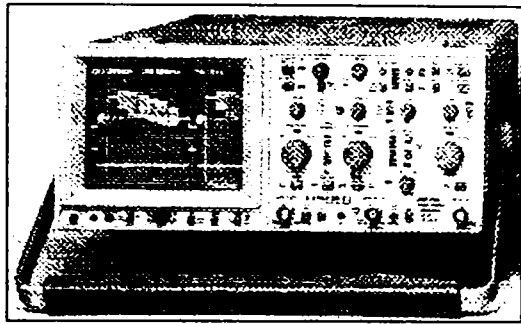
Multimetrul a permis măsurarea de: curenți (0,1 nA, nA, μ A), tensiuni (μ V, mV și V) continue în următoarele domenii de măsură: 3; 10; 30; 100; 300 și 1000 (fig.5.4). Are posibilitatea de măsurare directă și inversă (REVERS, (-1 -0) și (-0,3 - 0)).

Pentru înregistrare, are la ieșire 2 borne (RECORDER), prin care s-a conectat la intrarea osciloscopului cu memorie sau la intrarea sistemului de achiziție date DCX 702, pentru achiziția curenților direct pe calculator.

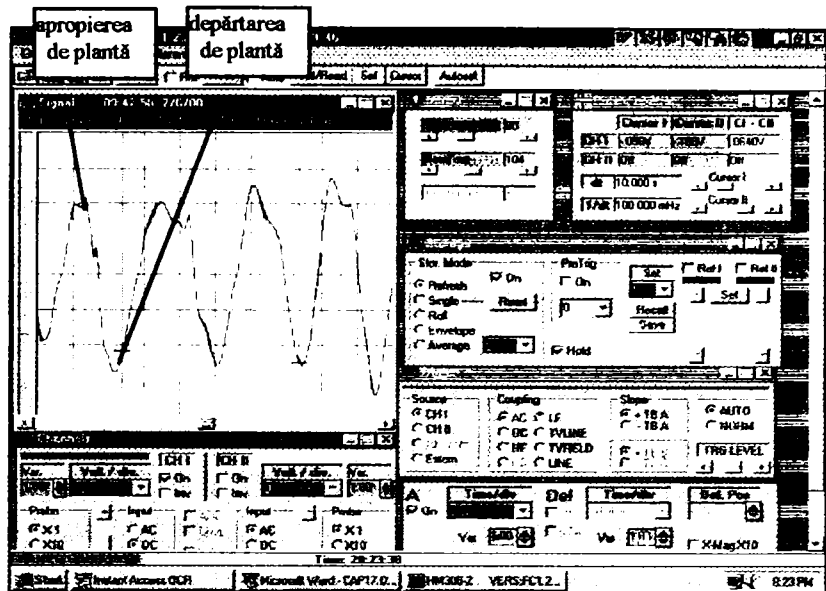
Fig.5.4.- Multimetricu tip V 623.

5.- Osciloscop analog /digital cu memorie(Analog / Digital-Scope HM 305-2, al corporației HAMEG LTD, Hong Kong).

Este un aparat de vizualizare pe ecran a mărimilor achiziționate, de memorare, oferind și posibilitatea de transfer a acestora pe calculator. Achiziția este comandată soft, programul de aplicație fiind SP- 107(fig. 5.5).



(a)



(b)

Fig. 5.5.- Vedere generală (a) și panoul de comandă (b) a osciloscopului tip HM305-2.

Modul de lucru de bază este "apăsarea " butoanelor de pe panoul de comandă (fig. 5.5.a), sau prin comanda soft de pe calculator prin butoanele desenate pe ecran (fig.5.5 b.), ceea ce se realizează prin poziționarea cursorului "mouse-ului" pe butonul dorit și efectuarea comenzii. Acolo unde este cazul, sunt introduse unele date numerice sau alfanumerice. Pentru etalonarea tensiune-curent, scara de etalonare a fost 28,125 nA/V.

6.- Sistem de achiziție de mare viteză, DCX 702.

Sistemul DCX 702, este un card full size, care oferă o gamă largă de tipuri de achiziții, cât și generarea de semnale, către exterior (fig. 5.6).

Blocul de achiziție analogică, conține un convertor rapid de 12 biți și un amplificator, care extinde numărul intrărilor la 16. Pentru fiecare canal în parte, se poate programa o amplificare de 1, 2, 4, 8, 16 sau 1, 20, 40, 80, 160, în funcție de aplicație.

Permite achiziția soft, cu viteza de achiziție pe canal, de 120 kHz, sistemul posedând un sistem de auto-scanare, prin care contribuie la sporirea vitezei de achiziție.

Generatorul de ieșire, conține 2 convertoare de 12 biți, care pot funcționa independent sau în conjuncție. Frecvența maximă a semnalelor de ieșire, este de 200 kHz pe canal. Sistemul conține și 32 intrări / ieșiri numerice, configurabile în porturi de câte 8 cifre, cu acces pe bit.

Sistemul este prevăzut cu extensia universală pentru semnale, DCX 500, care permite atât cuplarea de semnale analogice cât și numerice, în funcție de modul de asignare a semnalelor de intrare/ieșire .

Softul de aplicație este AQDCX, destinat testării și achiziției de semnale analogice, generarea de semnale analogice sau logice. Modul de lucru de bază, este "apăsarea " butoanelor desenate pe ecran, ceea ce se realizează prin poziționarea cursorului "mouse-ului" pe butonul dorit și efectuarea comenzii. Acolo unde este cazul, se introduc unele date numerice sau alfanumerice.

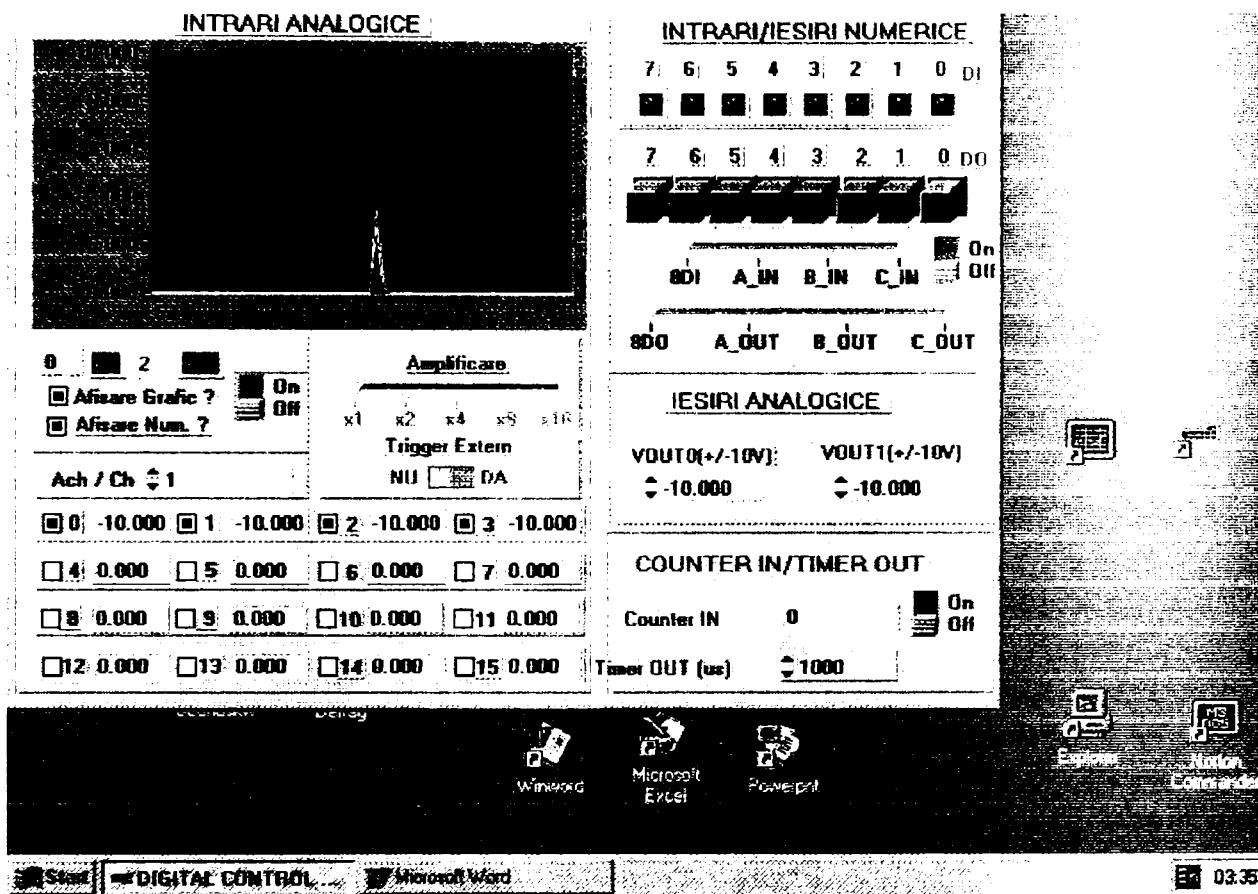


Fig.-5.6.- Panoul de comandă de pe ecran

7.- Spectrofotometrul tip JASCO V 530 (UV/VIS Spectrophotometer), a fost folosit pentru determinarea depunerii de substanță pe frunze. Principiul de lucru este cel al absorbantei, lungimea de undă (wavelength) stabilită a fost de 490,0 nm, lățimea de bandă 2,0 nm, șablon 155 și modul de răspuns rapid. Acesta a fost conectat la un calcultor 486 (40 Mhz, 16 Mb RAM, HDD 2 GB). Softul de achiziție este Spectra Analysis Program Jasco V-500/FP-750 for Windows, al corporației JASCO - Japonia. Spectrul curbelor și valorilor de absorbantă este prezentat în fig.5.7. Valoarea maximă a absorbanțelor pentru concentrațiile de, 2,5 mg/l, 5 mg/l, 7,5 mg/l și 10 mg/l sunt pentru lungimea de undă, de 490 nm..

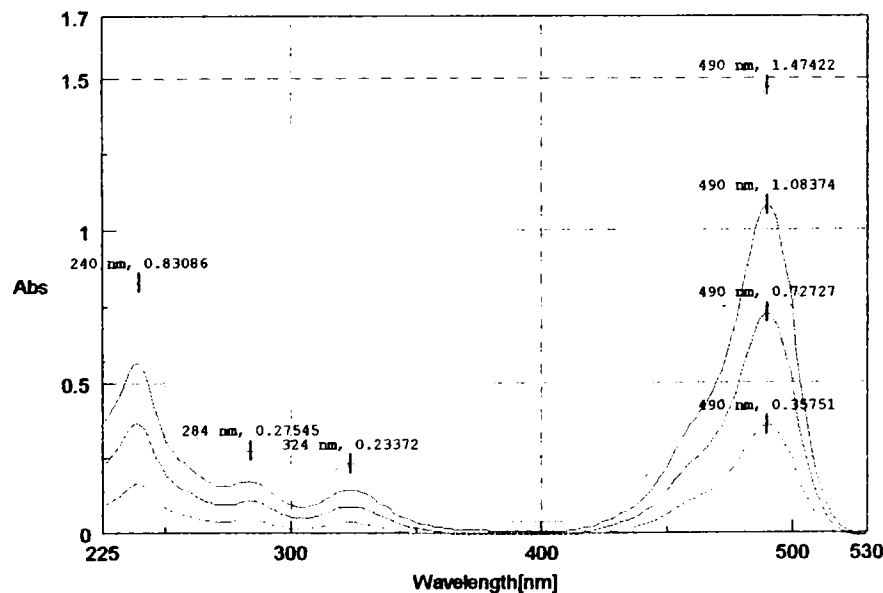


Fig.-5.7. Spectrul curbelor de absorbantă

8. - Sisteme de calcul

Pentru achiziția și prelucrarea datelor, preluate de la osciloscopul cu memorie SP-107, sau cu ajutorul sistemului de achiziție de date DCX 702, s-a utilizat sistemul, Pentium I 120 (procesor P/ 120 Mhz, 32 MB RAM, HDD 2.1 MB, 14" Color). Pentru marea majoritate a prelucrării datelor, s-a utilizat sistemul Pentium I/ 225 MMX (procesor MMX 225 Mhz, 64 MB SDRAM, HDD 3,5 MB, CD-ROM, FDD, 15" Color)

5.1.2.- Metode, montaje și echipamente pentru stabilirea comportamentului plantei din punct de vedere electric (efectului condițiilor de secetă asupra capacității de transfer de sarcină de către plante), utilizate în condiții de laborator.

În acest paragraf sunt prezentate metoda și echipamentul necesar pentru stabilirea influenței pe care o are efectul secetei asupra comportării plantelor, din punct de vedere al transferului de sarcină electrică prin ea și către sol.

Este de cunoscut faptul că, pentru a fi posibilă stropirea electrostatică, trebuie îndeplinită condiția: scurgerea sarcinii electrice (a curentului tranzitoriu) către pământ să se facă într-un interval de timp foarte scurt (durata regimului tranzitoriu să fie mai mic de 100 ms), ceea ce necesită o conducție bună a plantei.

În acest sens prin metodele, montajele și echipamentele alese și folosite pentru experimentare, s-a permis punerea în evidență a modului cum lipsa de umiditate a solului (efectul secetei), influențează asupra inducerii de sarcini electrice în plante, atât în prezența unui câmp electric generat artificial prin intermediul unui electrod plan, cât și în mod real, de norul de picături încărcate. În același timp, s-a stabilit domeniul maxim al rezistenței plantă - sol, la care stropirea electrostatică poate fi încă eficientă.

Experimentările s-au desfășurat în 4 etape.

Etapa 1 a constat în simularea procesului de stropire cu picături încărcate cu sarcină, printr-un simulator electric, astfel încât rezultatele obținute să nu difere prea mult de cele care se obțin în condițiile reale de lucru. S-a folosit un simulator de câmp electric (generator de câmp), prin care se generează un câmp electric, variabil în timp, în vecinătatea unei plante sau a unui rând de plante (sub forma unor plante (ținte) naturale). Acest generator de câmp a fost folosit în mai multe experimente.

a.- Experimentul nr.1.

Obiectivul experimentului a fost acela, de a stabili modul în care efectul lipsei de umiditate îl are asupra capacității plantei de a realiza transfer de sarcină, când aceasta este supusă acțiunii unui câmp electric cu variație lentă.

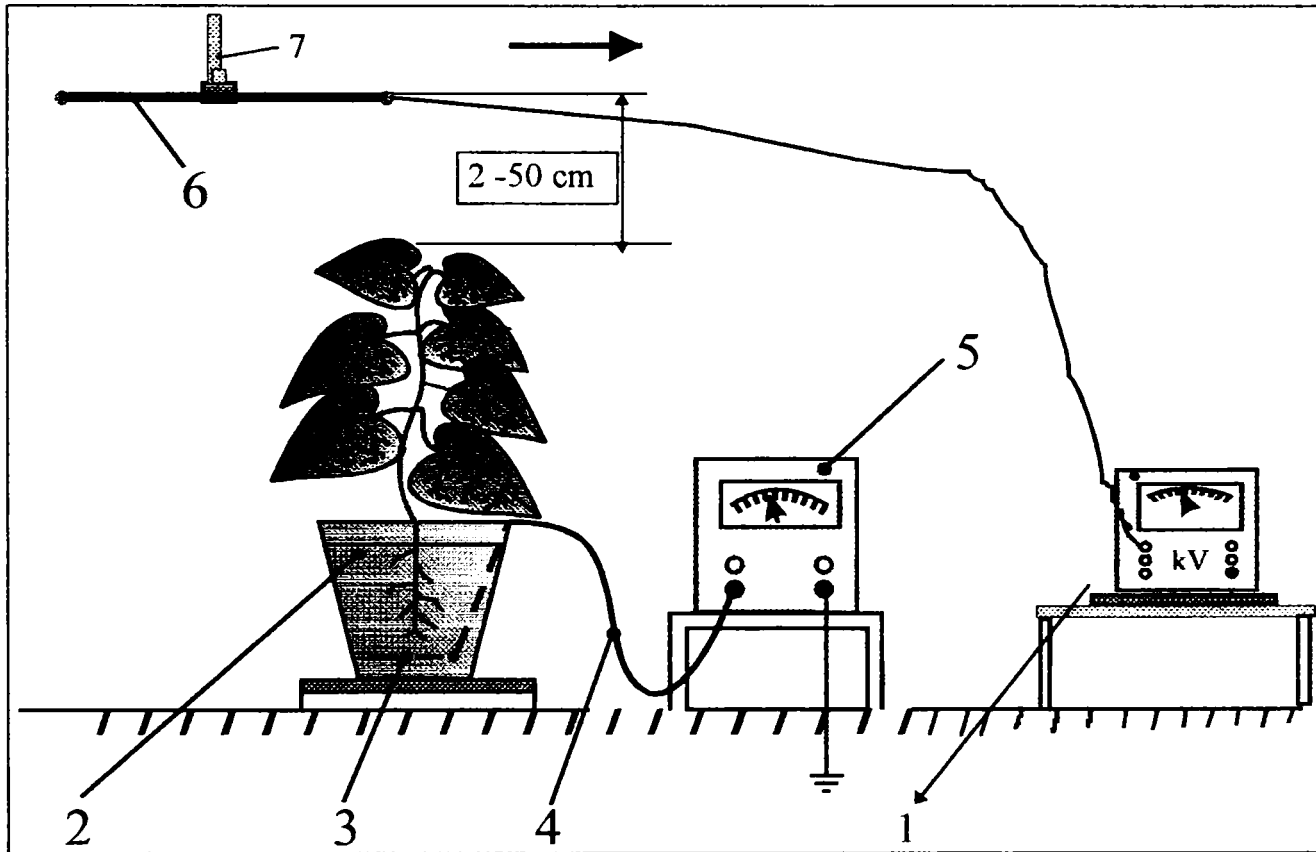
În acest scop, a fost utilizat generatorul de câmp electric artificial, care a fost deplasat deasupra unei plante izolate față de masă, într-un sens și celălalt, cu o viteză egală cu cea a unui agregat de stropit, pentru a se simula un câmp electric produs de o mașină prevăzută cu stropirea electrostatică (fig. 5.8).

Generatorul de câmp este compus dintr-un suport mobil, pe care s-a montat electrodul 6, conectat la sursa de înaltă tensiune 1. Prin alegerea corespunzătoare a valorii tensiunii, curentul tranzitoriu prin plantă se reduce la o singură componentă și anume, aceea a curentului de poziție, adică curentul care se scurge prin plantă către sol, când electrodul se deplasează pe deasupra plantei, măsurat cu ajutorul electrometrului 5 și înregistrat cu ajutorul voltmetrului numeric cu memorie tip SP 107, transferat apoi pe calculator, sau achiziționat direct cu sistemul de achiziție DCX.

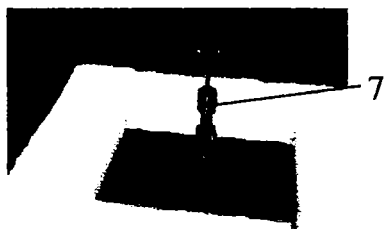
Electrodul este realizat din tablă de aluminiu, de dimensiuni 0.5 m x 0,5 m x 1mm, cu marginile îndoite sub formă circulară pentru reducerea efectului de margine (reducerea posibilităților de

apariție a descărcărilor Corona), care ar fi de fapt un efect nedorit. Electrocul a fost plasat în poziție orizontală, la o distanță de 2 - 50 cm față de plantă, iar izolarea lui față de pământ, s-a realizat cu ajutorul unui izolator 7, dintr-un material bun izolant (teflon) (fig. 5.8 a, b).

Ca mijloc de izolare a plantelor, s-a utilizat ghivece din plastic 2, în interiorul cărora s-a introdus câte o placă de tablă din material inoxidabil 3 (electrod), pentru a se crea o cale conductibilă, în vederea măsurării sarcinii transferate în sistemul plantă - sol. Ghivecele au fost izolate bine față de sol, cu un material bun izolator (sticlă). Conectarea plăcii de oțel inoxidabil la electrometru a fost realizată prin borna de conectare și cablul de conectare 4. Elementele și standul, realizate pentru experimentare, sunt prezentate în fig. 5.8.(b,c,d).



(a)



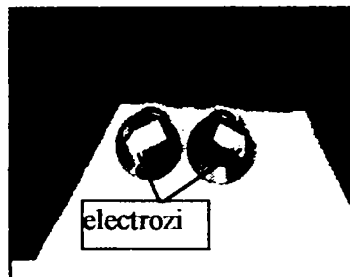
(b)



(d)



borna de conectare



electrozi

(c)

Fig.-5.8.- Schema montajului experimental pentru determinarea capacității plantelor supuse a condiții de secetă, de a transfera sarcină electrică sub influența unui câmp electric cu variație lentă(a), electrocul de formă plană (b), ghivecele de plante (c) și montajul experimental (d)
1.-sursa de înaltă tensiune; 2.- ghiveci din plastic; 3.- placă de oțel inoxidabil (electrod); 4.- cablu de legătura la electrometru; 5.- electrometru pentru măsurarea transferului de sarcină; 6.- electrod plan;

Umiditatea solului din ghiveci (sau seceta), a fost scoasă în evidență zilnic, (prin ofilirea frunzelor), iar în funcție de aceasta modificându-se și potențialul solului. Capacitatea de transfer a plantei s-a măsurat zilnic, până la ofilirea completă, pentru a se stabili dacă curentul prin plantă scade odată cu ofilirea acesteia.

Aparatura selectată în toate încercările, a fost în scopul de a se realiza condiții electrice identice cazului natural al plantei, supuse unui transfer de sarcină și care, să permită măsurarea transferului de sarcină prin plante cât mai corect. Au fost alese următoarele aparate :

- **electrometrul** (microampermetrul) cu amplificatoare operaționale, care are o intrare la legătura cu ghiveciul cu planta și alta la priza de pământ, iar ieșirea a fost conectată la **osciloscopul** numeric, cu posibilitatea de înregistrare a variației în timp a fluxului de sarcini prin plantă (curent);
- **puntea RLC**, pentru determinarea rezistenței și capacității plantelor, atât în situația când se găsesc în pământ, cât și în ghivece;
- **sursa de înaltă tensiune**, tip SIT 5040, care asigură a gamă de tensiuni de 0- 30 kV, în 3 scări: 0-7 kV; 0-15 kV și 0-30 kV;
- **voltmetrul electrostatic** cu spot luminos.

Procedura urmată pentru întreaga perioadă a experimentului, a fost următoarea:

- voltajul electrodului a fost menținut constant la o valoare cuprinsă între 1 - 7 kV, pentru întregul experiment. S-a stabilit valoarea care asigură condiția de a nu apare descărcări locale corona, la o distanță de minim 0,25 m între electrod și vârful frunzelor, aceasta fiind valoarea de 7 kV;
- componenta curentului pusă în evidență prin plantă, a fost cea a **curentului de poziție**;
- viteza de deplasare a electrodului s-a menținut constantă la aproximativ 0,2- 0,3 m/s, pentru a se simula viteza de deplasare reală a unui agregat folosit la combatere;
- curentul convențional care trece prin plantă, de la pământ a fost: pozitiv, când electrodul se apropia de plantă și negativ, când electrodul se depărta de plantă (fig. 5.9).

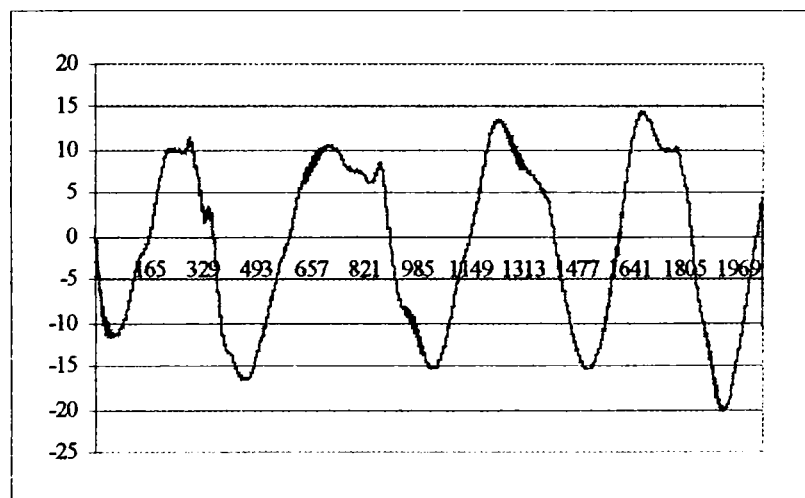


Fig.-5.9.- Forma curentului (nA), indus în plantă, măsurat cu osciloscopul cu memorie.

Pentru cazul prezentat în fig.5.9, s-a ales o plantă cu foliaj redus, o distanță până la plantă de 25 cm și tensiunea de 2 kV. Pentru cazul plantelor cu foliaj bogat, la tensiunii mai mari și distanțe mici, curentul a fost de domeniul microamperilor. La creșterea tensiunii peste 7 kV, s-a observat o creștere exagerată a curentului, datorită apariției descărcărilor locale corona.

Deoarece configurația curentului care trece prin plantă, este de formă sinusoidală (simetrie în ambele sensuri ale fluxului de sarcină), s-a permis măsurarea amplitudinii vârf la vârf cu ajutorul electrometrului și vizualizat / înregistrat pe/de pe osciloscop pe calculator, în vederea prelucrării.

Pentru stabilirea relației de dependență între condițiile de secetă și capacitatea de transfer de sarcină a plantei, operațiile efectuate în fiecare zi de experiment au fost:

- fixarea de fiecare dată a plantei, pe standul izolat și poziționarea ei pe linia centrului de deplasare a electrodului;
- conectarea electrometrului la borna de conectare a ghiveciului și la firul de împământare;
- alimentarea electrodului cu tensiunea înaltă, și trecerea dus - întors, de mai multe ori pe deasupra plantei;
- măsurarea și înregistrarea *curentului indus în plante* la fiecare trecere, iar rezultatele prelucrate.

S-au ales 2 plante: **planta 1:** o plantă cu frunze mari și rezistentă la secetă;

- înălțimea : cca 50 cm;
- nr. frunze: 28
- suprafața medie a unei frunze: 20 cm²;

planta 2: o plantă cu frunze mari, dar mai puțin rezistentă la secetă;

- înălțimea : 50 cm
- nr. frunze: 22
- suprafața medie a unei frunze: 24 cm².

Prin măsurarea curentului și interpretarea rezultatelor, s- a scos în evidență următoarele aspecte:

- în primele trei zile ale experimentului, plantele utilizate au fost încă în condiții de saturație, frunzele acestora fiind fragede, iar plantele păreau sănătoase. Potențialul solului din ghiveci a avut valori aproape zero;

- în intervalul, 4-6 zile, nu au fost semnalate tendințe de ofilire a plantelor;
- începând cu ziua a 7-a și până în a 10-a, a început să apară evidente semne de ofilire a frunzelor, mai ales a celor din partea superioară a plantelor;
- în intervalul dintre a 11-a -16-a zi, ofilirea plantelor s-a accentuat, mai ales după ziua a 10-a, ele și-au pierdut turgescența. După ziua a 16-a, frunzele au fost deshidratate, devenind sfărâmițate

Curentul transferat prin plante, în funcție de numărul zilelor de experiment (ca funcție de umiditate), este reprezentat în fig. 5.10. O analiză a comportării între cele două plante de-a lungul celor 17 zile, arată totuși diferențe între acestea. Diferența a crescut odată cu trecerea zilelor de experiment.

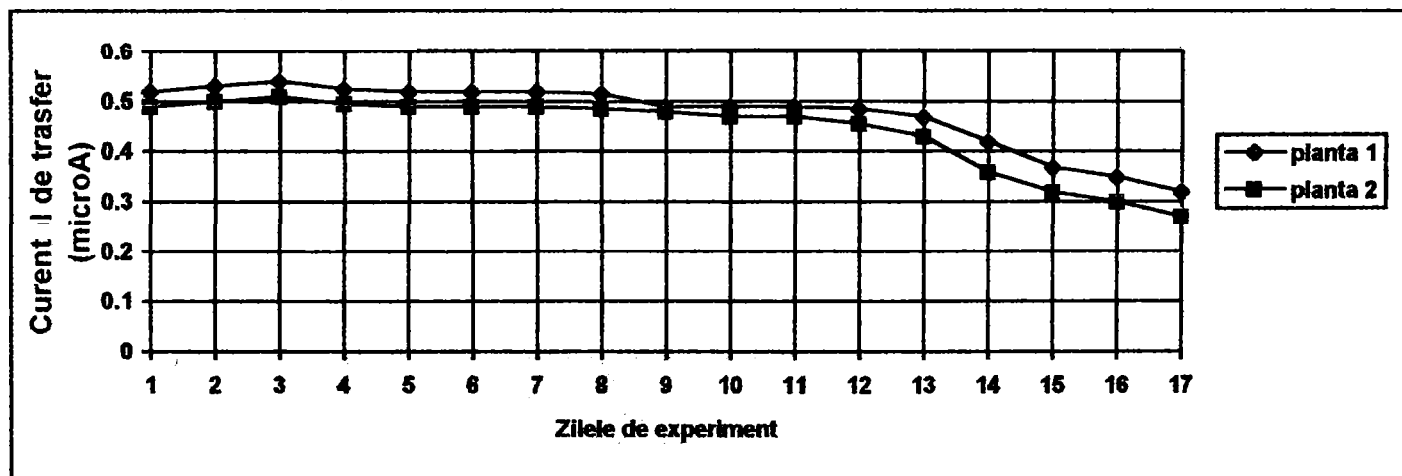


Fig.-5.10.- Curentul scurs prin plante în funcție de ziua de experiment

Din figura 5.10, rezultă că seceta (lipsa de umiditate), afectează într-un anumit fel capacitatea plantei de a transfera sarcină electrică (curent tranzitat prin ea). Dacă transferul de sarcină este mic, încă de la valori mici ale secetei, înseamnă că lipsa de umiditate va afecta combaterea bolilor prin stropirea electrostatică. Se observă că, curentul prin plantă, a scăzut de la o valoare maximă de 0,54 μ A în primele trei zile, la o valoare de 0,32 μ A în ultimele zile ale încercărilor, pentru prima plantă,

respectiv, de la $0,51 \mu\text{A}$ la $0,27 \mu\text{A}$ pentru planta a doua. Din analiza variației curentului în raport cu plantele aflate la încercare, se observă că, comportarea diferită a plantelor nu este semnificativă. Din acest experiment rezultă concluzia că, ultimele patru zile ale experimentului sunt cele care dictează diferențele mari care există între valorile curenților de transfer prin plante.

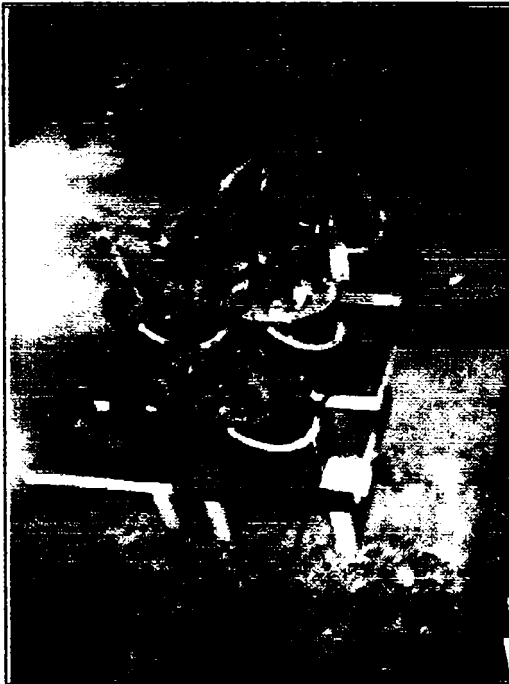
Din punct de vedere al momentului sesizării câmpului de către plantă, s-a constatat că acesta a fost sesizat de la o distanță de 20-60 cm, situație când curentul transferat de plantă a început să crească, valoarea maximă atingând-o în momentul în care electrodul, s-a găsit chiar deasupra plantei.

Etapa 2 a constat în stabilirea curentului transferat în plante, atunci când de acestea se apropie chiar norul de picături încărcate. Cuprinde 1 experiment, împărțiti în 2 faze distincte.

b. Experimentul nr. 2

Obiectivul acestui experiment a fost acela de a stabili modul de inducere de sarcini electrice în plante, în prezența câmpului electric generat, fie direct de electrodul dispozitivului de pulverizare, fie de câmpul electric generat chiar de norul de picături încărcate. Dispozitivul de pulverizare-încărcare pentru care s-au făcut experimentele, a fost cel centrifugal.

În primul caz, dispozitivul de pulverizare-încărcare, doar cu electrodul legat la sursa de înaltă tensiune, dar fără a se pulveriza lichid, a fost deplasat pe deasupra plantelor la o distanță de 1-2cm.



Au fost utilizate 6 **plante mature**, într-un montaj cu distanța între rânduri de 25 cm, și 10-15 cm între plante pe rând, pentru a simula cultivarea lor în câmp, fixate pe suporti izolatori din lemn acoperiți cu sticlă, pentru a se evita orice pierderi de sarcină. Pentru experiențe, plantele au avut aproape aceiași lungime, aproximativ 0.5 m și au fost plantate în găleți prevăzute cu electrozi. Prin conductori au fost interconectați toți electrozii, la electrometrul 1, pentru măsurare și înregistrare. Montajul a permis măsurarea sarcinii totale induse în toate plantele (curentul tranzitat). (fig. 5.11)

Fig.-5.11.- Montajul de simulare a culturii reale de plante

Ca aparatură s-a utilizat: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, osciloscopul cu memorie și calculatorul, pe care s-a înregistrat pe suport magnetic (HDD).

Procedura urmată pentru întreaga perioadă a experimentului, a fost următoarea:

- voltajul electrodului a fost menținut constant la diferite valori, cuprinse între 1 - 3 kV;
- componenta curentului pusă în evidență prin plante, a fost cea a **curentului de poziție**, dar generat direct de electrod;
- viteza de deplasare a electrodului, s-a menținut constantă la aprox. 0,2- 0,3 m/s, pentru a se simula viteza de deplasare a unui agregat real folosit la combatere.

Curentul măsurat, pentru gama de tensiuni (1-3 kV) a variat în domeniul **1 - 3 nA**, deci un curent foarte mic, comparativ cu cel indus de norul de picături, care este mult mai mare.

În cel de al doilea caz, dispozitivul centrifugal a funcționat în apropierea rândurilor de plante (0,7-1m), dar fără ca picăturile încărcate să atingă plantele (fig.5.12). Pentru evitarea ajungerii picăturilor încărcate pe plante, între acestea și dispozitivul centrifugal, s-a interpus un paravan din material plastic sau/și tablă de aluminiu, la o distanță față de primul rând de plante, de 0,3 m. Montajul a permis măsurarea întregului transfer de sarcină, generat de norul de picături aflat la distanța de 0,7-1m.

Ca aparatură s-a utilizat: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, osciloscopul cu memorie și calculatorul folosit la înregistrarea curentului.

Procedura urmată pentru întreaga perioadă a experimentului, a fost:

- voltajul electrodului a fost menținut constant la valori diferite: 1 și 2 kV;
- componenta curentului pusă în evidență prin plante a fost cea a **curentului de poziție**;
- viteza de deplasare a norului de picături încărcate, în sensul apropierii de paravan, s-a menținut constantă, la aprox. 0,3 m/s.

S-a constatat deja apariția unui curent în plante, când norul de picături era încă la distanța de 1m. La distanțe mai mici, curentul a crescut. Valorile curenților mășurați, sunt prezentate în tab.5.1

Nivelul curentului prin plante

Tabelul 5.1

Tensiunea de alimentare a electrodului	Curentul [μ A] prin plante la distanța de:			
	1 m	0,8 m	0,7 m	0,6 m
1 kV	30	100	120	300
2 kV	45	180	250	600

Etapa 3 a constat în stabilirea comportamentului din punct de vedere electric al plantelor, atunci când acestea sunt stropite direct prin norul de picături încărcate.

c.- Experimentul nr. 3

Obiectivul acestui experiment a fost acela, de a stabili influența variației secetei asupra capacității plantelor de a transfera sarcină, în condiții asemănătoare cu a celor din câmp. Dispozitivul experimentat (cel centrifugal), a fost deplasat în funcțiune pe deasupra rândurilor de plante (fig.5.12). Montajul de plante utilizat, a fost același ca la experimentul 2

S-a măsurat întregul transfer de sarcină (curentul tranzitat) prin plante, deoarece nu a fost posibilă separarea celor trei componente distincte ale curentului (de poziție, de depunere și curentul de descărcări locale corona), ce trece prin plante. Prin menținerea încărcării norului generat de dispozitivul de pulverizare - încărcare 3 (electrodul la un anumit voltaj), au fost create condițiile în care să nu apară curentul generat de descărcările corona

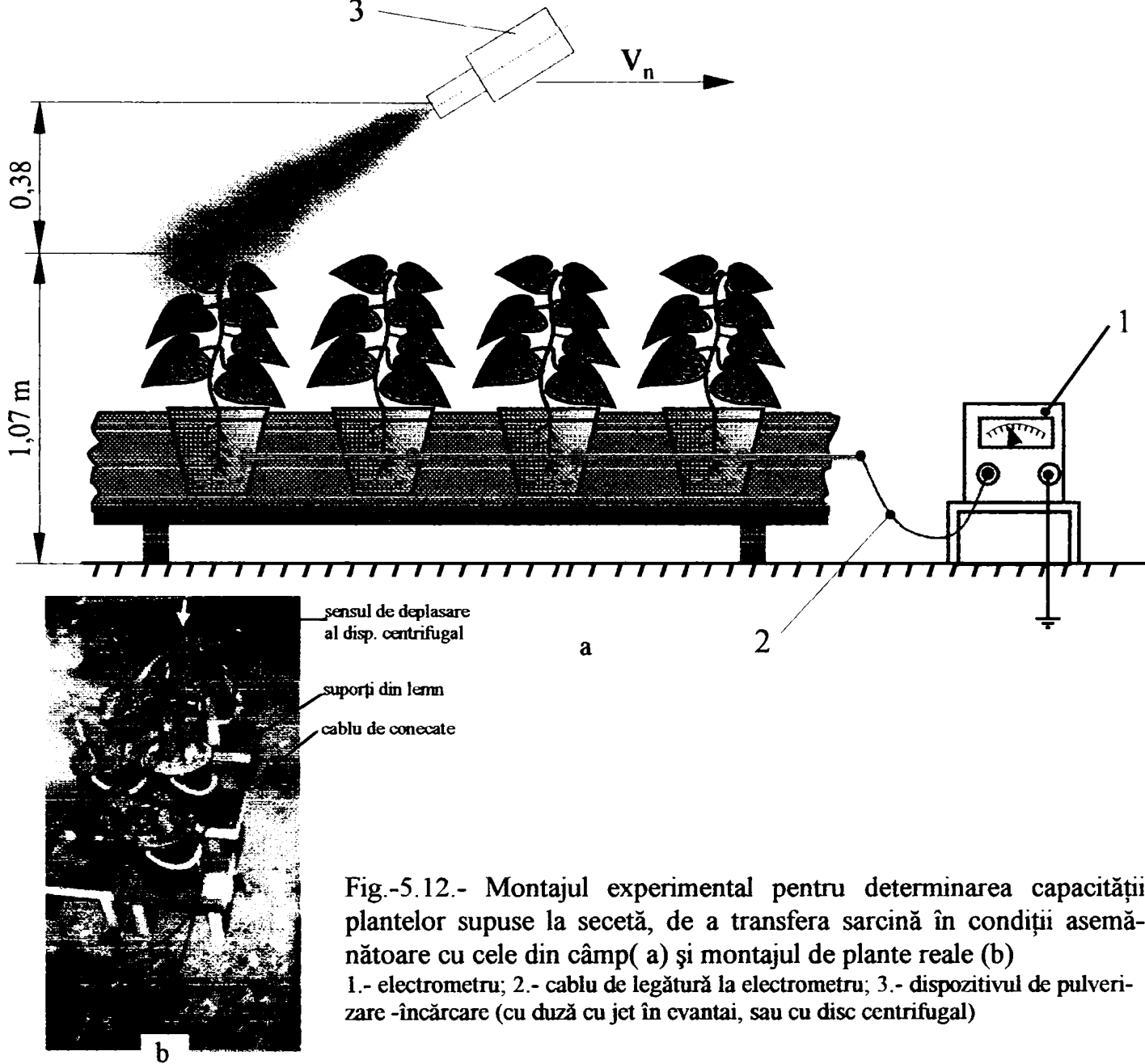
Ca aparatură s-a utilizat: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, osciloscopul cu memorie conectat la calculator, puntea RLC și multimetrul digital, pentru măsurarea rezistenței plantei.

Procedura urmată pentru întreaga perioadă a experimentului, a fost următoarea:

- electrodul dispozitivului centrifugal alimentat cu 1- 2,5 kV;
- dispozitivul centrifugal, a fost trecut de-a lungul rândurilor de plante, măsurându-se curentul tranzitat deodată prin cele 6 plante, cu ajutorul electrometrului, în diferite stadii (zile) de secetă (*curentul de depunere*);
- în fiecare din cele 7 zile de experiment, s-a măsurat rezistența totală a plantei.

Acest experiment constituie o bază de comparație pentru diferite situații ale lipsei de umiditate, între cazul unui câmp electric artificial (primul experiment) și câmpul electric generat chiar de

norul de picături, creat de dispozitivul cu încărcare electrostatică.



Curentul mediu pe plantă măsurat, în corelație cu datele obținute la experimentul 1, este prezentat în fig. 5.13.

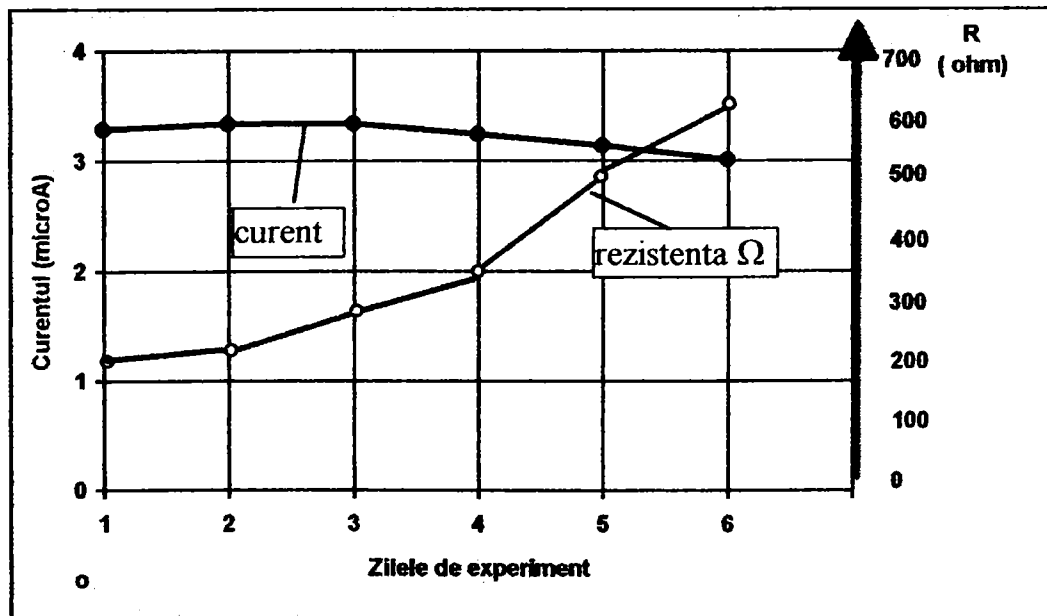


Fig.- 5.13.- Curentul mediu prin plante, în raport cu zilele de experiment

Etapa 4 a constat în simularea procesului de stropire cu picături încărcate cu sarcină a plantelor, printr-un simulator electric de tip RC. S-a folosit ca generator de câmp, chiar norul de picături încărcate cu sarcină electrică.

d.- Experimentul 4.

Obiectivul acestui experiment a fost acela de a confirma sau nu efectul pe care îl are legătura plantă - sol (cerințe de împământare), asupra transferului de sarcină prin plantă și eliminarea temerii că stropirea electrostatică nu este posibilă în cazul plantelor care nu sunt bine înrădăcinate în sol și în cazul plantelor cultivate în seră. Aceasta deoarece vasele și mesele nemetalice din seră, pe care se găsesc plantele, ar împiedica scurgerea curentului prin plante și în final ar influența depunerea picăturilor pe acestea.

Pentru acest experiment, relația **plantă - sol** a fost simulată printr-o "țintă sferică" 2 din metal, cu un diametru $\varphi = 7$ cm, conectată capacitiv la electrometrul 7 (fig. 5.14). Capacitatea totală a sistemului, inclusiv cablurile de legătură, este de cca 120 pF, care simulează în general o plantă, atât în cultura de câmp cât și în ghiveci de plastic, cultivată în seră. În comparație cu stropirea reală a plantelor, unde foliajul este variabil de la plantă la plantă, în acest sistem se menține constantă capacitatea pe toată perioada de stropire, fapt ce a ușurat urmărirea experimentului și punerea mai pregnant în evidență, a influenței **rezistenței plantă-sol** asupra transferului de sarcină și depunerii.

Pentru acest experiment, s-a folosit dispozitivul de pulverizare hidraulică și încărcare prin influență electrică, cu duză cu jet în evantai. Dispozitivul a fost deplasat înspre țintă (sferă) și apoi deasupra acesteia cu o viteză "v" de cca 0.3 m/s. Sfera 2, izolată față de sol prin izolatorul 3 din teflon ($l=70$ cm), este conectată prin intermediul cablului de conectare 5, la armătura superioară a condensatorului plan paralel, cu distanța între armături de 2 cm (suprafața armăturilor cca. $0,06$ m²). Electrometrul 6 a fost conectat la armătura inferioară, legată la pământ. Rezistența plantei, a fost simulată prin rezistențe de valori precise, introduse în circuit, cu ajutorul unui comutator. Distanța dintre armături fiind menținută constantă, curentul transferat s-a citit cu ușurință la electrometru, și înregistrat cu osciloscopul cu memorie.

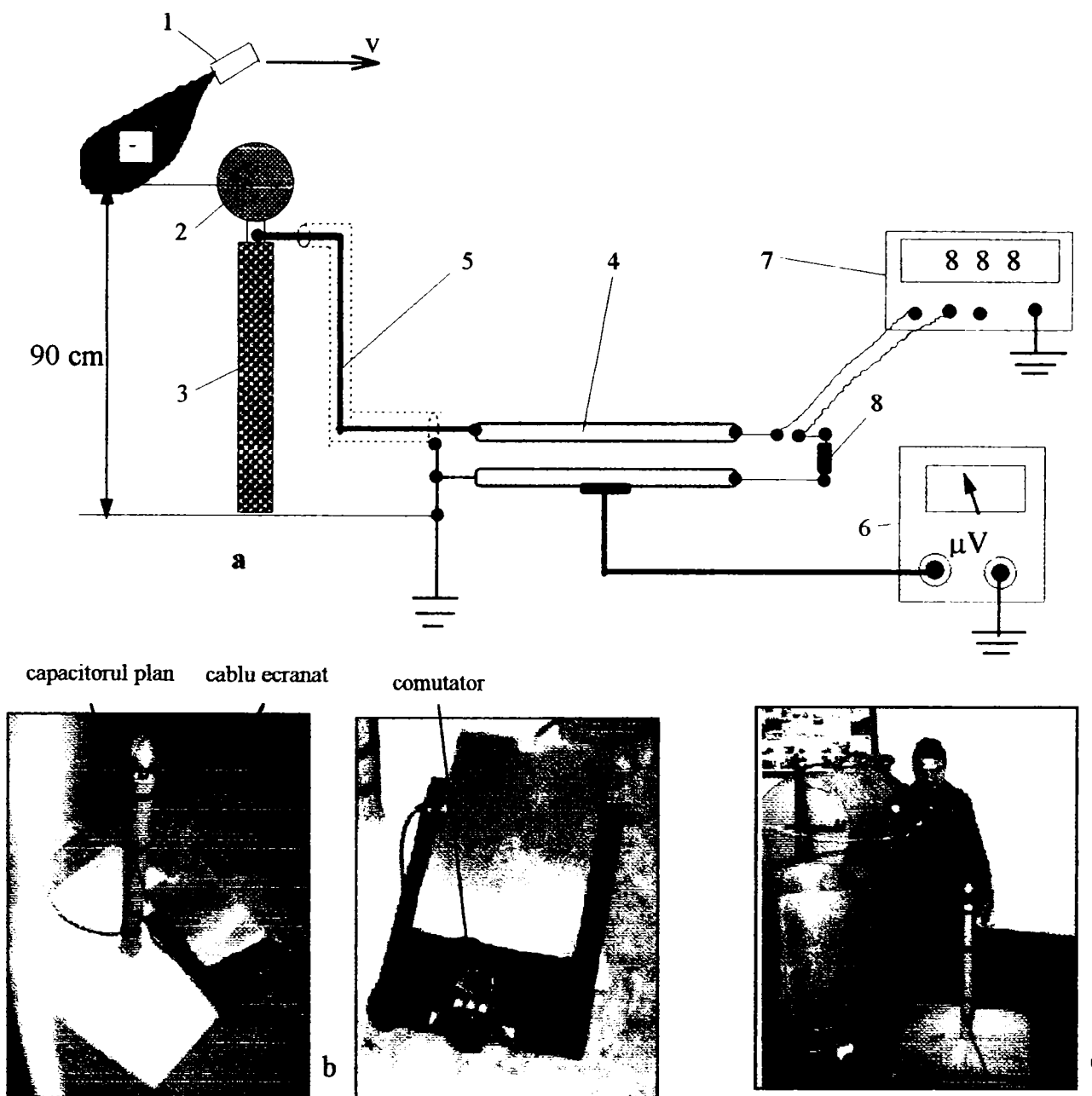
Variabila independentă la acest experiment, a fost rezistența legăturii la pământ a sferei: s-au ales valorile: 0, 10^3 , 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 , 10^{10} , și 10^{12} Ω , care justifică următoarele situații:

- valoarea de 0 Ω simulează ținta direct la pământ și este realizată prin legătura directă printr-un fir conductor (*planta în turgescență maximă*);
- valoarea de 10^3 Ω simulează planta la *începutul ofilirii*;
- valoarea de 10^6 Ω simulează planta deja *supusă unei secete profunde*;
- valoarea de 10^7 - 10^9 și $C=120$ pF, simulează *plantele în ghivece de plastic* ținute suspendat sau pe masă în seră;
- valoarea de 10^{12} Ω corespunde *ofilirii complete* și este realizată prin izolarea completă prin izolatorul de teflon;
- valorile rezistive au fost obținute prin conectarea de rezistențe de precizie din peliculă de carbon, în paralel cu capacitorul plan paralel, 4.

Ca aparatură s-a utilizat: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, osciloscopul cu memorie conectat la calculator, multimetrul digital, punte RLC, pentru măsurarea curentului, respectiv a rezistenței.

Procedura de experimentare pe întreaga perioadă, a fost următoarea:

- electrozii dispozitivului de pulverizare -încărcare hidraulic, au fost alimentați la 2 kV;
- dispozitivul, a fost deplasat încet către sfera metalică și apoi trecut peste aceasta, măsurându-se curentul tranzitat prin sistemul RC, cu ajutorul electrometrului, pentru diferite valori ale rezistenței conectate în circuit (*curentul de poziție și cel de depunere*) (fig. 5.14.c).



capacitorul plan cablu ecranat comutator

Fig.-5.14.- Montajul experimental pentru determinarea capacității de transfer a plantelor reale sau a celor în ghivece de plastic: a- principiul de funcționare; b- vederea generală a dispozitivului; c.- în timpul experimentului.

1.- dispozitiv de pulverizare -încărcare; 2.- ținta sferică din metal; 3.- izolator din teflon; 4.- condensator plan paralel (armături de formă dreptunghiulară); 5.- cablu de legătură ecranat; 6.- electrometru; 7.- μA digital
8- rezistențe de conectare (conectare prin comutator);

Măsurătorile reale ale rezistenței, plantă în ghiveci - pământ, sunt cuprinse într-un interval de $10^7 - 10^9 \Omega$, rezultând că domeniul de rezistențe real, justifică alegerea domeniului de rezistență din circuit.

Curentul transferat prin sistemul RC (de la $R=0$ la $R=10^6 \Omega$), cât jetul încărcat (electrozii la 2 kV) s-a aflat în apropierea sferei, a variat în jurul valorii de 30 nA. Peste această valoare a rezistenței, curentul a scăzut către 15 nA. Când jetul de picături a fost dirijat direct pe sferă, curentul a scăzut de la valoarea de 100 nA, pentru $R=0$, la cca 40 nA, odată cu introducerea rezistențelor în circuit ($R=10^{12} \Omega$).

Din acest experiment se poate trage concluzia că, nu există diferențe semnificative între transferul de sarcină, respectiv depunere, pentru diferite valori ale rezistenței legăturii țintei(plantei) la pământ. Adică, procesul de electrodepunere nu depinde semnificativ de rezistența de legare la masă, existând totuși o cale de scurgere pe tot domeniul $0 - 10^{12} \Omega$. Deci, este posibilă aplicarea stropirii electrostatice a plantelor în diferite condiții de secetă, inclusiv la cele cultivate în seră în vase de plastic în seră.

Concluzii:

1.- Rezultatele experimentului 1 au arătat că, în cazul unui câmp electric care variază lent, reducerea capacității plantei de a transfera sarcină electrică, apare doar în cazul unei secete severe. Scăderea capacității de transfer, este determinată nu de creșterea rezistenței, ci mai mult de scăderea ariei frunzelor, odată cu creșterea ofilirii, ce a avut ca efect, scăderea capacității totale(C_p) a plantei, care a condus la micșorarea sarcinii de suprafață, ce trebuia transferată.

Plantele fiind considerate din punct de vedere electric ca circuite (filtre) RC, frecvențele de răspuns a acestora, au o caracteristică de filtrare de tip "trece-sus", cu o frecvență de 100 kHz și o constantă de timp $\tau = 10\mu\text{s}$ [15];

2.- Este important de notat faptul că, reducerea capacității de transfer a plantei, a apărut numai după ce plantele au fost aproape uscate. Această reducere conduce la concluzia că, într-o situație reală de secetă severă, aplicarea tratamentelor cu picături încărcate cu sarcină electrică, nu mai este eficientă. Adică, stropirea electrostatică poate fi aplicată aproape în toate condițiile reale, mai puțin faza în care plantele sunt uscate complet;

3.- Rezultatele experimentului 4 sunt în concordanță cu primele 2 experimente, deși rezultatele nu sunt așa de concludente. Totuși se poate trage concluzia că, tehnica de stropire electrostatică poate fi folosită cu succes, aproape în cazul tuturor culturilor, fără o restricționare din punctul de vedere al lipsei de umiditate(secetei).

În ceea ce privește "abilitatea" plantei de a transfera sarcină electrică, pot fi desprinse următoarele aspecte:

1. -Există o sensibilitate a depunerii în raport cu scăderea conductibilității plantei. Acest element poate fi un factor major care influențează depunerea picăturilor încărcate pe plante;
2. -Rezistența plantelor, la care se observă o influență semnificativă asupra transferului de sarcină (începe să scadă), are valoarea maximă de $1\text{ M}\Omega$. La același rezultat s-a ajuns și la încercările efectuate prin simularea plantei prin sfera legată la pământ prin modelul C-R, conectate în paralel și care a dat posibilitatea obținerii diferitelor valori pentru rezistența de împământare. Din încercările întreprinse, s-a desprins concluzia că, la o împământare necorespunzătoare, scurgerea sarcinilor s-a făcut lent, rezultând un curent mic;
3. -Chiar și în cazul când a existat o bună împământare, sarcina rezultată prin depunerea picăturilor încărcate, nu a părăsit ținta(planta) instantaneu, ci a avut o scădere în timp, prin traseul rezistiv:
 - La rezistențe de $10^{12}\ \Omega$, timpul de scurgere a sarcinilor crește, rezultând o scădere a eficienței depunerii;

Umiditatea relativă a aerului, afectează conductibilitatea suprafeței și determină într-un fel, calea de scurgere a sarcinilor spre pământ. Aceasta implică faptul că, pot exista căi foarte bune de scurgere a sarcinii prin plantă/spre pământ, chiar și în cazul când planta suferă de secetă, dovedind că umiditatea relativă a aerului, este uneori suficientă.

5.1.3.- Metode și montaje pentru determinarea parametrilor de încărcare cu sarcină a picăturilor

Sunt prezentate metodică, montajele și echipamentele utilizate la determinarea nivelului de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor, a întregului jet, distribuția sarcinii picăturilor pe lățimea jetului și a sarcinii spațiale liniare λ , în experimentele din laborator.

S-au încercat cele două sisteme de pulverizare - încărcare, realizate:

- **sistemul de pulverizare -încărcare hidraulic, cu duze cu jet în evantai**, care realizează *picături relativ mari* (100 - 600 μm) și *debite mari* (1- 2 l /min);
- **sistemul de pulverizare- încărcare cu disc centrifugal**, care realizează *picături mici* (50 - 180 μm) și *debite mici* (25 - 100 ml/min).

5.1.3.1.- Echipamentul experimental pentru sistemul de pulverizare - încărcare cu duze cu jet în evantai.

Metodica și echipamentele folosite.

Picăturile sunt create cu ajutorul unei duze cu jet în evantai, lichidul folosit fiind apa de la robinet, simulându-se în acest fel stropirea reală cu soluții toxice (pesticide) pe bază de apă. Schema montajului folosit la determinări este prezentat în fig. 5.15.a.

Sistemul de încărcare este de tip **prin influență electrică** și cuprinde electrozii sub forma unor suprafețe curbe, confecționați din aluminiu și înveliți cu un strat subțire de cauciuc, plasați în apropierea duzei. Electrozii sunt conectați la sursa de înaltă tensiune (0 - 4,5 kV).

Soluția este pulverizată de duză în recipientul 2, montat izolat față de pământ prin suportii izolatori 4 și prevăzut la partea inferioară cu perete perforat, pentru ca lichidul să se poată scurge și colecta în vasul 7. Recipientul este conectat permanent printr-un cablu ecranat, lipit de carcasa exterioară la intrarea electrometrului 5. Izolarea recipientului față de pământ s-a realizat pentru eliminarea oricăror scurgeri de sarcină electrică spre pământ, în afara legăturii la electrometru.

Recipientul de formă cilindrică ($\phi=0.6$ m și $h=0,75$ m), confecționat din tablă galvanizată cu grosimea de 1 mm, este prevăzut în partea inferioară cu o gură de scurgere. Partea perforată a recipientului este compusă din 2 suprafețe (site), fiecare având dimensiuni diferite ale orificiilor (2mm pentru cea superioară și 1 mm pentru cea inferioară) și lipite la distanța de 50 mm (fig. 5.15 d). În acest fel, este foarte puțin probabil ca o picătură încărcată să poată trece prin cele două suprafețe ale sitelor fără să vină în contact cel puțin cu una dintre ele. Ca urmare, sarcina conținută în picăturile care părăsesc duza și lovesc recipientul, se va scurge la masă, generând un curent "i_c" măsurat prin intermediul electrometrului 5.

Presiunea de lucru la duze s-a realizat cu ajutorul unei surse de presiune, prevăzută cu rezervor de lichid, pompă volumică cu pistoane, elemente de egalizarea presiunii, manometre și dispozitive de reglarea a presiunii (fig. 5.15 b).

Ansamblul duză -electrozi este fixat la capătul opturat al unui tub ($\phi=25$ mm) din material plastic, prin care se face și alimentarea cu lichid a duzei. Pe acest tub și în contact permanent cu lichidul, este prevăzut un electrod conectat la masa sursei de înaltă tensiune, pentru a fi posibilă crearea câmpului electric între vâna de lichid și electrozi, respectiv inducerea de sarcină prin influență în vâna de lichid. Ansamblul duză-electrozi, este fixat la rândul lui pe un suport metalic (tijă metalică verticală fixată pe o talpă), ce oferă posibilitatea de rotire în ambele sensuri și deplasare pe înălțime a ansamblului. Electrozii duzei au posibilitatea de deplasare față de orificiul duzei (pe verticală și în lateral), ei fiind montați pe un suport din material plastic fixat pe corpul duzei, astfel încât, să permită stabilirea poziției lor față de orificiul duzei, adică poziția unde se realizează încărcarea cea mai mare a picăturilor, conform celor precizate la cap.3.

Picăturile mici, care sunt atrase de electrozi și adunate, formează picături mari care încărcându-se în acest caz prin contact (până la sarcina de saturație și conform celor prezentate în cap.3), se destramă în picături mai mici și prin efectul electrodinamic se deplasează către pereții recipientului,

aspect pus în evidență prin creșterea bruscă, dar de scurtă durată, a curentului măsurat.

Masa totală a lichidului s-a măsurat prin colectarea picăturilor de lichid în stare descărcată în vasul de colectare 7, într-un interval de timp bine stabilit (1 minut). Sarcina unității de masă a picăturilor s-a determinat prin împărțirea sarcinii totale, indicată de electrometrul 5, la masa lichidului colectat în vasul 7.

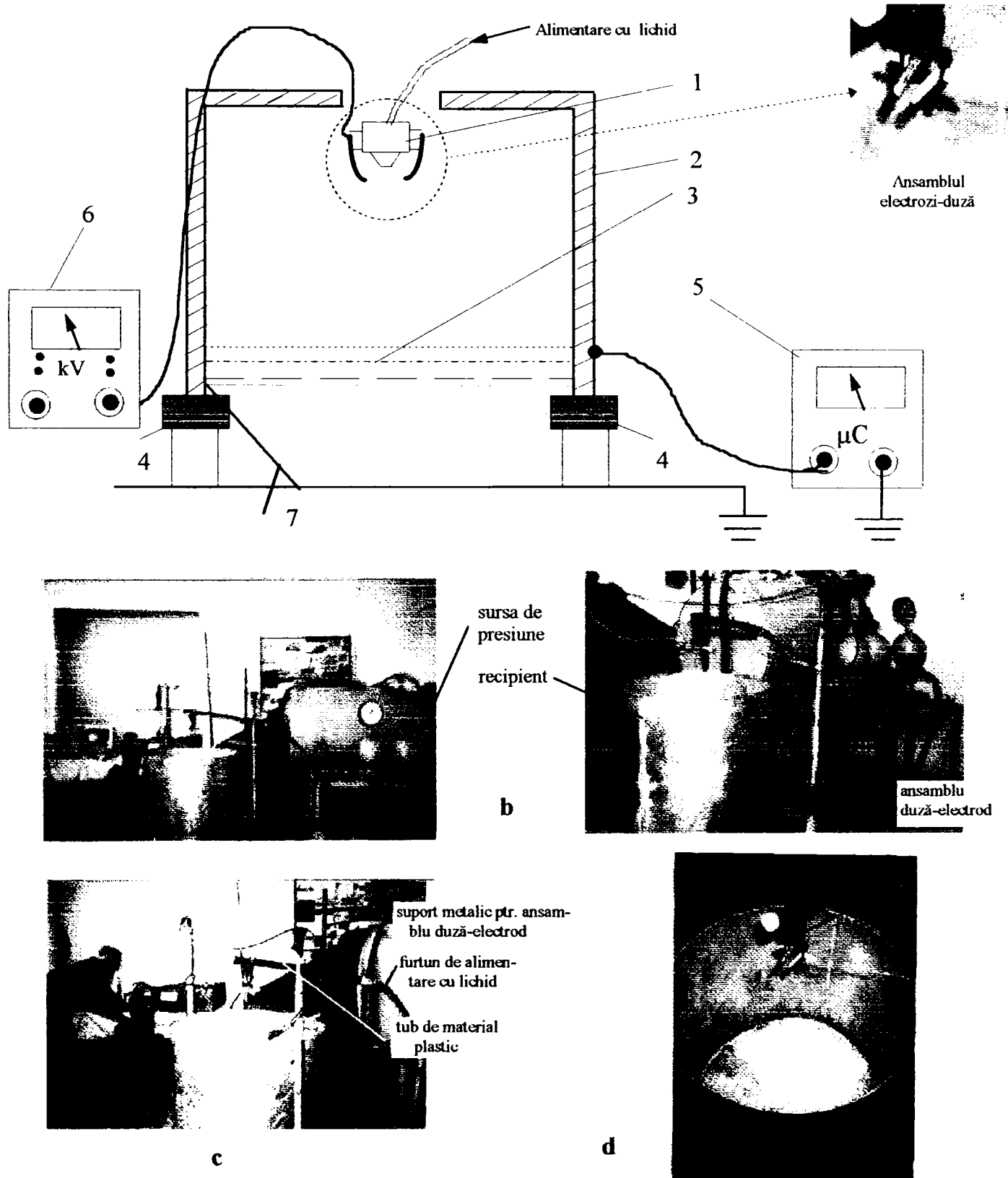


Fig.-5.15. Echipamentul pentru încărcare și măsurarea sarcinii electrice transportată de picături. a.- schema de principiu; b,c, d- standul și echipamentul de lucru
1.- ansamblul duză- electrozi; 2.- vas metalic (cutia) de măsurare a sarcinii; 3.- suprafață metalică perforată ; 4.- suporturi izolatori; 5.- electrometru; 6.- sursa de înaltă tensiune; 7.- vas de colectare a lichidului.

Pentru explorarea jetului, în vederea stabilirii nivelului curentului (încărcării spațiale liniare) pe lățimea acestuia, s-a utilizat o sondă realizată sub forma unui fir metallic subțire ($\varphi=1$ mm) montat pe o tijă din material izolant, fixată pe un suport-tijă metalic, cu posibilitatea de rotire în plan orizontal (fig. 5.16 a)

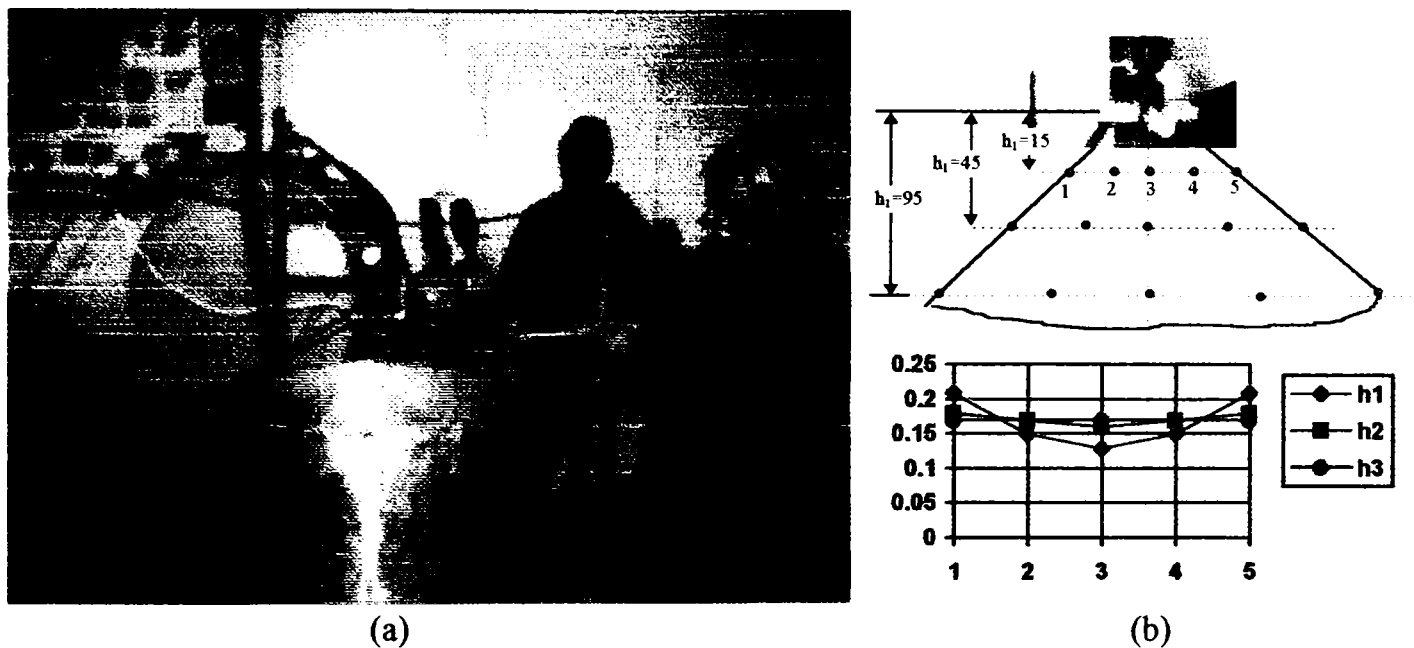


Fig.-5.16.- Echipamentul și poziționarea sondei la măsurarea sarcinii spațiale liniare pe lățimea jetului de picături.

a.- montajul de măsurare; b.- nivelul sarcinii pe lățimea jetului de picături.

Încercările au avut ca scop principal de a stabili caracteristicile încărcării: modul cum tensiunea de alimentare a electrozilor și debitul de lichid al duzei influențează asupra nivelului de încărcare cu sarcină electrică, în condițiile în care valoarea rezistivității lichidului este cuprinsă între 10^{-2} - $10^5 \Omega.m$.

Metodica de încercare:

- tensiunea de alimentare a electrozilor s-a menținut constantă la valoarea : 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 și 4,5 kV;
- presiunea de lucru a duzei s-a menținut la : 1 și 2 bari (respectiv 1,5 l/min și 1,89 l/min);
- ansamblul duză-electrozi s-a așezat central, deasupra vasului de colectare, astfel încât toate picăturile încărcate sunt dirijate către fundul vasului de colectare;
- se stabilește pentru fiecare configurație, poziția electrozilor față de orificiul duzei, adică locul unde se realizează încărcarea maximă.
- pentru măsurarea sarcinii pe lățimea jetului, sonda s-a plasat la distanțele: $h_1=15$ mm, $h_2=45$ mm și $h_3=95$ mm; $V=2$ kV, debitul de 1,5 l/min.

Aparatura utilizată a fost: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, electrometrul, osciloscopul cu memorie, calculatorul pentru înregistrare. Măsurarea curentului a fost făcută numai la stabilizarea fenomenului de influență și a avut o valoare constantă, respectiv prelucrarea datelor a fost mult ușurată.

Performanțele încărcării au fost analizate prin raportul $\frac{\text{încărcare}}{\text{masa}}$ [C/kg], a cărui valoare medie în cazul norului de picături, este exprimat prin relația:

$$\frac{\text{încărcare}}{\text{masa}} = \frac{i_c}{Q_1 \cdot \rho_1} \quad (5.1)$$

unde: - i_c este curentul generat de norul de picături încărcate și măsurat- relativ constant [A];

Q_1 , debitul de lichid care trece prin duză [m^3/s];

ρ_1 , densitatea lichidului folosit, apei în cazul de față (kg/m^3).

Curentul generat de norul de picături s-a măsurat pentru debitele de $Q_1=1.500$ ml/min și $Q_2= 1.890$ ml/min, realizate prin modificarea presiunii de lucru a duzei și tensiunea aplicată electrodului, cuprinsă în domeniul: 0,5- 4,5 V (fig. 5.17).

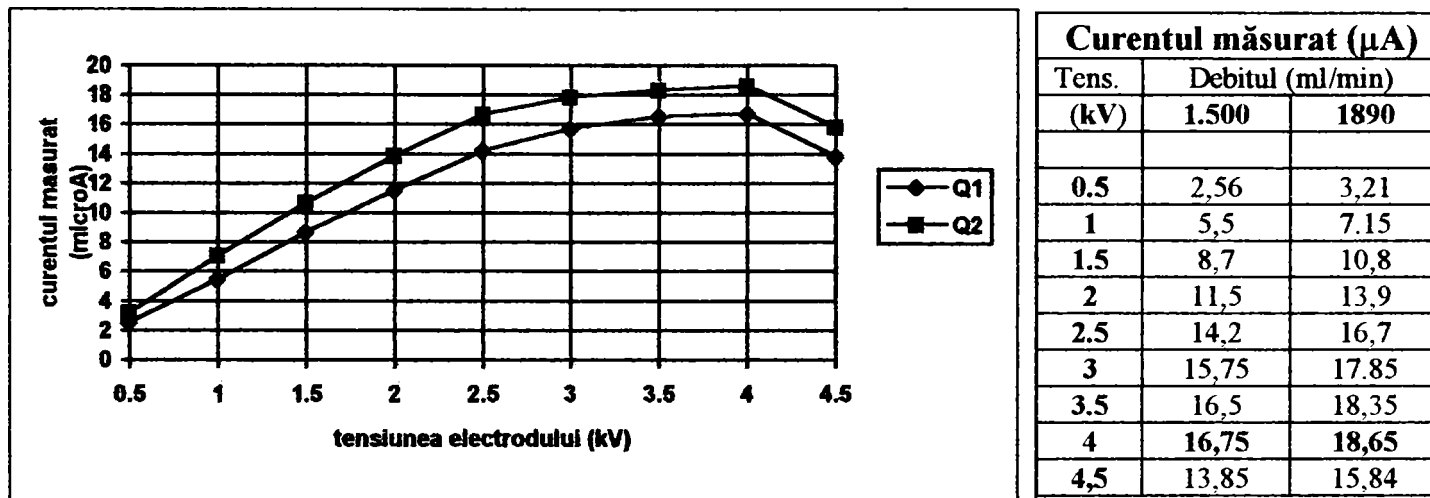


Fig.- 5.17.- Influența tensiunii electrodului și a debitului de lichid asupra curentului măsurat, la sistemul de pulverizare-încărcare cu jet în evantai

Figura 5.17 pune în evidență o creștere liniară a curentului odată cu creșterea tensiunii, până la valoarea de 2,5 kV, apoi o creștere lentă până la tensiunea de 4 kV, unde are și valoarea maximă, după care scade pentru ambele debite de lichid. Nivelul maxim al curentului este de $16.75 \mu A$ pentru debitul de 1500 ml/min și $18.65 \mu A$ pentru debitul de 1890 ml/min, ambele la valoarea tensiunii de 4 kV. Scăderea încărcării lichidului, odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrozilor peste valoarea de 4 kV, se datorează apariției descărcărilor locale Corona, apărute între electrozi și jetul de lichid. La tensiuni peste 4,5 kV, descărcările Corona s-au manifestat destul de vizibil, generând o ionizare a aerului, mai ales când acesta devenea a devenit foarte umed și apoi apărea descărcarea, puse în evidență cu ajutorul electrometrului, prin scăderea bruscă a curentului.

Raportul sarcină - masă, calculat cu relația (5.1), are aceeași variație ca și curentul generat de picăturile încărcate, el descrescând cu creșterea debitului de lichid (fig. 5.18), însă încărcarea picăturilor în realitate crește odată cu creșterea debitului. Acest aspect este observat prin valorile curentului din fig. 5.17, măsurat cu ajutorul electrometrului.

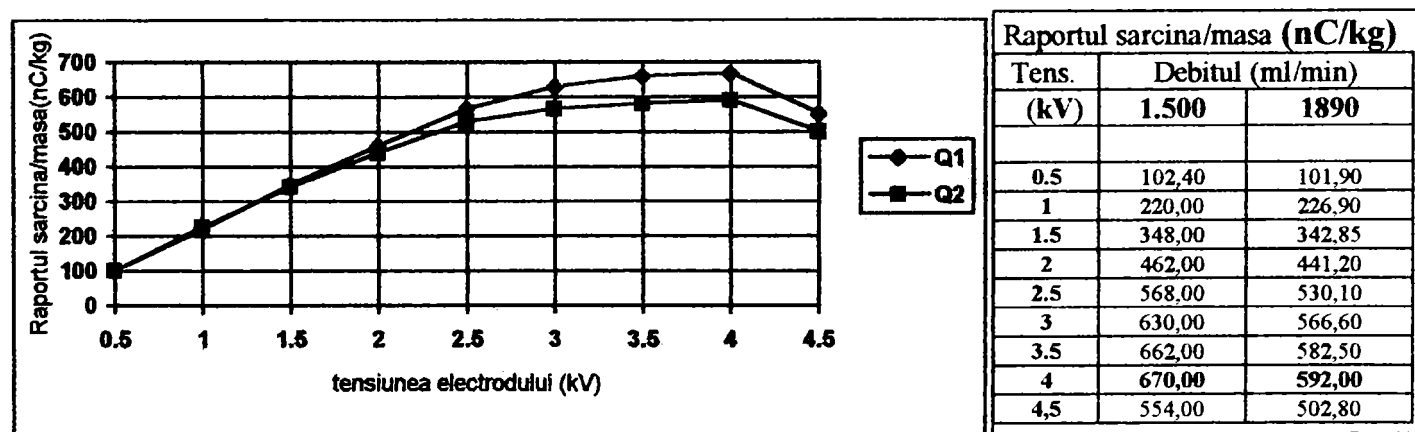


Fig.-5.18.- Influența tensiunii electrodului și a debitului de lichid asupra raportului sarcină/masă, pentru dispozitivul de pulverizare cu duza cu jet în evantai

Raportul sarcină/ masă este totuși de nivel mic (-670 nC/kg pentru debitul, de 1.500 ml/min, respectiv, -592 nC/kg pentru debitul de 1890 ml/min). Aceste valori relativ mici, ale raportului sarcină /masă, se datorează faptului că distanța dintre vâna de lichid și electrozi a fost relativ mare,

orice apropiere a acestora de jet, perturbându-l și venirea acestuia în contact cu electrozii dispozitivului).

În cazul explorării încărcării cu sarcină a picăturilor pe lățimea jetului (fig. 5.16.a), în vederea determinării sarcinii spațiale λ , se observă că la distanța $h_1=15\text{mm}$ față de electrozi, curentul în punctele 2, 3 și 4 ($0,15\text{ nA}$, $0,13\text{ nA}$, $0,15\text{ nA}$) este mai mic decât în punctele extreme 1 și 5 ($0,21\text{ nA}$), deoarece în aceste poziții se simte influența directă a electrozilor asupra firului sondei (conductor). Influența electrozilor se face simțită, dar mai puțin, și la distanța de 45 mm ($0,18$, $0,17$, $0,16$, $0,17$, $0,18\text{ nA}$). În schimb, la distanța de $h_3 = 95\text{ mm}$, influența devine zero, astfel că pe toată lățimea jetului, curentul (sarcina picăturilor) măsurat este de $0,17\text{ nA}$. Începând de la această distanță, influența directă a electrozilor asupra unui conductor (plante) devine nesemnificativă, astfel că apariția sarcinilor imagine în frunzele plantelor, are loc numai datorită sarcinilor picăturilor din norul care se apropie de acestea.

5.1.3.2- Echipamentul experimental pentru dispozitivul de pulverizare - încărcare centrifugal.

Picăturile sunt realizate cu ajutorul discului în mișcare de rotație, iar metoda de încărcare este prin influență (inducție) electrică. Electrocul de forma unui disc-inel confecționat din aluminiu, s-a montat direct pe discul de pulverizare, pe partea inferioară și la periferia acestuia. Electrocul s-a conectat la plusul sursei de înaltă tensiune, măsurată permanent cu voltmetrul electrostatic. Lichidul de pulverizare folosit a fost tot apa de la robinet și conectată permanent la masă, prin intermediul unui electrod și cablu conectat la masa sursei de înaltă tensiune. Schema de principiu a montajului pentru încărcarea lichidului, este prezentată în fig. 5.19

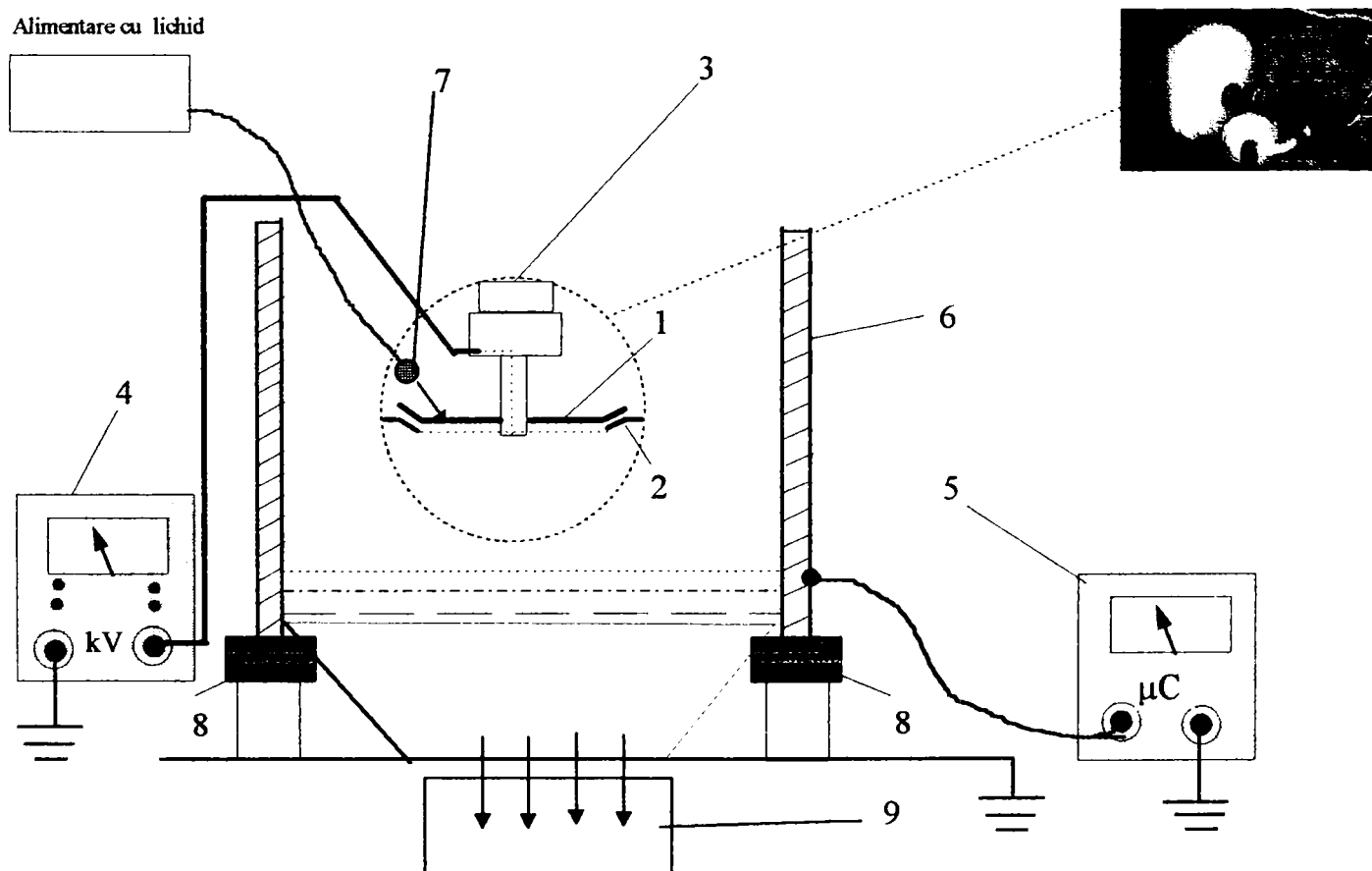


Fig.-5.19.-Montajul experimental pentru determinarea sarcinii de încărcare a picăturilor produse cu dispozitivul de pulverizare de tip centrifugal

1.- disc centrifugal; 2.- electrod; 3.- motor electric de CC alimentat de la baterii (12 V); 4.- sursă înaltă tensiune; 5.- electrometru; 6.- recipient dintablă galvanizată; 7.- jgilor de debit; 8.- suportți izolatori; 9.- vas de colectare

Lichidul este adus din rezervorul propriu (fiind un dispozitiv purtat manual) deasupra discului de pulverizare, prin intermediul canalului de alimentare prevăzut cu un jgilor de debit. Discul de pulverizare este antrenat în mișcare de rotație, prin intermediul unui motor de curent continuu 3, alimentat de la o sursă de curent (baterii, 12 V). Picăturile încărcate cu sarcină electrică, sunt colectate în același cilindru de colectare, folosit și la încercarea dispozitivului de pulverizare-încărcare cu duze cu jet în evantai. Raportul dintre sarcină și cantitatea de lichid este exprimat în mC/kg (rel. 5.1)

Raportul **sarcină /masă** s-a determinat pentru debite de 25 ml/min, 50 ml/min, 75 ml/min și 100 ml/min, realizate prin intermediul jigloarelor de debit schimbabile și turații de 3.000, 3.500 și 4.000 rot./min. La orice combinație de turație - debit, tensiunea aplicată electrodului a fost între 0,5 - 3 V. Construcția dispozitivului de pulverizare-încărcare centrifugal a fost prezentat în detaliu în paragraful 4.3.2.

Încercările au avut ca scop principal stabilirea modului cum tensiunea de alimentare a electrodului, debitul de lichid și turația discului de pulverizare, influențează asupra nivelului de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor.

Metodica de încercare a fost următoarea:

- tensiunea de alimentare a electrodului s-a menținut constantă la o valoare de, 0,5- 3kV;
- s-a asigurat unul din debite, prin schimbarea jiglorului de debit (25, 50, 75 și 100 ml/min);
- dispozitivul s-a așezat central, deasupra vasului de colectare, astfel încât, toate picăturile încărcate au fost dirijate către partea inferioară a acestuia.

Aparatura utilizată a fost: sursa de înaltă tensiune, voltmetrul electrostatic, electrometrul, osciloscopul cu memorie, calculatorul.

Rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în fig. 5.20 și fig. 5.21. Figura 5.20 arată efectul tensiunii de alimentare a electrodului și a debitului asupra raportului sarcină/ masă, la turația discului de 4.000 rot/min.

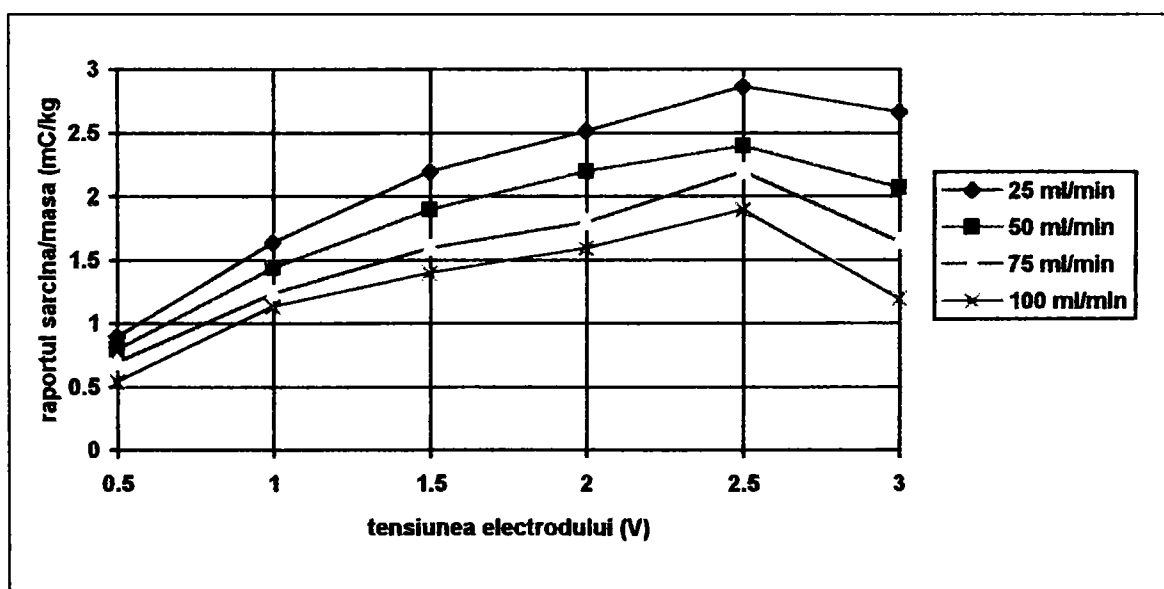


Fig. - 5.20.- Influența tensiunii electrodului și a debitului de lichid asupra raportului sarcină/masă, pentru rotația discului de 4.000 rot/min.

Din figura 5.20 rezultă că, raportul sarcină/masă crește liniar cu creșterea tensiunii de alimentare până la o valoare de vârf, după care scade, pentru toate debitele de lichid. Nivelul maxim al încărcării de **2,87 mC/kg** se obține la valoarea de 2,5 kV. Pentru debite cuprinse între 25 ml/min și 100 ml/min, raportul sarcină/ masă maxim a variat între 2,87 și 1,9 mC/kg.

Scăderea încărcării (a raportului sarcină/masă) odată cu creșterea tensiunii electrodului peste 2,5 V se datorează apariției descărcărilor locale Corona, observate între periferia discului și electrod.

La tensiuni de peste 3 kV, descărcările Corona s-au manifestat destul de violent (vizibile bine), generând o ionizare a aerului și apoi descărcarea, manifestată prin scăderea bruscă a curentului. Deși raportul sarcină/ masă descreește când debitul de lichid crește, încărcarea picăturilor în realitate crește odată cu creșterea debitului. Acest aspect a fost observat prin creșterea curentului măsurat cu ajutorul electrometrului.

Figura 5.21 arată efectul turației asupra raportului sarcină/masă, pentru debitul de 50 ml/min și diferite tensiuni de alimentare a electrodului.

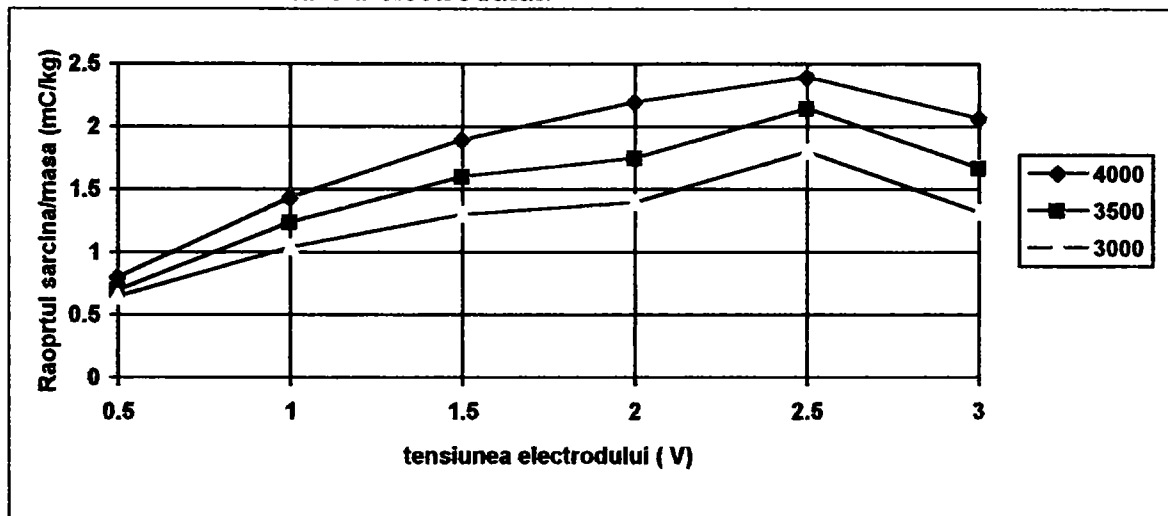


Fig.-5.21.- Efectul tensiunii electrodului și turației discului asupra raportului sarcina/masă la debitul de 50 ml/min

Din figura 5.21 se observă o creștere a încărcării odată cu creșterea turației și tensiunii de alimentare a electrodului. Acest lucru se datorează faptului că la turații mari, diametrul picăturilor rezultate este mai mic, respectiv suprafața încărcată la nivelul unui volum de lichid este mai mare.

Concluzii:

a.- Cazul sistemului de pulverizare -încărcare, cu duze cu jet în evantai

- Curentul generat de picături crește liniar odată cu creșterea tensiunii până la valoarea de 2,5 kV, apoi scade lent, pentru tensiuni până la 4 kV, după care scade pentru ambele debite de lichid. Nivelul maxim al curentului este de $16.75 \mu\text{A}$ pentru debitul de 1500 ml/min și $18.65 \mu\text{A}$, pentru debitul de 1890 ml/min, ambele la valoarea tensiunii de 4 kV. Scăderea încărcării lichidului pentru valori ale tensiunii peste 4 kV se datorează apariției descărcărilor locale Corona;

- Raportul sarcină - masă calculat, are aceeași variație ca și curentul generat de picăturile încărcate, însă curentul generat de picături, crește odată cu creșterea debitului.

- Pe lățimea jetului, curentul măsurat la distanțe mici față de electrozi, în punctele centrale are valori mai mici decât în punctele extreme. În punctele centrale se simte influența directă a electrozilor. La distanțe mai mari (peste 45 mm), influența este zero.

b.- cazul dispozitivului de pulverizare -încărcare centrifugal

- Raportul sarcină/masă crește liniar cu creșterea tensiunii de alimentare, până la valoarea de vârf, după care scade, pentru toate debitele de lichid;

- Nivelul maxim al încărcării este de $2,87 \text{ mC/kg}$ și se obține la valoarea de 2,5 V și debitul de 25 ml/min. Pentru debitul de 100 ml/min, raportul maxim, sarcină/ masă este de $1,9 \text{ mC/kg}$.

Această valoare a raportului, la numai 2,5 kV, s-a obținut prin montarea electrodului direct pe discul de pulverizare, ceea ce a determinat o intensitate mare a câmpului electric, în zona de rupere a vanei de lichid. Trebuie amintit aici că, cu dispozitivul centrifugal realizat de Dante și Gupta [25], s-a obținut un raport sarcină/masă egal cu $2,1 \text{ mC}$, la tensiunea electrodului de 4 kV.

- Scăderea încărcării pentru tensiunii ale electrodului peste 2,5 V, se datorează apariției descărcărilor locale Corona;

- Raportul sarcină/ masă este mai mare cu cât diametrul picăturilor este mai mic. Acest lucru este valabil pentru debite mici (25 ml/min) și turații mari ale discului de pulverizare (4.000 rot/min).

5.1.4.- Metodica și montajele folosite pentru determinarea caracteristicilor de depunere.

S-au efectuat experiențe în laborator pentru determinarea caracteristicilor depunerii la cele două sisteme de pulverizare-încărcare, pentru care s-a analizat și încărcarea cu sarcină, în diferite condiții de debit, turații și tensiuni de alimentare a electrozilor.

Prin analiza spectrofotometrică s-a determinat cantitatea medie de substanță depusă la diferite nivele ale plantelor, pe fața și spatele frunzelor în condițiile:

- diferite debite de lichid;
- diferite tensiuni de alimentare a electrozilor;
- diferite presiuni (la dispozitivul de pulverizare hidraulică), respectiv diferite turații ale discului de pulverizare, (pentru dispozitivul de pulverizare - încărcare centrifugal);

5.1.4.1.- Metodica și echipamentele folosite.

Pentru stabilirea caracteristicilor depunerii de substanță, s-a folosit un simulator pentru cultura reală, (fig. 5.22. a.), format din 6 plante cultivate în vase de plastic, prevăzute cu electrozi pentru conectare, dispuse pe 2 rânduri și 3 coloane, la distanța de 25 cm pe rând și între rânduri, pentru a se simula condițiile de creștere din câmp. Electrozii vaselor sunt conectați permanent la priza de pământ prin cabluri de conectare, iar vasele sunt așezate pe suporturi din lemn peste care s-a prevăzut și sticlă. Stropirea cu soluție s-a efectuat doar pe plantele de pe rândul din mijloc, acestea având frunze mari dar mai rare, ce au asigurat o acoperire, fiecare de cca 35 % din suprafața efectivă de 25x25 cm. Frunzele au avut o suprafață medie (numai partea superioară) de 30-35 cm². Dispozitivele de stropit au fost deplasate manual de-a lungul rândului format din cele 2 plante, cu o viteză în apropierea plantelor, de 0,3 și 0,2 m/s, în două repetiții.

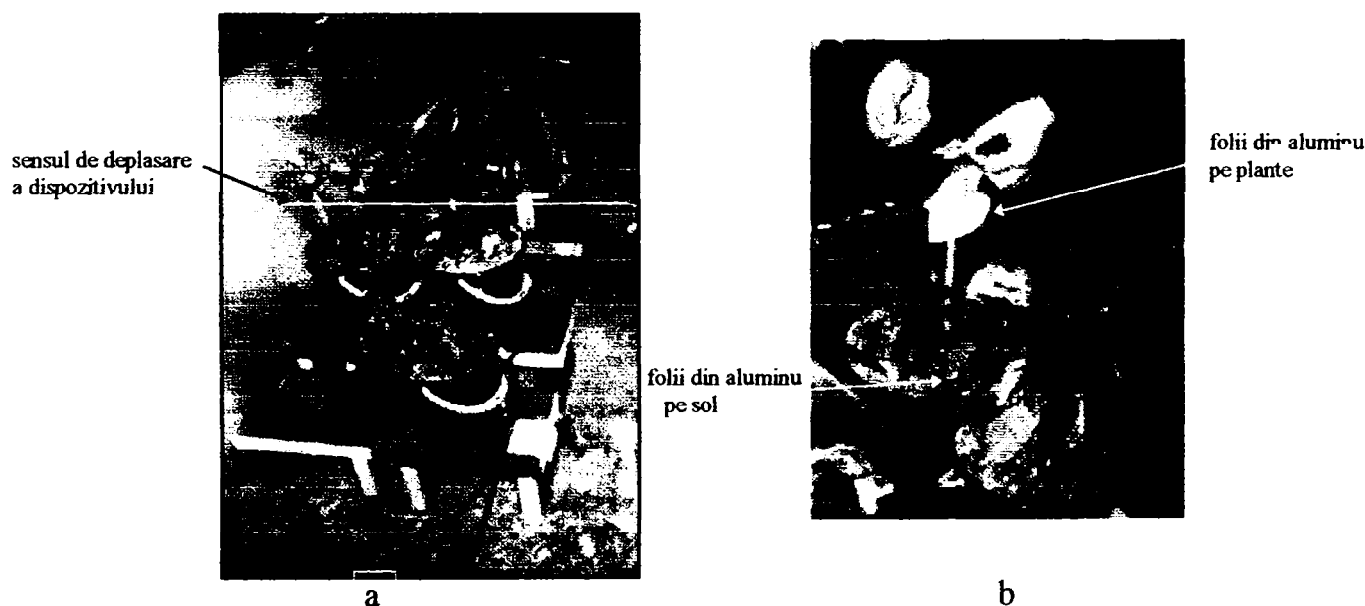


Fig.-5.22.- Aranjamentul plantelor țintă (a) și fixarea foliilor de aluminiu pe frunze (b)

Lichidul folosit a fost o soluție de apă în care s-a dizolvat 1gr de natriu fluorescent (fluoresceină) la 1 l apă distilată, rezultând o soluție cu proprietățile: rezistivitatea electrică 133,4 Ω.m și vâscozitatea 2 Mpa.s

Depunerea soluției s-a determinat la diferite nivele ale plantelor (vârf, mijloc și bază), pe partea superioară, respectiv cea inferioară a frunzei (fața și spatele) și depunerea totală. De asemenea s-au determinat depunerile de soluție pe sol, sub plantă și între rânduri (la distanța de 25 cm).

Câte 2 frunze de la vârful, mijlocul și baza celor 2 plante, (6x2x2 fețe) dispuse pe rândul de mijloc, au fost acoperite în totalitate cu folii de aluminiu, tăiate la aceeași formă și mărime cu frunzele plantelor și fixate pe ambele fețe cu agrafe metalice (fig. 5.22 b)

Foliile îndepărtate după fiecare stropire, de la fiecare nivel și parte a frunzei au fost puse în

pahare de sticlă, fiecare conținând câte 5 ml apă distilată. După agitare (cca. 15 min), soluția în care s-a dizolvat substanța depusă, a fost turnată în câte o epruvetă pentru măsurători spectrofotometrice.

Spectrofotometrul folosit pentru determinarea depunerii a fost calibrat (etalonat) pentru lungimea de undă de 490 nm, procentul transiterii luminii prin soluție fiind invers proporțional cu concentrația fluorescentă. Procedura de etalonare a condus la o ecuație care exprimă dependența concentrației C în funcție de absorbanta Abs. Curba de etalonare și ecuația sunt prezentate în fig. 5.23.

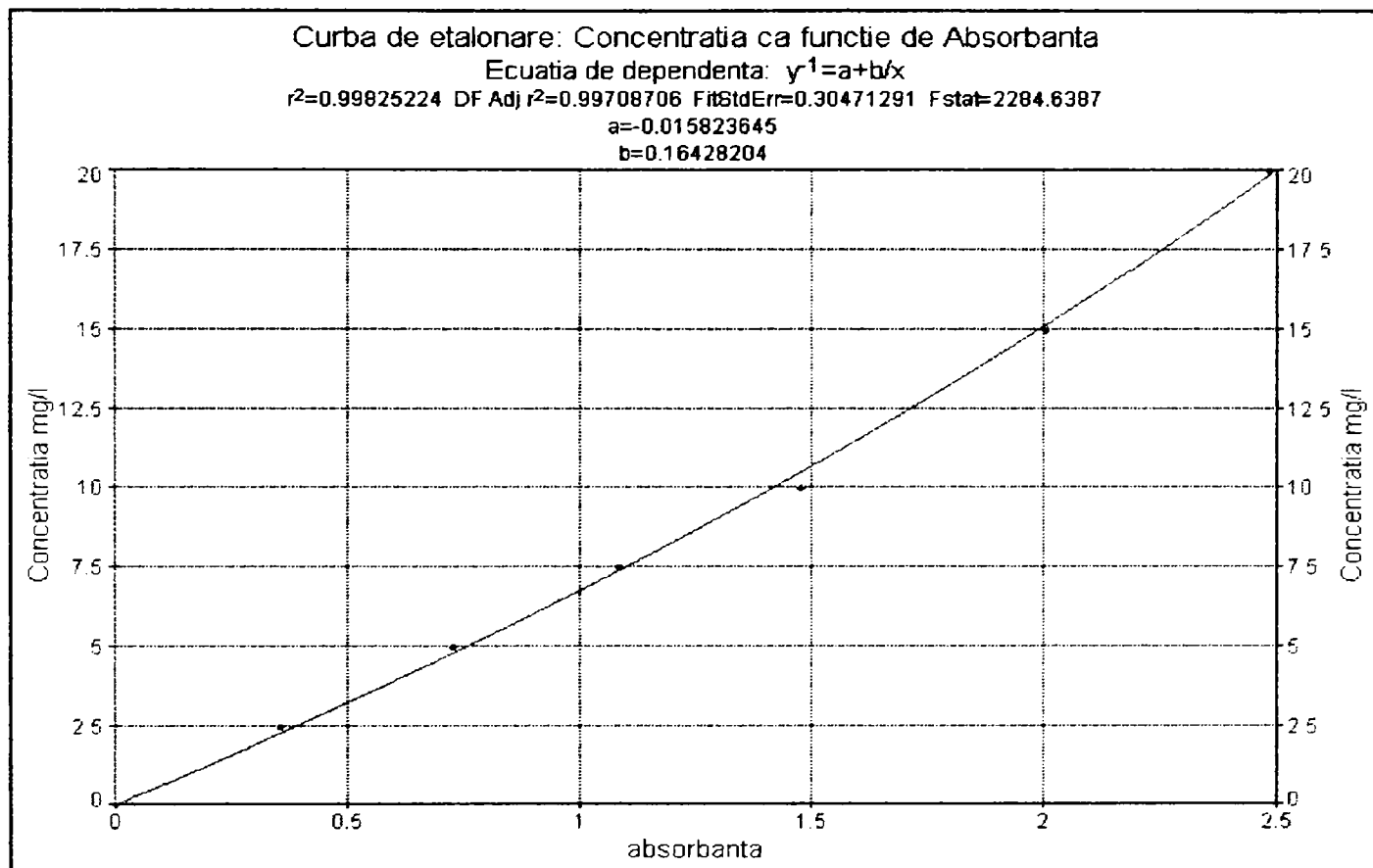


Fig.-5.23.- Curba de etalonare și ecuația dependenței concentrației C de absorbanta Abs

Analiza depunerii a fost făcută pentru:

a.- dispozitivul de pulverizare - încărcare centrifugal;

- turații ale discului de pulverizare: 3500 și 4000 rot/min;
- debite de alimentare: 25, 50, 75 și 100 ml/min;
- tensiuni de alimentare a electrodului; 0, 1, 2,5 și 3 kV;
- unghiul de înclinare al discului față de orizontală: 0° ;
- înălțimea de aplicare față de plante: 20 - 25 cm;

b.- pentru dispozitivul de pulverizare- încărcare hidraulic:

- presiunea de 200 și 300 kPa, respectiv debitele de 1,5 l/min și 1,89 l/min;
- tensiunea de alimentare a electrozilor: 0,5 - 4,5 kV;

Datele rezultate din experimente au stat la baza studiului, densității de depunere pe toată planta, la vârful, mijlocul și baza plantei, pe fața și spatele frunzelor și a eficienței depunerii. Eficiența depunerii a fost determinată pentru toate combinațiile de debite și turație ale discului de pulverizare și este definită ca procentul din depunerea totală pe frunzele țintă de pe rândul de plante, la cantitatea totală de substanță fluorescentă din soluția aplicată, care ar fi revenit suprafeței frontale a plantelor stropite.

În urma studiului au fost propuși ca parametri optimi (de referință) ai stropirii electrostatice:

- turația discului: 4000 rot/min;
- debitul de alimentare: 50 ml/min;
- tensiunea de alimentarea a electrodului: 2,5 kV;

La această configurație s-a realizat cea mai bună acoperire cu soluție a plantelor.

5.1.4.2.- Prelucrarea și analiza rezultatelor de laborator

5.1.4.2.1.- Rezultate obținute cu dispozitivul de pulverizare-încărcare centrifugal

1.- Densitatea de depunere medie.

Depunerea de substanță pe plante a fost analizată în contextul în care ea este influențată de parametri tehnologici privind tensiunea de alimentare a electrodului, debitul de alimentare și turatia discului de pulverizare. Deoarece este cazul unei depuneri medii raportată la unitatea de suprafață, densitatea de depunere specificată în text, este de fapt densitatea medie de depunere [ng/cm^2].

1.1.- Analiza depunerii pe toată planta.

Compararea densității de depunere [ng/cm^2] pe toată planta, pentru cazurile stropirii cu picături neîncărcate și încărcate cu sarcină electrică, pentru diferite tensiuni de alimentare a electrodului ($V_0 = 0 \text{ kV}$, $V_1 = 1 \text{ kV}$, $V_2 = 2,5 \text{ kV}$ și $V_3 = 3 \text{ kV}$) și debite (25, 50, 75 și 100 ml/min), a scos în evidență creșterea acesteia odată cu încărcarea picăturilor cu sarcină electrică și creșterea debitului de lichid. În cazul încărcării picăturilor, densitatea de depunere crește pe măsura creșterii tensiunii de alimentare a electrodului. Rezultatele privind densitatea de depunere pe toată planta sunt prezentate în fig.5.24 și tabelul 5.2. Rezultatele prezentate sunt pentru turația discului de pulverizare de 4.000 rot/min.

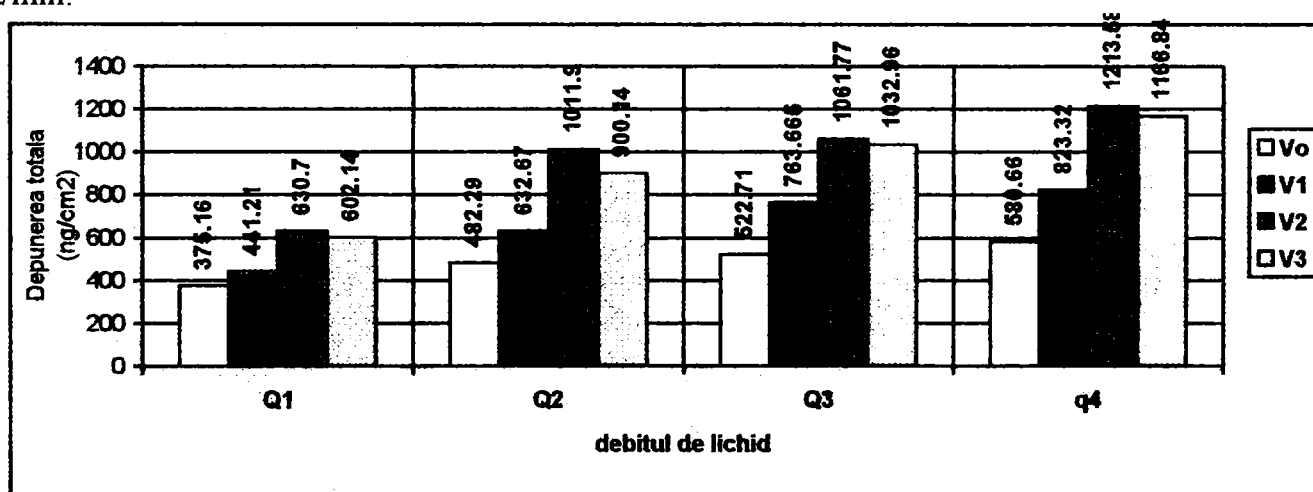


Fig.5.24- Densitatea de depunere pe toată planta

Densitatea de depunere pe toată planta

Tabelul 5.2

Tipul de stropire	Depunerea [ng/cm^2]			
	25 ml/min	50 ml/min	75 ml/min	100 ml/min
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0 = 0 \text{ V}$	375,16 (0)	482,29 (0)	522,71 (0)	580,66 (0)
2.- Stropire cu dispozitiv centrifugal cu încărcare $V_1 = 1 \text{ kV}$	441,21 (1,17) ↑	632,67 (1,31) ↑	763,66 (1,46) ↑	823,32 (1,41) ↑
3.- " " " " cu încărcare $V_2 = 2,5 \text{ kV}$	630,70 (1,68) ↑	1011,93 (2,09) ↑	1061,77 (2,03) ↑	1213,58 (2,09) ↑
4.- " " " " cu încărcare $V_3 = 3 \text{ kV}$	602,14 (1,60) ↑	900,14 (1,86) ↑	1032,96 (1,97) ↑	1166,84 (2,00) ↑

- comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate cu sarcină, încărcarea picăturilor la 1 kV, 2,5 kV, respectiv 3 kV, a determinat o creștere a densității de depunere de 1,17, 1,68 și 1,60 ori pentru debitul de 25 ml/min, de 1,31, 2,09 și 1,86 ori pentru debitul de 50 ml/min, de 1,46, 2,03 și 1,97 ori pentru debitul de 75 ml/min, respectiv de 1,41, 2,09 și 2,00 ori, pentru debitul de 100 ml/min, față de cazul picăturilor neîncărcate (nivelul 0);

- creșterea tensiunii de alimentare a electrodului a condus la creșterea considerabilă a densității de depunere totală. Creșterea semnificativă s-a realizat pentru tensiunea de alimentare a electrodului de 2,5 kV, rezultând creșteri de **1,68 - 2,09 ori**, (tabelul 5.2) comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate. Deoarece la acest regim efectele sunt cele mai semnificative pentru toate configurațiile de debit, aceasta se consideră ca tensiune optimă de alimentare a electrodului (regim de referință). Acest aspect este susținut și de faptul că, la această valoare a tensiunii în cazul încărcării lichidului, s-a obținut și cel mai mare raport încărcare/masă [2,87 mC/kg];

- la tensiunea de 3 kV, densitățile de depunere sunt mai mici decât la 2,5 kV, deoarece și rapoartele sarcina/masă sunt mai mici decât la 2,5 kV. Acest lucru se datorește apariției descărcărilor locale corana, cu efect negativ asupra încărcării lichidului cu sarcină electrică;

1.2.- Analiza depunerii în diferite zone (nivele) ale plantei.

Depunerea de substanță în diferite zone (nivele) ale plantei (vârf, mijloc și bază) a fost analizată în raport de parametrii care o influențează: tensiunea de alimentare a electrodului și debitul de alimentare cu lichid.

a.- Influența tensiunii de alimentare a electrodului, asupra densității de depunere

Compararea densității de depunere [ng/cm²], la fiecare nivel al plantei (vârf, mijloc și bază), pentru cazurile stropirii cu picături neîncărcate și încărcate cu sarcină electrică, pentru diferite tensiuni de alimentare a electrodului și debite, a pus în evidență creșterea considerabilă a acesteia la fiecare nivel, în cazul încărcării picăturilor cu sarcină electrică. Rezultatele generale privind influența tensiunii de alimentare a electrodului asupra densității de depunere la nivelele plantei, pentru toate debitele, și turația de 4.000 rot/min, sunt prezentate în fig.5.25, fig.5.26, fig.5.27, fig.5.28 și tabele 5.3, 5.4, 5.5 și 5.6. În tabele se prezintă și raportul de creștere a depunerii în comparație cu situația picăturilor neîncărcate.

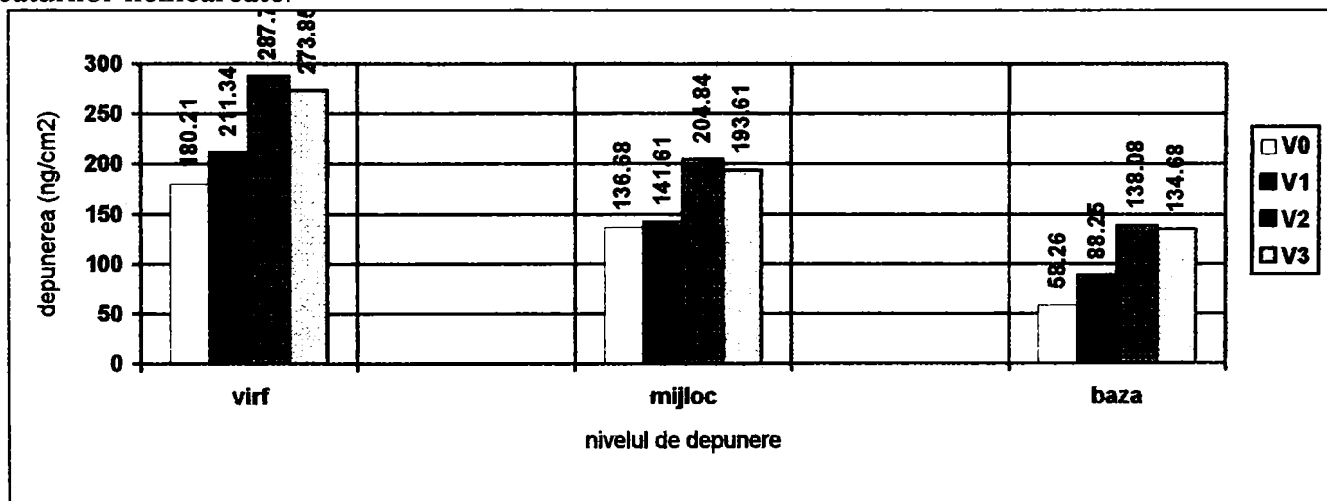
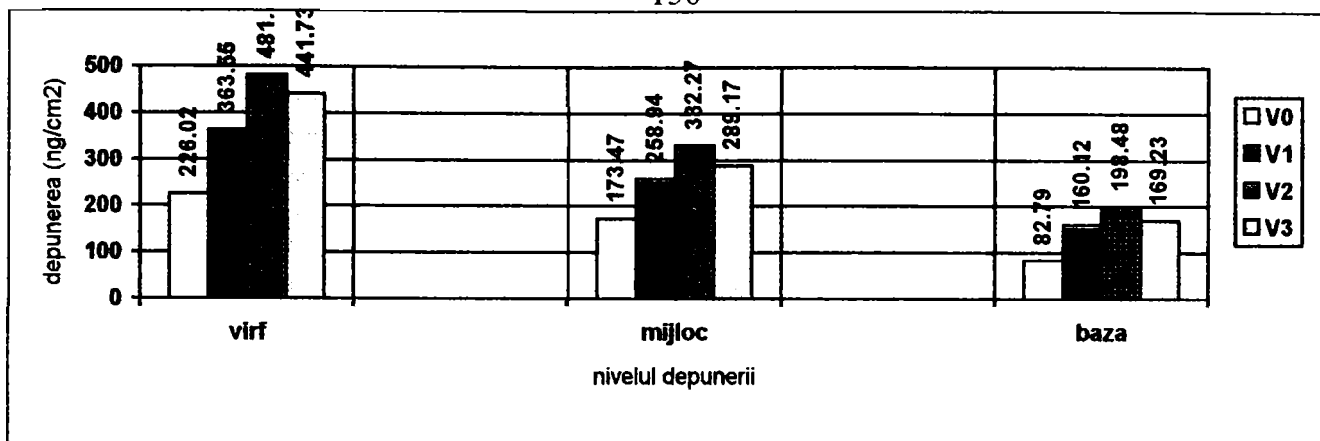


Fig.5.25.- Densitatea de depunere pentru debitul Q₁ = 25 ml/min

Densitatea de depunere la debitul Q₁ = 25 ml/min

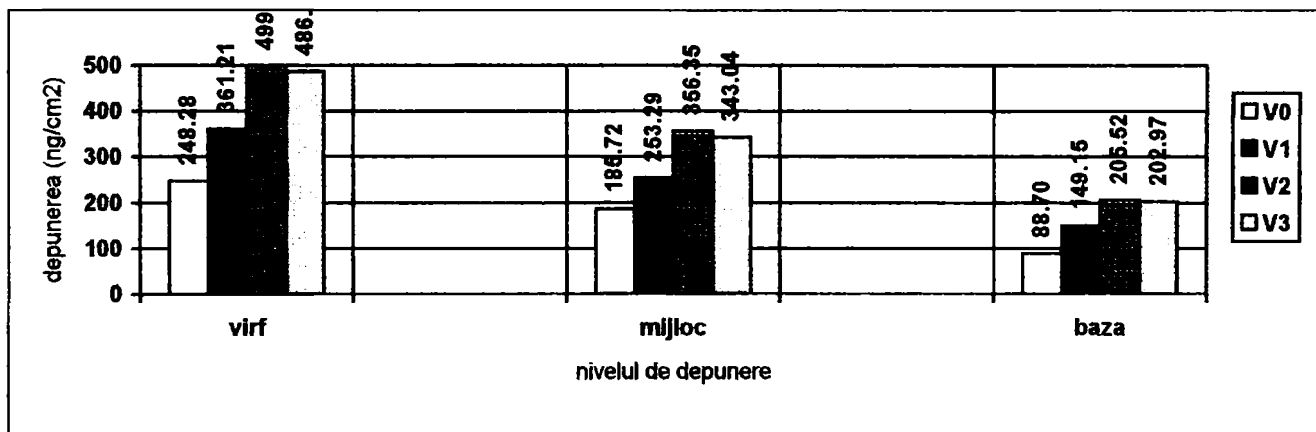
Tabelul 5.3

Tipul de stropire	Debit [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Depunerea [ng/cm ²]		
			vârf	mijloc	bază
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare V ₀ = 0 kV	25	0.21	180,21 (0)	136,68 (0)	58,26 (0)
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare V ₁ =1 kV	25	0.21	211,34 (1,17) ↑	141,61 (1,04) ↑	88,25 (1,51) ↑
3.- " " " cu încărcare V ₂ = 2,5 kV	25	0.21	287,77 (1,60) ↑	204,84 (1,50) ↑	138,08 (2,37) ↑
4.- " " " cu încărcare V ₃ = 3 kV	25	0.21	273,85 (1,52) ↑	193,61 (1,42) ↑	134,68 (2,31) ↑

Fig.5.26.- Densitatea de depunere pentru debitul $Q_2 = 50$ ml/minDensitatea de depunere la debitul $Q_2=50$ ml/min

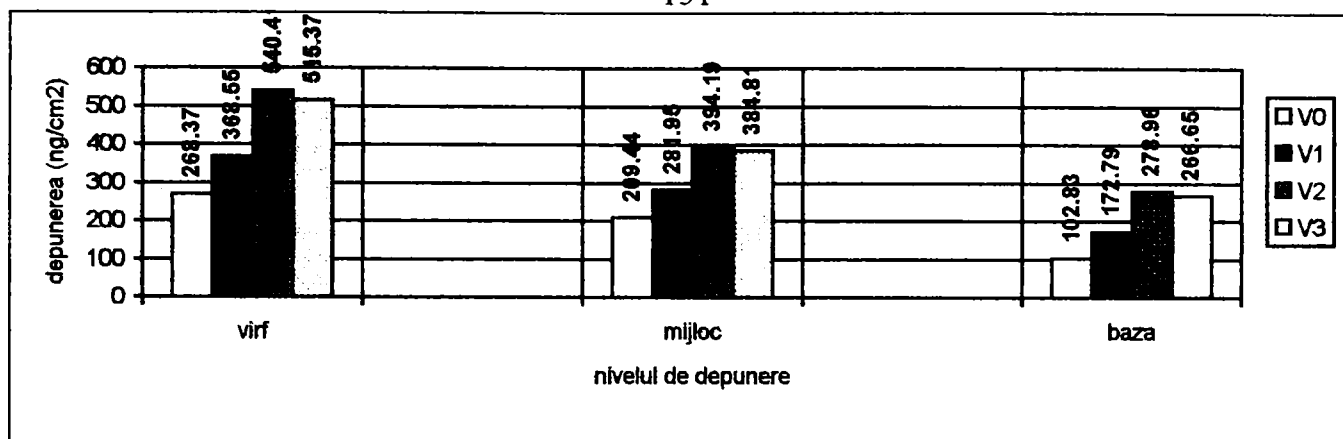
Tabelul. 5.4

Tipul de stropire	Debit [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Depunerea [ng/cm ²]		
			vârf	mijloc	bază
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	50	0.21	226,02 (0)	173,47 (0)	82,79 (0)
2.- Stropire cu disp. centrifugal cu încărcare $V_1=1$ kV	50	0.21	363,55 (1,61) ↑	258,94 (1,49) ↑	160,12 (1,93) ↑
3.- " " " cu încărcare $V_2=2,5$ kV	50	0.21	481,16 (2,13) ↑	332,27 (1,92) ↑	198,48 (2,40) ↑
4.- " " " cu încărcare $V_3=3$ kV	50	0.21	441,73 (1,95) ↑	289,17 (1,67) ↑	169,23 (2,04) ↑

Fig.5.27.- Densitatea de depunere pentru debitul $Q_3=75$ ml/minDensitatea de depunere pentru la debitul $Q_3=75$ ml/min

Tabelul. 5.5

Tipul de stropire	Debit [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Depunerea [ng/cm ²]		
			vârf	mijloc	bază
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	75	0.21	248,28 (0)	185,72 (0)	88,70 (0)
2.- Stropire cu disp. centrifugal cu încărcare $V_1=1$ kV	75	0.21	361,21 (1,45) ↑	253,29 (1,36) ↑	149,15 (1,68) ↑
3.- " " " cu încărcare $V_2=2,5$ kV	75	0.21	499,90 (2,01) ↑	356,35 (1,92) ↑	205,52 (2,32) ↑
4.- " " " cu încărcare $V_3=3$ kV	75	0.21	486,93 (1,96) ↑	343,04 (1,85) ↑	202,97 (2,29) ↑

Fig.5.28.- Densitatea de depunere pentru debitul $Q_4 = 100\text{ml/min}$ Densitatea de depunere la debitul $Q_4 = 100\text{ml/min}$

Tabelul 5.6

Tipul de stropire	Debit [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Depunerea [ng/cm ²]		
			vârf	mijloc	bază
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0 = 0\text{ kV}$	100	0.21	268,37 (0)	209,44 (0)	102,83 (0)
2.- Stropire cu disp. centrif. cu încărcare $V_1 = 1\text{ kV}$	100	0.21	368,55 (1,37) ↑	281,95 (1,35) ↑	172,79 (1,68) ↑
3.- " " " cu încărcare $V_2 = 2,5\text{ kV}$	100	0.21	540,41 (2,01) ↑	394,19 (1,88) ↑	278,96 (2,71) ↑
4.- " " " cu încărcare $V_3 = 3\text{ kV}$	100	0.21	515,37 (1,92) ↑	384,81 (1,84) ↑	266,65 (2,59) ↑

- densitatea de depunere, pentru toate variantele de debit, crește odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrodului până la 2,5 kV, micșorându-se apoi pentru tensiunea de 3 kV;

- comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate cu sarcină, încărcarea picăturilor a determinat o creștere a densității de depunere în general de 1,04 - 2,71 ori (tabelele 5.3, 5.4, 5.5 și 5.6). Creșterea tensiunii de alimentare a electrodului a condus la creșterea considerabilă a densității de depunere, la cele trei nivele ale plantei: vârf, mijloc și bază. Creșterea semnificativă este pentru tensiunea de alimentare a electrodului de 2,5 kV. Pentru debitul de 50 ml/min, turația de 4000 rot/min și tensiunea de alimentare $V_2 = 2,5\text{ kV}$, creșterea densității de depunere comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate, a crescut de: 2,13 ori la vârf, 1,92 ori la mijloc și 2,40 ori la bază. Pentru debitul de 75 ml/min, rapoartele sunt aproape egale, (2,01 la vârf, 1,92 la mijloc și 2,71 la bază) însă cum se va observa mai târziu, în acest caz, eficiența depunerii este mai mică. Și în acest caz la tensiunea de 3 kV, densitățile de depunere sunt mai mici decât la 2,5 kV, deoarece așa cum s-a precizat mai sus, la încărcarea lichidului, raportul sarcina/masă este mai mic, datorită apariției descărcărilor locale corona.

- densitatea de depunere descrește liniar de la vârful către baza plantelor, atât la depunerea totală pe nivel cât și pe fața și spatele frunzelor, pentru fiecare debit și tensiune de alimentare a electrodului. Rezultatele sunt prezentate mai în detaliu în ANEXA 3.

b.- Efectul debitului, asupra densității de depunere pe nivel

Modificările densității de depunere în funcție de modificările debitului de alimentare, sunt observate în figurile și tabelele prezentate, însă pentru a se evidenția mai mult acest aspect, se prezintă și procentual comparația între stropirea cu picături neîncărcate și încărcate cu sarcină, numai pentru cazul de referință: $n = 4.000\text{ rot/min}$, $V_2 = 2,5\text{ kV}$. Rezultatele sunt prezentate în fig.5.29 și tabelul 5.7. În tabelul 5.7 datele sunt prezentate procentual din total depunere.

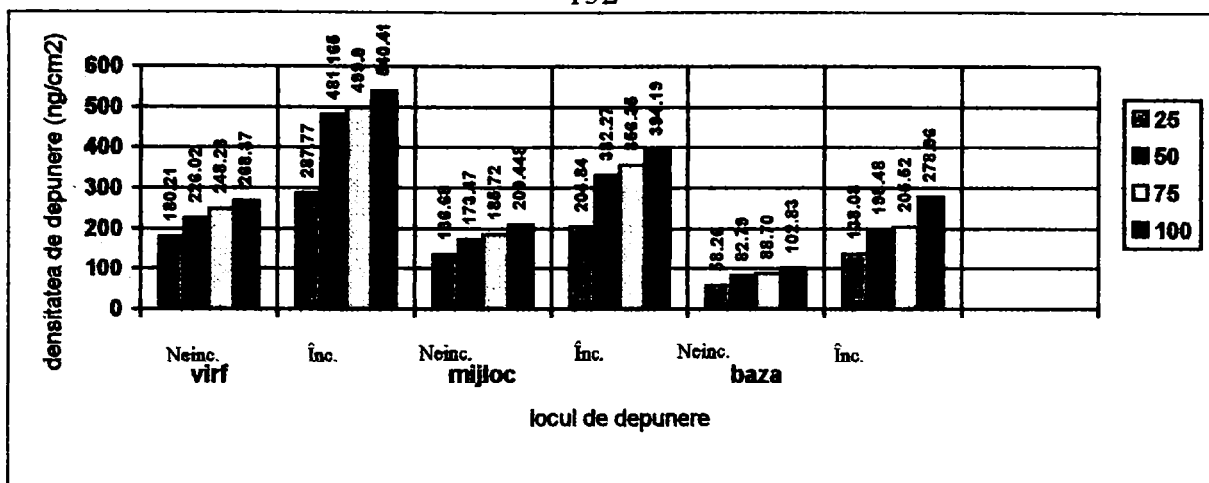


Fig. 5.29.- Influența debitului asupra densității de depunere
($n = 4000$ rot/min. și tensiune de alimentare, $V_2 = 2,5$ kV)

Depunerea la diferite debite, regimul operational (%)

Tabelul 5.7

Debitul (ml/min)	Densitatea de depunere (% din total depunere)					
	picături neîncărcate			picături încărcate		
	vârf	mijloc	bază	vârf	mijloc	bază
25	48,04	36,43	15,53	45,63	32,48	21,89
50	46,86	35,97	17,17	46,54	32,84	19,62
75	47,50	35,53	16,97	47,08	33,56	19,36
100	46,22	36,07	17,71	44,53	32,48	22,99

- Deși se constată o creștere a densității de depunere odată cu creșterea debitului, pentru ambele cazuri de stropire (fig. 5.29), distribuția procentuală a depunerii se menține aproape între aceleași limite: între 46,22 - 48,04 % la vârf, 35,53-36,43 % la mijloc și 15,53-17,71 % la bază, pentru stropirea cu picături neîncărcate, respectiv între 44,53- 47,08 % la vârf, 32,48-33,56 % la mijloc și 19,36-22,99 % la bază, pentru picături încărcate, (tabelul 5.7). Dacă pentru cazul picăturilor neîncărcate, densitatea de depunere crește aproape liniar odată cu creșterea debitului, în cazul picăturilor încărcate, se observă o creștere semnificativă (de 1,67 ori la vârf, 1,62 la mijloc și 1,44 ori la bază) a densității de depunere corespunzătoare debitului de 50 ml/min față de cea pentru debitul de 25 ml/min. Diferențele între densităților de depunere, corespunzătoare debitelor 50 ml/min, 75 ml/min și 100 ml/min, nu sunt semnificative.

c.- Efectul turației asupra densității de depunere pe nivele

S-a analizat efectul numai pentru 2 turații ale discului centrifugal, 3.500 rot/min și 4.000 rot/min, la debitul de 50 ml/min și tensiunea de încărcare 2,5 kV (fig. 5.30). Este prezentată și analiza procentuală a depunerii pe nivele ale plantei, pentru cele două cazuri amintite (tabelul 5.8).

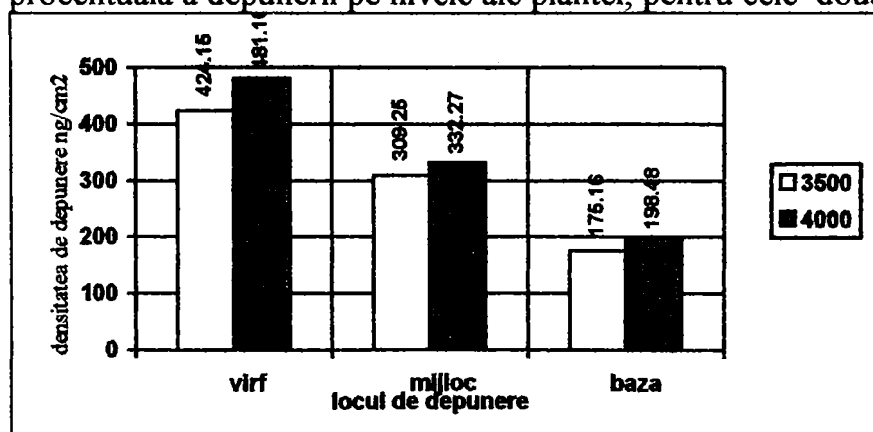


Fig. 5.30.- Efectul turației asupra densității de depunere

Depunerea (%) Tabelul 5.8

Turația rot/min	Depunerea pe nivele (%)		
	vârf	mijloc	bază
3500	46,68	34,03	19,27
4000	47,54	32,83	19,61

- Densitatea de depunere scade pentru ambele turații de la vârful plantei și crește cu creșterea turației, aspect observat și din analiza procentuală (tabelul 5.8). Creșterea densității de depunere la vârful plantei, la turația de 4.000 rot/min, se datorează faptului că mărimea picăturilor realizate scade odată cu creșterea turației, densitatea lor într-un dm^3 aer este mai mare, iar posibilitatea ca ele să lovească ținta crește considerabil. Creșterea este de 1,13 ori la vârful, 1,07 ori la mijloc și 1,13 ori la baza plantei.

Din analiza densității de depunere pe nivelele plantei, la turația de 4.000 rot/min, s-a determinat și valorile medii ale acesteia, pentru a se putea face o comparație a depunerii pe nivele, cu picături încărcate și neîncărcate. Valorile procentuale medii privind densitatea de depunere pe nivele sunt prezentate în tabelul 5.9. Densitatea de depunere scade de la vârful către baza plantei.

Valorile medii ale depunerii pe nivele (%)

Tabelul 5.9

Tipul de stropire	Depunerea pe nivele (%)		
	vârf	mijloc	baza
1.- Stropire cu dispozitivul centrifugal, fără încărcarea picăturilor <i>media</i>	46,21- 48,03 <i>(47,2 %)</i>	35,53 -36,43 <i>(36,0 %)</i>	15,53-17,71 <i>(16,8 %)</i>
2.- Stropirea cu dispozitivul centrifugal cu încărcarea picăturilor (general) <i>media</i>	45,06 -49,07 <i>(46,8 %)</i>	31,76 - 33,92 <i>(33,00 %)</i>	18,80-23,17 <i>(20,2 %)</i>
3.- Stropirea cu dispozitivul centrifugal cu încărcarea picăturilor, cazul operațional ($V_2=2,5 \text{ kV}$) <i>media</i>	44,53-47,54 <i>(46,1 %)</i>	32,48-33,56 <i>(32,8 %)</i>	19,35-22,98 <i>(21,1 %)</i>

- Dacă la vârful și mijlocul plantei, între depunerea în cazul picăturilor neîncărcate și încărcate, diferențele sunt mici, în schimb la baza plantei apare o diferență mare, creșterea fiind cu aproape 6 % față de cazul picăturilor neîncărcate. Această creștere, în cazul picăturilor încărcate, se produce în special datorită creșterii depunerii pe spatele frunzelor, favorizată de deplasarea după liniile de câmp electric a picăturilor încărcate cu sarcină electrică;

- Dacă în cazul picăturilor neîncărcate depunerea cea mai mare are loc către vârful plantei (47,1 % și 36 %), la bază fiind doar 16,8 %, în schimb, în cazul picăturilor încărcate are loc o creștere a depunerii și către baza plantei, ajungând în cazul regimului operațional la: 46,1 %, 32,8 % și 21,1 %, adică se realizează o acoperire mai uniformă pe înălțimea plantei cu substanță.

1.3.- Analiza densității de depunere pe fața și spatele frunzelor

Din analiza depunerii pe fața și spatele frunzelor, s-a constatat că depunerea de substanță pe ambele fețe s-a îmbunătățit într-un anumit raport, odată cu încărcarea picăturilor cu sarcină electrică. În fig 5.31 și tabelul 5.10 respectiv fig.5.32 și tabelul și 5.11, se prezintă comparativ depunerea pe fața și spatele frunzelor pentru ambele cazuri de stropire cu dispozitivul centrifugal, la debitele de 25, 50, 75 și 100 ml/min. Pentru comparare, în cazul picăturilor încărcate, s-a luat numai situația: $n=4000$ rot/min și $V_2 = 2,5 \text{ kV}$.

- în general depunerea pe fața și spatele frunzelor, atât pentru picături neîncărcate și încărcate, crește odată cu creșterea debitului de alimentare a discului de pulverizare;

- depunerea pe fața și spatele frunzelor, scade de la vârful către baza plantelor;

- în cazul încărcării picăturilor, densitatea de depunere pe fața frunzelor crește la vârful, mijloc și bază, de 1,31, 1,21 și 1,93 ori la debitul de 25 ml/min, de 1,73, 1,55 și 1,90 ori la debitul de 50 ml/min, de 1,64, 1,54 și 1,85 ori la debitul de 75 ml/min, respectiv de 1,68, 1,54 și 2,28 ori la debitul

de 100 ml/min, față de cazul stropirii cu picături neîncărcate;

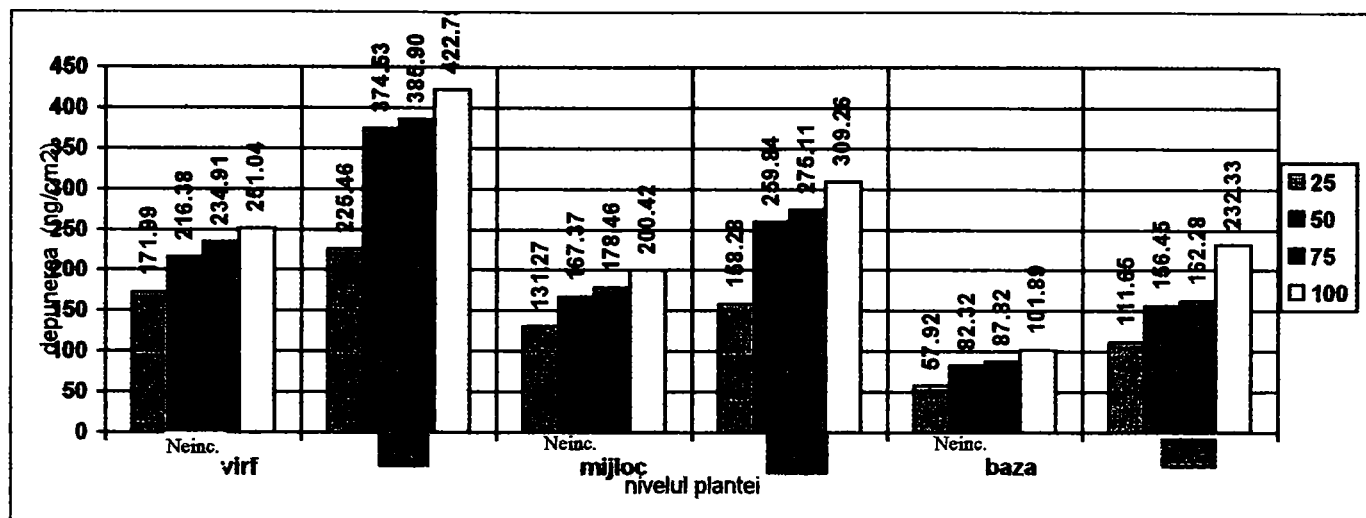


Fig.5.31.- Influența debitului asupra depunerii pe fața frunzelor

Depunerea pe fața frunzelor

Tabelul 5.10

Starea picăturilor	Depunerea pe fața frunzelor [ng/cm ²] la debitele				
		25 ml/min	50 ml/min	75 ml/min	100 ml/min
Neîncărcate	vârf	171,99 (0)	216,38 (0)	234,91 (0)	251,04 (0)
	mijloc	131,27 (0)	167,37 (0)	178,46 (0)	200,42 (0)
	bază	57,92 (0)	82,32 (0)	87,82 (0)	101,89 (0)
Încărcate (2,5 kV)	vârf	225,46 (1,31 ↑)	374,53 (1,73 ↑)	385,90 (1,64 ↑)	422,79 (1,68 ↑)
	mijloc	158,28 (1,21 ↑)	259,84 (1,55 ↑)	275,11 (1,54 ↑)	309,26 (1,54 ↑)
	bază	111,65 (1,93 ↑)	156,45 (1,90 ↑)	162,28 (1,85 ↑)	232,33 (2,28 ↑)

- în cazul încărcării picăturilor, densitatea de depunere pe spatele frunzelor crește la vârf, mijloc și bază, de 7,57, 8,61 și 78,14 ori la debitul de 25 ml/min, de 11,06, 11,86 și 89,41 ori la debitul de 50 ml/min, de 8,52, 11,18 și 48,84 ori la debitul de 75 ml/min, respectiv de 6,79, 9,41 și 49,08 ori la debitul de 100 ml/min, față de cazul stropirii cu picături neîncărcate (fig.5.32 și tabelul 5.11);

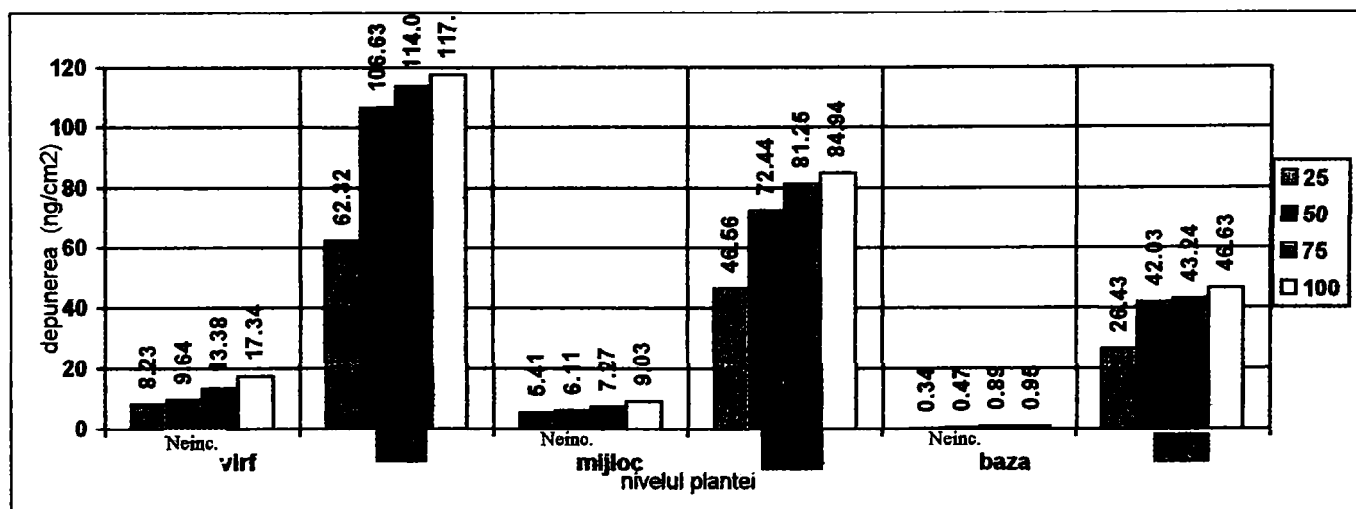


Fig.5.32.- Influența debitului asupra depunerii pe spatele frunzelor

Starea picăturilor	Depunerea pe spatele frunzelor [ng/cm ²] la debitele				
		25 ml/min	50 ml/min	75 ml/min	100 ml/min
Neîncărcate	vârf	8,23 (0)	9,64 (0)	13,38 (0)	17,34 (0)
	mijloc	5,41 (0)	6,11 (0)	7,27 (0)	9,03 (0)
	bază	0,34 (0)	0,47 (0)	0,89 (0)	0,95 (0)
Încărcate (2,5 kV)	vârf	62,32 (7,57 ↑)	106,63 (11,06 ↑)	114,00 (8,52 ↑)	117,63 (6,79 ↑)
	mijloc	46,36 (8,61 ↑)	72,44 (11,86 ↑)	81,25 (11,18 ↑)	84,94 (9,41 ↑)
	bază	26,43 (78,14 ↑)	42,03 (89,41 ↑)	43,24 (48,84 ↑)	46,63 (49,08 ↑)

- depunerea pe spatele frunzelor în cazul **picăturilor neîncărcate**, se datorează în special mișcării și expunerii ambelor suprafețe a frunzelor plantelor către norul de picături, datorită prezenței unui curent mic de aer generat de către discul centrifugal de pulverizare.

- în cazul **picăturilor încărcate**, depunerea mai mare pe spatele frunzelor se datorește avantajului oferit de deplasarea picăturilor după liniile de câmp și apariția forțelor electrostatice de atracție. Densitatea de depunere crește semnificativ pentru fiecare debit, la mijlocul și mai ales la partea de jos a plantei, acolo unde picăturile își pierd din energia lor inițială cu care pleacă de la discul centrifugal și au viteză mică, preponderente fiind în acest caz forțele electrice, care favorizează depunerea;

O analiză completă a depunerii pe față și spatele frunzelor, pe nivele și pe toată planta, este prezentată în tabelul 5.12.

- **la picăturile neîncărcate**, depunerea de substanță, la fiecare nivel, pentru toate debitele, se distribuie aproape numai pe partea superioară a frunzelor (fața frunzelor), procentul fiind cuprins în limitele **93,54 - 99,43 %**. În schimb pe partea inferioară a frunzelor, depunerea este foarte mică, fiind cuprinsă între limitele, **0,58-6,46 %**. Dacă se analizează depunerea totală pe plantă, se constată că între **95,30-96,64 %** din substanța depusă este pe fața frunzelor și doar **3,36- 4,70 %** pe spatele acestora. Depunerea cea mai mare pe spate(media) s-a realizat la debitul de 100 ml/min;
- **în cazul picăturilor încărcate** (toate în afara regimului de 2,5 kV), depunerea pe nivele ale plantei, pentru debitele analizate, se distribuie astfel:
 - între **77,20 % - 87,63 %**, pe fața frunzelor;
 - între **12,37 % - 22,80 %** pe spatele frunzelor
- **în cazul picăturilor încărcate**(la regimul de 2,5 kV), depunerea pe nivele ale plantei, pentru debitele analizate, se distribuie astfel:
 - între **77,20 % - 83,28 %**, pe fața frunzelor;
 - între **16,72 % - 22,80 %** pe spatele frunzelor

Se constată o scădere a depunerii pe fața frunzelor, dar în schimb, o creștere a depunerii și uniformității acesteia pe spatele frunzelor, pentru acest regim.





-dacă analiza se face pentru depunerea pe toată planta, pe față și spate, se constată că:

- între **78,14 % - 82,09 %** din substanță, se depune pe fața frunzelor;
- între **17,91 % - 21,86 %** pe spatele frunzelor.

Depunerile cele mai mari pe spatele frunzelor, s-a realizat la debitele de 50 și 75 ml/min și anume: 21,85 %, respectiv 22,37 %. Avatajos este pentru debitul de 50 ml/min, când picăturile sunt mai mici, cu energie mică, fiind ușurată mult depunerea și în același timp și un consum mai mic de soluție.

Depunerea pe față și spatele frunzelor (%)

Tabelul 5.12

Debitul	Locul de depunere pe plantă	Depunere pe față și spatele frunzelor (%)							
		picături neîncărcate		picături încărcate ($V_2=2,5$ kV)					
		% din nivel	% din total	% din nivel	% din total				
25 ml/min		vârf	față	95,43	față: 96,13	78,35	față: 78,55		
			spate	4,57		21,65			
		mijloc	față	96,05	spate: 3,87	77,27	spate: 21,45		
			spate	3,95		22,73			
		baza	față	99,42	spate: 3,87	80,86	spate: 21,45		
			spate	0,58		19,14			
		50 ml/min		vârf	față	95,73	față: 96,64	77,84	față: 78,15
					spate	4,27		22,16	
mijloc	față			96,48	spate: 3,36	78,20	spate: 21,85		
	spate			3,52		21,80			
baza	față			99,43	spate: 3,36	78,82	spate: 21,85		
	spate			0,57		21,18			
75 ml/min				vârf	față	94,61	față: 95,88	77,20	față: 78,63
					spate	5,39		22,80	
		mijloc	față	96,08	spate: 4,12	77,21	spate: 22,37		
			spate	3,92		22,79			
		baza	față	99,01	spate: 4,12	79,42	spate: 22,37		
			spate	0,99		20,58			
		100 ml/min		vârf	față	92,80	față: 94,94	78,23	față: 79,46
					spate	7,20		21,77	
mijloc	față			95,70	spate: 5,06	78,46	spate: 20,54		
	spate			4,30		21,54			
baza	față			99,07	spate: 5,06	82,28	spate: 20,54		
	spate			0,93		16,72			

Creșterea densității de depunere pe spatele frunzelor, în cazul stropirii cu picături încărcate, se poate explica în primul rând, prin aceea că picăturile încărcate cu sarcină electrică, urmează calea liniilor de câmp electric ce există între norul de picături încărcate și plantele legate la pământ, linii care se închid pe suprafețele frunzelor, deci și pe spatele acestora. Din acest motiv există capacitatea mare de depunere a picăturilor și în locuri mai greu accesibile (pe spatele frunzelor), în special când acestea au o mobilitate mare, respectiv mărime și viteză mică.

Ca o concluzie generală, privind depunerea pe fața și spatele frunzelor: în cazul încărcării picăturilor cu sarcină electrică comparativ cu neîncărcarea lor, depunerea crește, rapoartele de creștere fiind cele prezentate în tabelul 5.13. Comparăția este făcută pentru regimul de 2,5 kV.

Rapoartele de creșterea a densității de depunere pe total plantă

Tabelul 5.13

Debitul		25 ml/min	Q ₂	Q ₃	Q ₄
Pe toată planta	față	1,37 ↑	1,69 ↑	1,64 ↑	1,74 ↑
	spate	9,67 ↑	13,63 ↑	11,05 ↑	9,12 ↑

- creșterea cea mai mare a densității de depunere, la nivelul întregii plante se realizează la regimul: Q₂ = 50 ml/min și V₂ = 2,5 kV, n = 4.000 rot/min.

2.- Eficiența depunerii.

Eficiența depunerii (%) a fost determinată pentru toate combinațiile de debite și două turații ale discului de pulverizare. Analiza s-a efectuat numai pentru regimul de încărcare la 2,5 kV, iar rezultatele sunt prezentate în tabelul 5.14

Eficiența depunerii pentru debitele Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ și turațiile 3500 și 4000 rot/min Tabelul 5.14

debitul [ml/min]	turația [rot/min]	Eficiența depunerii (%)		
		picături neîncărcate	picături încărcate, [2,5 kV]	incarcare neincarcate
25	3.500	45,1	68,2	1,51
	4.000	53,5	84,3	1,57
50	3.500	38,3	61,0	1,59
	4.000	45,6	74,5	1,63
75	3.500	36,1	52,3	1,44
	4.000	42,7	61,6	1,44
100	3.500	33,8	43,4	1,28
	4.000	39,2	51,2	1,30

Din analiza datelor din tabelul 5.14, se pune în evidență următoarele:

- pentru picături neîncărcate, eficiența depunerii variază între 33,8 % și 53,5 %;
- pentru picături încărcate, eficiența depunerii variază între 43,4 % și 84,3 %;
- eficiența depunerii crește odată cu creșterea turației discului de pulverizare, la ambele tipuri de stropire, pentru fiecare debit, și este mare la debite mai mici, când picăturile rezultate sunt de dimensiuni mai mici și au o mobilitate mai bună;
- raportul încărcat/neîncărcat a variat între 1,28 și 1,57.

În continuare se face o analiză amănunțită a eficienței depunerii în raport cu parametrii care o influențează.

a.-Comparăția directă la încărcarea și neîncărcarea picăturilor.

Eficiența depunerii în cazul stropirii cu picături încărcate este sensibil mai mare decât în cazul stropirii cu picături neîncărcate. Modul cum starea picăturilor (încărcate sau nu) influențează asupra nivelului eficienței, la debitele și turațiile analizate, se prezintă în fig.5.33. Comparăția se face pentru toate debitele, dar numai pentru tensiunea de încărcare de 2,5 kV.

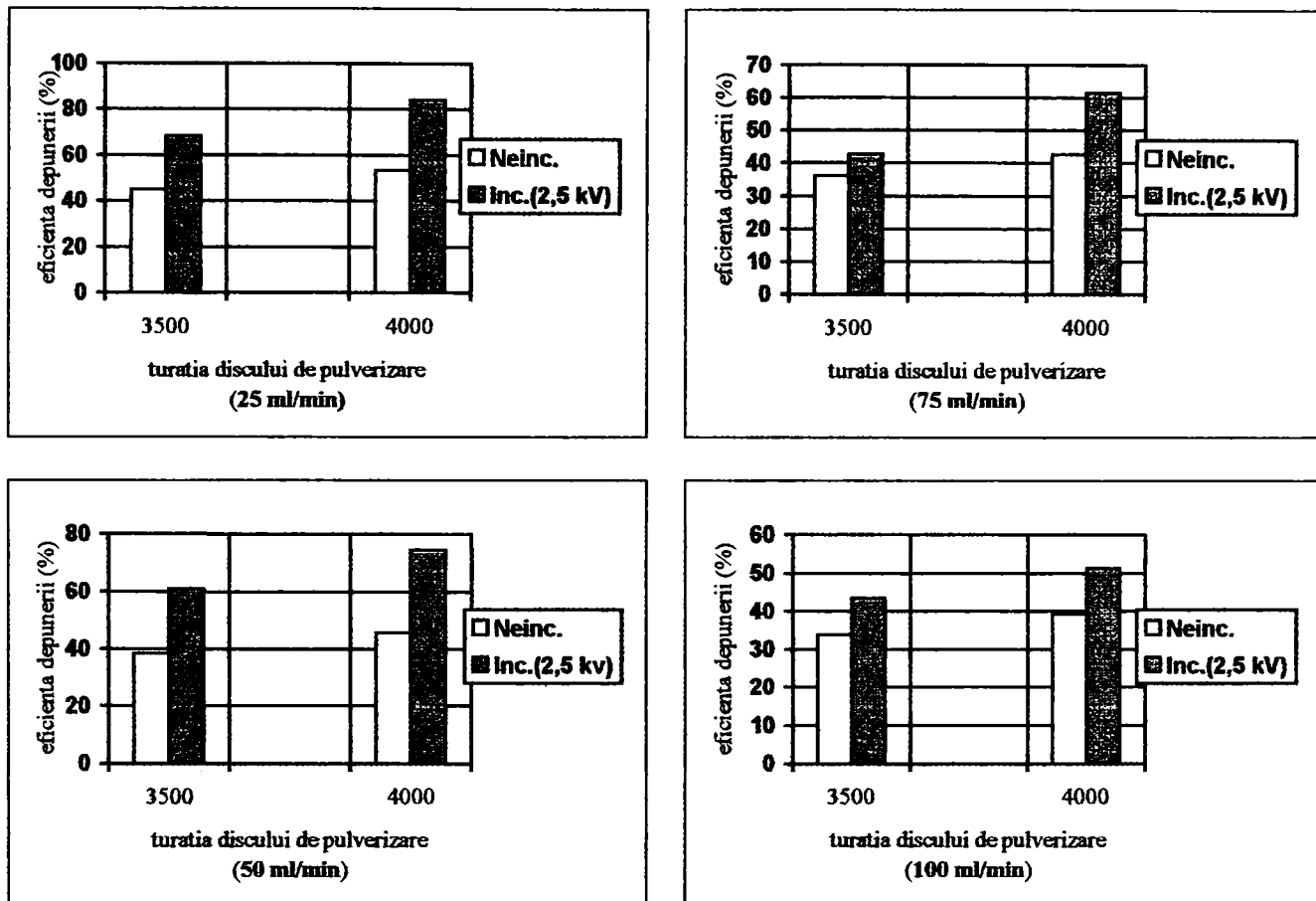


Fig. 5.33.- Influența încărcării picăturilor ($V=2,5$ kV) asupra eficienței depunerii

- eficiența depunerii în cazul picăturilor încărcate este mai mare decât în cazul neîncărcării acestora. Ea are valoarea cea mai mare pentru debitul $Q=25$ ml/min și turația 4000 rot/min. La încărcarea picăturilor mici, raportul sarcină/masă este mare, deoarece antrenarea aerului din imediata apropiere a acestora favorizează încărcarea.

b. - Influența turației discului de pulverizare asupra eficienței depunerii.

Eficiența depunerii crește odată cu creșterea turației discului de pulverizare, pentru toate debitele și pentru ambele tipuri de stropire: cu picături neîncărcate și cu picături încărcate. Elementul principal care determină acest lucru, este faptul că mărimea picăturilor descrește cu turația ($d_p=1/20 \omega$), la turații mai mari rezultând picături mai mici (fig. 5.34). Pentru picăturile încărcate, analiza s-a efectuat numai pentru varianta: $V=2,5$ kV.

- Eficiența depunerii cea mai ridicată se obține la debitul de 25 ml/min și turația 4.000 rot/min.

Teoretic, la turația de 4000 rot/min și debitul 25 ml/min, picăturile au dimensiunile cele mai mici, au mobilitatea cea mai bună, densitatea lor pe dm^3 aer este mare și de aici posibilitatea de a ajunge pe plante este mai mare, comparativ cu cazul picăturilor mari obținute la debite mari și turații mici. În același timp, în cazul picăturilor mici forțele de greutate și forța centrifugă sunt mici, iar forțele electrostatice de atracție devin mai active, rezultând o îmbunătățire a eficienței de depunere.

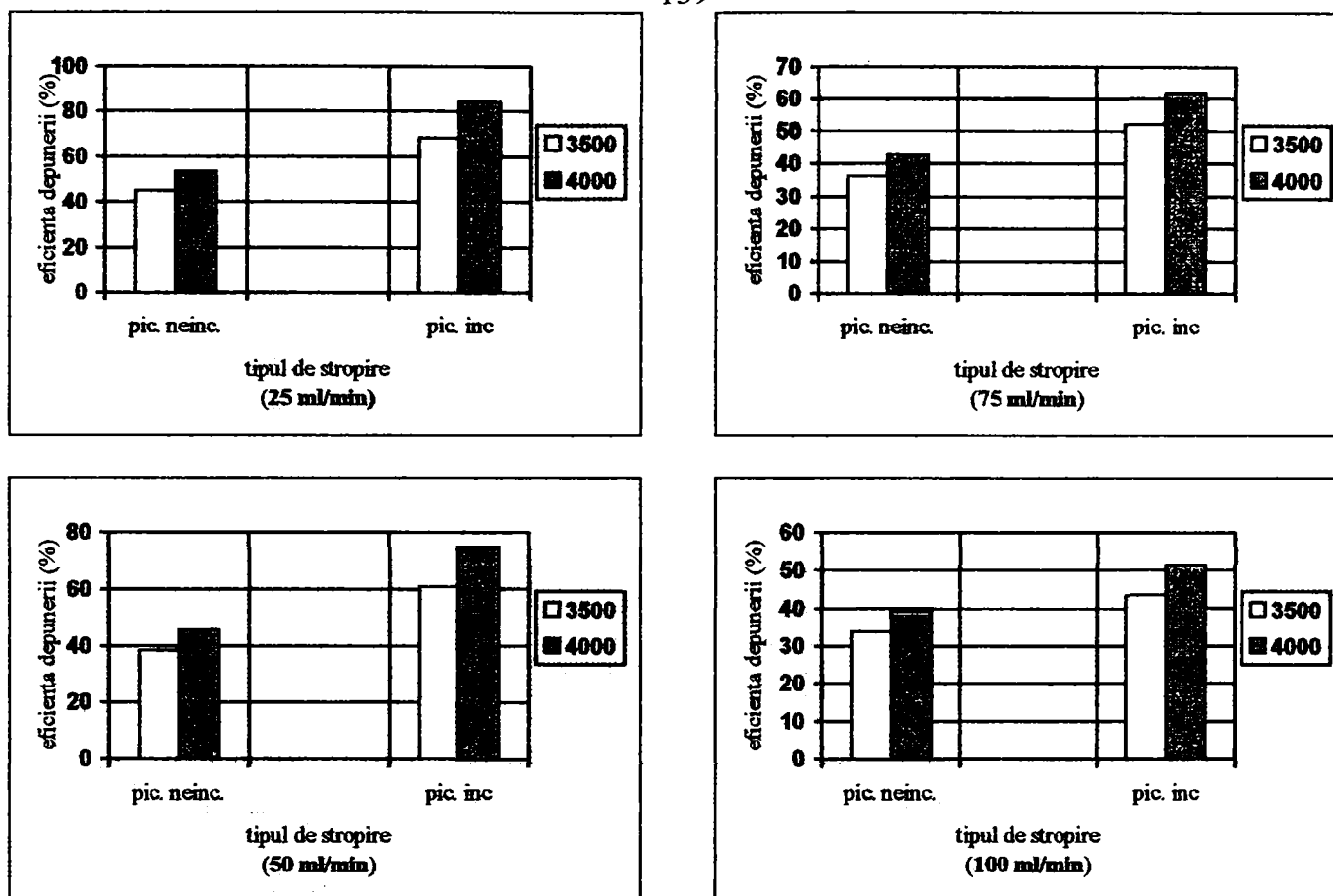


Fig.5.34.- Influența turației discului asupra eficienței depunerii

c.- Influența debitului asupra eficienței depunerii.

Eficiența depunerii este influențată semnificativ și de debitul de alimentare a discului de pulverizare, modul de influență fiind prezentat în fig.5.35.

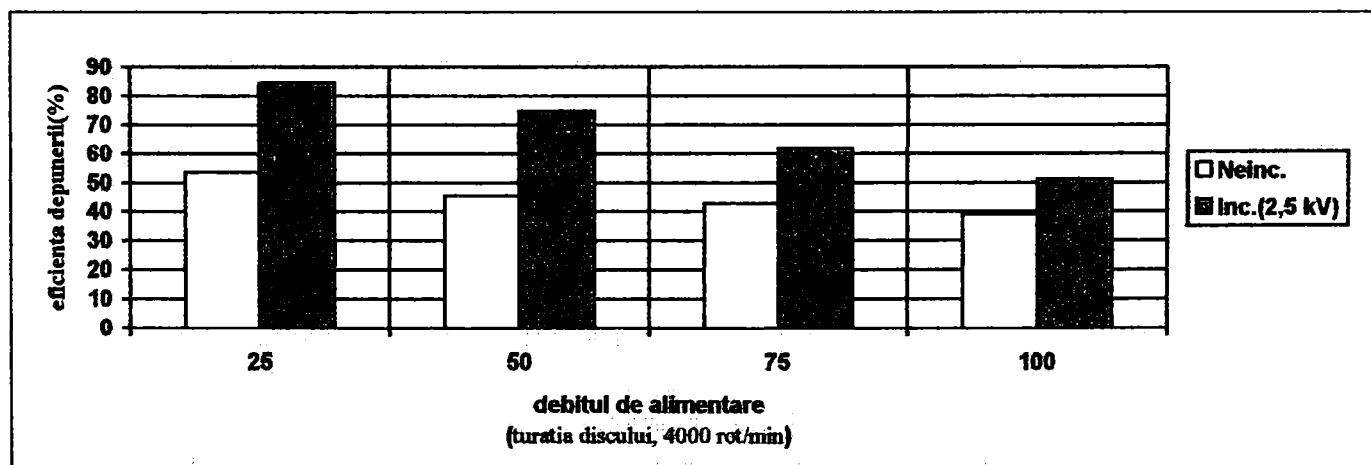


Fig.5.35.- Influența debitului de alimentare a discului, asupra eficienței depunerii

Din analiza procentuală prezentată în fig.5.35 se constată următoarele:

- eficiența depunerii se înrăutățește odată cu creșterea debitului de lichid cu care se alimentează discul de pulverizare al dispozitivului de stropire. Acest lucru are următoarea justificare;
- deși în realitate depunerea totală pe plante crește odată cu creșterea debitului, pierderea de substanță pe sol crește considerabil, ceea ce înseamnă că pe plante s-a

- depus în raport cu cantitatea distribuită, mai puțin;
- în cazul încărcării picăturilor, eficiența depunerii scade cu creșterea debitului, deoarece la debite mari raportul sarcină/masă este mai mic și ca urmare sarcina picăturilor este mai mică, respectiv forțele electrostatice de atracție sunt mult mai mici.

5.1.4.2.- Rezultate obținute cu dispozitivul de pulverizare- încărcare pentru duze cu jet în evantai

Pentru acest dispozitiv de pulverizare- încărcare s-a analizat doar densitatea de depunere la debitele de 1.500 și 1.890 ml/min, pentru cazul cu picături neîncărcate și încărcate. S-a analizat numai cazul încărcării cu tensiunea de alimentare a electrozilor de 4 kV, deoarece la această valoare a tensiunii s-a obținut raportul de sarcină / masă cel mai mare. La fel ca și la dispozitivul centrifugal, densitatea de depunere crește odată cu creșterea tensiunii electrozilor (până la 4 kV) după care scade, datorită apariției (și aici) a descărcărilor corona. Pentru analiză s-a luat numai cazul încărcării picăturilor la tensiunea de 4 kV. Datele complete sunt prezentate în ANEXA 4.

1.- Densitatea de depunere

1.1.- Analiza depunerii pe toată planta

Deoarece duzele de acest tip, care lucrează cu debite mari la presiuni de 200 și 300 KPa, la o normă de aplicare a soluției de 935 și 1.869 l/ha, depunerea pe toată planta cât și pe nivele este mai mare, comparativ cu depunerea la sistemul centrifugal. La acest sistem de pulverizare-încărcare, diferențele între densitatea de depunere în cazul picăturilor neîncărcate și încărcate (la regimul de încărcare 4 kV) sunt mai mici, deoarece debitele cu care se stropește, fiind mari dar în același timp și picături mari, forțele electrostatice sunt mai mici în comparație cu forțele de greutate.

Compararea densității medii de depunere [ng/cm^2] pe toată planta, pentru cele două cazuri de stropire cu picături neîncărcate și încărcate cu sarcină electrică, pentru tensiunea de alimentare a electrodului ($V_0 = 0 \text{ kV}$, $V_1=4 \text{ kV}$,) și debite ($Q_1= 1.500$ și $Q_2=1.890 \text{ ml/min}$), a scos în evidență și pentru acest dispozitiv, creșterea acestuia odată cu încărcarea picăturilor cu sarcină electrică și creșterea debitului de lichid. Rezultatele privind densitatea de depunere medie pe toată planta sunt prezentate în tabelul 5.15.

Densitatea de depunere pe toată planta

Tabelul 5.15

Tipul de stropire	Depunerea [ng/cm^2]	
	1.500 ml/min	1.890 ml/min
1.- Stropire cu dispozitiv hidraulic, fără încărcare $V_0= 0 \text{ V}$	1679,58 (0)	1907,75 (0)
2.- Stropire cu dispozitiv hidraulic cu încărcare $V_1=4 \text{ kV}$	2105,43 (1,25) ↑	2569,47 (1,34) ↑

- depunerea pe toată planta, crește odată cu încărcarea picăturilor și creșterea debitului duzei;
- depunerea pe toată planta crește în cazul încărcării picăturilor, comparativ cu situația când acestea nu sunt încărcate de 1,25 ori la debitul de 1.500 ml/min, respectiv de 1,34 ori pentru debitul de 1.890 ml/min.

1.2.- Analiza depunerii pe nivelele plantei

Depunerea este mai mare la vârful și mijlocul plantei, pe fața superioară a frunzelor, dar mai mică la baza plantei. Depunerea pe spatele frunzelor este datorată, nu depunerii directe a picăturilor, ci mai degrabă a efectelor secundare de mișcare ușoară a frunzelor datorită impactului picăturilor asupra acestora, cât și a mărimii norului de picături din jurul plantei. Rezultatele măsurătorilor privind densitatea de depunere pentru cele două debite de lucru, sunt sintetizate în tabelul 5.16.

Debitul	Locul	Densitatea de depunere (mg/cm^2)					
		vârful plantei		mijlocul plantei		baza plantei	
		Neîncărcat	Încărcat	Neîncărcat	Încărcat	Neîncărcat	Încărcat
1.500 ml/min	față	799,15	901,67	493,64	578,69	264,75	372,31
	spate	68,18	132,20	30,04	66,55	23,64	54,01
	TOTAL	867,33	1033,87	523,85	645,24	288,39	426,32
1.800 ml/min	față	873,68	1003,90	519,55	671,87	329,89	443,39
	spate	97,14	209,49	51,90	146,48	35,59	94,33
	TOTAL	970,81	1213,39	571,45	818,35	365,49	537,72

Densitatea de depunere cât și rapoartele de creștere a acesteia, comparativ pentru cele două tipuri de stropiri, la cele două debite, se prezintă în fig.5.36 și tabelul 5.17

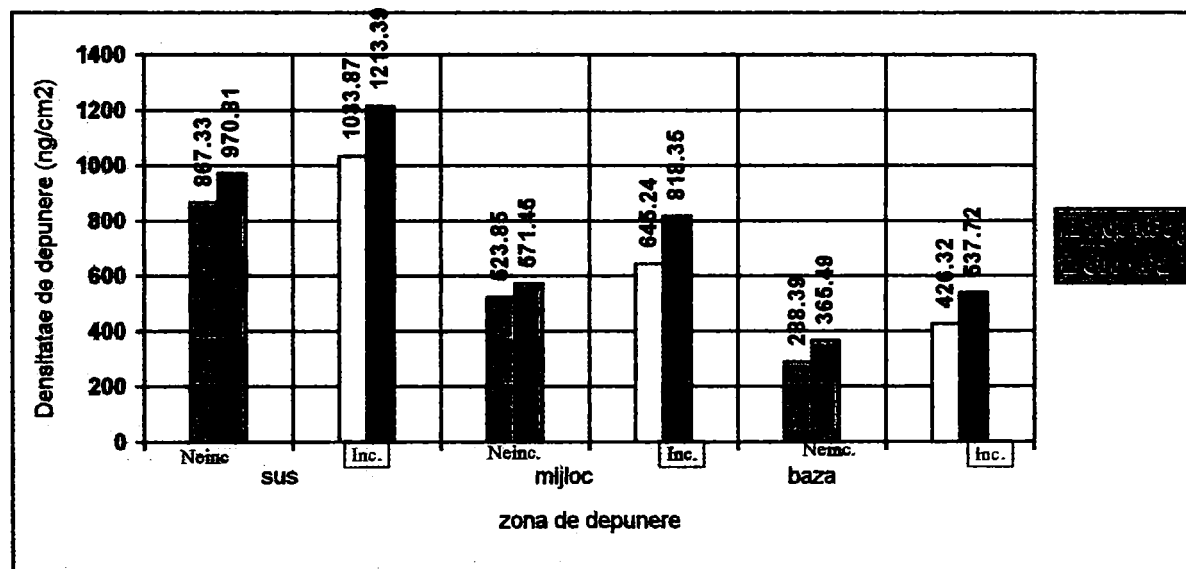


Fig.5.36.- Densitatea de depunere globală, pe nivele, pentru debitele de 1.500 și 1.890 ml/min

Densitatea de depunere totală pe nivele

Tabelul 5.17

Tipul de stropire	Debit [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Depunerea [ng/cm^2]		
			sus	mijloc	bază
1.- Stropire cu dispozitivul fără încărcare $V_0 = 0$ kV	1500	0.33	867,33	523,85	288,39
			(0)	(0)	(0)
2.- Stropire cu dispozitivul cu încărcare $V = 4$ kV	1500	0.33	1033,87	645,24	426,32
			(1,19) ↑	(1,23) ↑	(1,48) ↑
1.- Stropire cu dispozitivul fără încărcare $V_0 = 0$ kV	1890	0.33	970,81	571,45	365,49
			(0)	(0)	(0)
2.- Stropire cu dispozitivul cu încărcare $V = 4$ kV	1890	0.33	1213,39	818,35	537,72
			(1,25) ↑	(1,43) ↑	(1,47) ↑

-densitatea de depunere pe nivele, crește odată cu creșterea debitului duzei (presiunii), atât pentru cazul picăturilor încărcate și neîncărcate;

-densitatea de depunere scade de la vârful către baza plantei, pentru toate variantele;

- prin încărcarea picăturilor, densitatea de depunere crește: de 1,19 ori la vârf, de 1,23 ori la mijloc și 1,48 ori la bază, pentru debitul de 1.500 ml/min, respectiv de 1,25 la vârf, 1,43 la mijloc și 1,47 la bază, pentru debitul de 1.890 ml/min. Creșterile densității de depunere la debitul de 1.890 ml/min sunt aproximativ la același nivel ca și în cadrul debitului de 1.500 ml/min.

Depunerea pe plante se modifică în funcție de debitul duzei și locul de depunere pe plantă: vârf, mijloc sau bază. Așa cum se observă din fig.5.36 și tabelul 5.17, densitatea totală pentru am-

bele debite scade de la vârf către baza plantei, iar o analiza procentuală a depunerii se prezintă în tabelul 5.18

Depunerea la nivelele plantei (%)

Tabelul 5.18

Debitul (ml/min)	Densitatea de depunere (%)					
	picături neîncărcate			picături încărcate		
	vârf	mijloc	bază	vârf	mijloc	bază
1.500	51,64	31,19	17,17	49,10	30,64	20,24
1.890	50,89	29,95	19,16	47,22	31,84	20,92
Media	51,26	30,57	18,17	48,16	31,24	20,60

- în cazul **picăturilor neîncărcate**, distribuția depunerii pe nivel este: - 51,26 % la vârful plantei;
- 30,57 % la mijlocul plantei;
- 18,17 % la baza plantei.

La fiecare nivel al plantei, depunerea s-a făcut mai mult pe partea superioară a frunzelor: 92,13 % la vârf, 94,26 % la mijloc și 91,80 % la baza plantei în cazul debitului de 1.500 ml/min, respectiv 89,99 %, 90,92 % și 90,26 % pentru debitul de 1.890 ml/min.

- în cazul **picăturilor încărcate**, distribuția depunerii pe nivele este: - 48,16 % la vârful plantei;
- 31,24 % la mijlocul plantei;
- 20,60 % la baza plantei.

Din această depunere, 87,21 % la vârf, 89,69 % la mijloc și 87,33 % la bază, pentru debitul de 1.500 ml/min, este pe fața frunzelor. Pentru debitul de 1.890 ml/min procentele de depunere pe fața superioară a frunzelor sunt mai mici: 82,73 % la vârf, 82,10 % la mijloc și 82,46 %. Creșterea depunerii către baza plantei se explică prin creșterea mărimii picăturilor, rezultând o pătrundere mai bună a acestora către baza plantei. Pentru ambele debite, se observă o descreștere a depunerii pe fața frunzelor și o creștere semnificativă pe spatele acestora, comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate..

Și în acest caz, odată cu încărcarea picăturilor, depunerea pe plante este mai uniformă: se manifestă o creștere a depunerii către baza plantei. Acest lucru se explică pe de o parte prin distribuția uniformă a picăturilor în jetul de picături și pe de altă parte prin creșterea depunerii pe spatele frunzelor și la baza plantei.

1.3.- Analiza depunerii pe fața și spatele frunzelor

Din analiza depunerii pe fața și spatele frunzelor, s-a scos în evidență că, depunerea de substanță pe ambele fețe ale frunzelor s-a îmbunătățit odată cu încărcarea picăturilor cu sarcină electrică. În fig 5.37 și tabelul 5.19, respectiv fig.5.38 și tabelul și 5.20, sunt prezentate comparativ depunerea pe fața și spatele frunzelor, pentru ambele cazuri de stropire cu dispozitivul de pulverizare-încărcare hidraulic, la debitele de 1.500 și 1.890 ml/min. Pentru comparare, în cazul picăturilor încărcate, s-a luat numai situația: $V = 4,00$ kV.

- în general, depunerea pe fața cât și spatele frunzelor, atât pentru picături neîncărcate și încărcate, crește odată cu creșterea debitului;

- depunerea pe fața și spatele frunzelor, scade de la vârful către baza plantelor;

- **în cazul încărcării picăturilor**, densitatea de depunere pe fața frunzelor crește la vârf, mijloc și bază, de 1,15, 1,17 și 1,41 ori, la debitul de 1.500 ml/min, de 1,15, 1,29 și 1,34 ori, la debitul de 1.890 ml/min, față de cazul stropirii cu picături neîncărcate. Raportul de creștere, este crescător către baza plantei (tabelul 5.19)

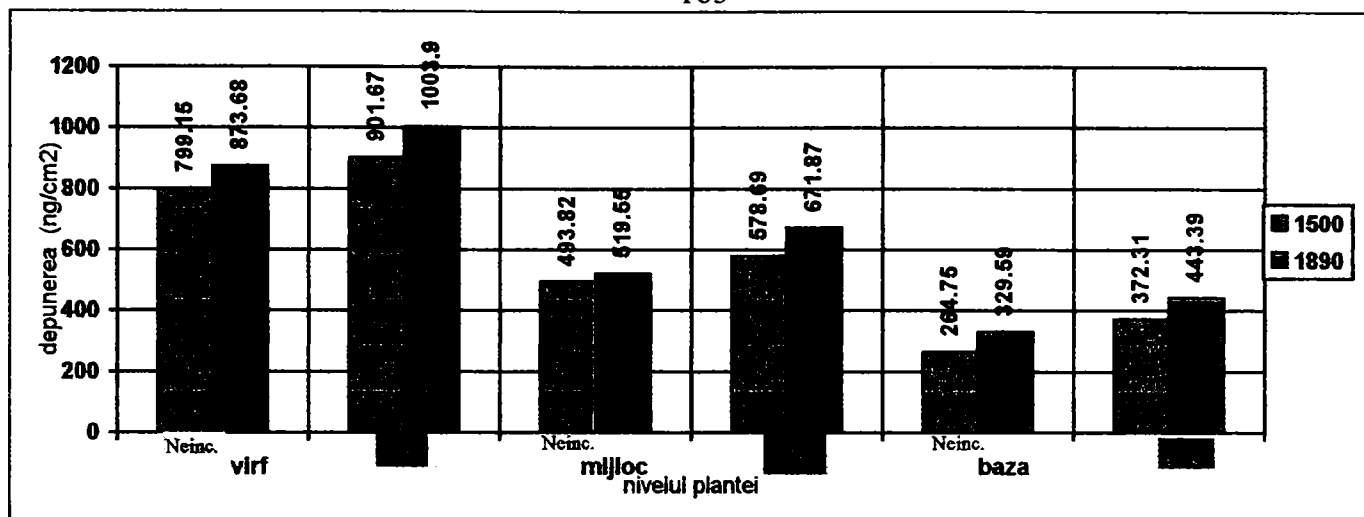


Fig.5.37.- Influența debitului asupra depunerii pe fața frunzelor

Depunerea pe fața frunzelor

Tabelul 5.19

Starea picăturilor	Depunerea pe fața frunzelor [ng/cm ²] la debitele		
		1.500 ml/min	1.890 ml/min
Neîncărcat	vârf	799,15 (0)	873,68 (0)
	mijloc	493,82 (0)	519,55 (0)
	bază	264,75 (0)	329,89 (0)
Încărcat (4 kV)	vârf	901,67 (1,15 ↑)	1003,90 (1,15 ↑)
	mijloc	578,69 (1,17 ↑)	671,87 (1,29 ↑)
	bază	372,31 (1,41 ↑)	443,39 (1,34 ↑)

- Depunerea pe spatele frunzelor s-a îmbunătățit odată cu încărcarea picăturilor cu sarcină electrică și creșterea debitului de lucru al duzei. Comparația între depunerea pe spatele frunzelor, pentru cele două tipuri de stropire, la debitele experimentate, este prezentată în fig.5.38 și tabelul 5.20.

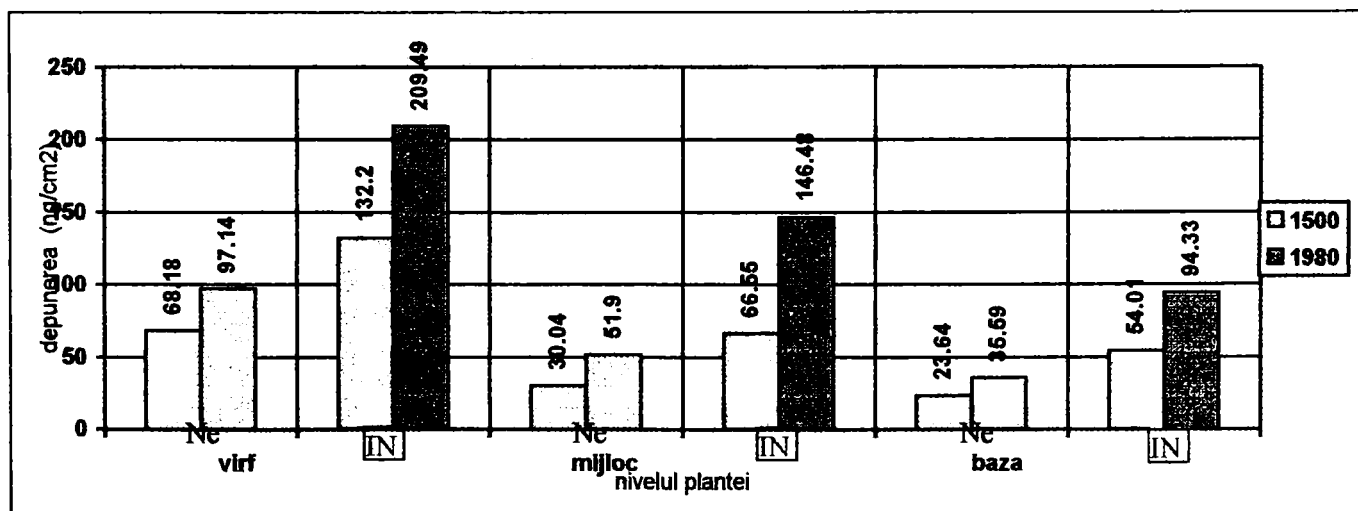


Fig.5.38.- Depunerea pe spatele frunzelor la dispozitivul cu duze cu jet în evantai

Depunerea pe spatele frunzelor

Tabelul 5.20

Starea picăturilor	Depunerea pe spatele frunzelor [ng/cm ²] la debitele		
		1.500 ml/min	1.890 ml/min
Neîncărcat	vârf	68,18 (0)	97,14 (0)
	mijloc	30,04 (0)	51,90 (0)
	bază	23,64 (0)	35,59 (0)
Încărcat (4 kV)	vârf	132,20 (1,93 ↑)	209,49 (2,15 ↑)
	mijloc	66,55 (2,21 ↑)	146,48 (2,82 ↑)
	bază	54,01 (2,28 ↑)	94,33 (2,65 ↑)

- depunerea pe spatele frunzelor scade de la vârf către baza plantelor, pentru ambele tipuri de stropire;

- în cazul **neîncărcării picăturilor**, depunerea pe spatele frunzelor, apare datorită faptului că plantele sunt învăluite de norul mare de picături;



- în cazul **picăturilor încărcate**, depunerea pe spatele frunzelor, crește de 1,93, 2,21 și 2,28 ori, pentru debitul de 1.500 ml/min, de 2,15, 2,82 și 2,65 ori, pentru debitul de 1.890 ml/min, față de cazul picăturilor neîncărcate (tabelul 5.20);

- în acest caz, creșterea depunerii pe spatele frunzelor este influențată, de avantajul oferit de deplasarea picăturilor încărcate cu sarcină electrică după liniile de câmp și generarea forțelor de atracție la apropierea picăturilor către plante.

O analiză mai amănunțită a depunerii pe plante, la fel ca și pentru dispozitivul centrifugal, este prezentată în tabelul 5.21.

Depunerea pe față și spatele frunzelor

Tabelul 5.21

Debitul	Locul de depunere pe plantă	Depunerea pe față și spatele frunzelor (%)				
		picături neîncărcate		picături încărcate (V _z =4 kV)		
		% din nivel	% din total	% din nivel	% din total	
1.500 ml/min		față	92,13	față: 92,74 spate: 7,26	87,21	față: 87,99 spate: 12,01
		vârf spate	7,87		12,79	
		față	94,26		89,69	
		mijloc spate	5,74		10,31	
		față	91,80		87,33	
		bază spate	8,20		12,67	
1.890 ml/min		față	89,99	față: 90,33 spate: 9,67	82,73	față: 82,47 spate: 17,53
		vârf spate	10,01		17,27	
		față	90,92		82,10	
		mijloc spate	9,08		17,90	
		față	90,26		82,46	
		bază spate	9,74		17,54	

-în cazul încărcării picăturilor, depunerea pe fața și spatele frunzelor, crește atât la fiecare nivel, cât și pe toată plantă. Ca o concluzie generală privind depunerea pe fața și spatele frunzelor: în cazul încărcării picăturilor cu sarcină electrică, comparativ cu neîncărcarea lor, depunerea crește, rapoartele de creștere fiind cele prezentate în tabelul 5.22. Comparația este făcută pentru regimul de 4 kV.

Debitul (ml/min)		1.500	1.890
TOTAL plantă	față	1,18↑	1,22 ↑
	spate	2,07 ↑	2,40 ↑

- pe total plantă, depunerea pe fața și spatele frunzelor este de 1,18, respectiv, de 2,07 ori mai mare pentru debitul de 1.500 ml/min și de 1,22, respectiv 2,40 ori, mai mare pentru debitul de 1.890 ml/min față de cazul neîncărcării picăturilor.

Acest lucru reliefează că în cazul încărcării picăturilor, substanța este depusă pe spatele frunzelor într-o proporție mult mai mare (12,03 % și 17,53 %), ce aduce un beneficiu în combaterea bolilor sau dăunătorilor, care au mediu prielnic de dezvoltare mai mult pe spatele frunzelor

- creșterea cea mai mare a densității de depunere la nivelul întregii plante, se realizează la regimul: $Q_2 = 1.890 \text{ ml/min}$, explicabil în special prin mărimrea norului de picături.

Rezultatele globale ale încercărilor pentru acest dispozitiv sunt prezentate în ANEXA 4.

5.2- Experimente efectuate în câmp (în condiții reale)

Experiențele efectuate în câmp au condus la definitivarea aspectelor privind avantajele oferite de stropirea electrostatică, în condiții reale de sol și condiții climatice. Stropirea s-a efectuat cu dispozitivul de pulverizare-încărcare centrifugal, purtat manual, atât cu picături încărcate cât și neîncărcate. În cazul stropirii cu picături neîncărcate, electrodul nu a fost conectat la sursa de înaltă tensiune.

Experiențele s-au efectuat pe o cultură de lucernă, într-un lot semincer, folosind același lichid ca și în laborator: 1 gr Natriu fluorescent diluat într-un litru de apă distilată.

Condițiile climatice din perioada de efectuare a încercărilor au fost: luna octombrie, temperatura 24°C , umiditatea aerului 60 %, viteza vântului 2 m/s, soare puternic.

Caracteristicile culturii de lucernă, pe un teren plan, în câmp deschis;

- cultură bine încheiată, cu densitate a frunzelor mare, în partea inferioară a plantelor;
- înălțimea plantelor: 10 -35 cm;
- distanța între rânduri: 50 cm;
- lățimea efectivă a dispunerii plantelor pe rând: 45 cm;
- zona neacoperită între rânduri: 15 cm
- densitatea de plante: 150 pl/dm²;
- raportul de plante în cultură:
 - 10 % plante cu lungimea 0 -10 cm
 - 25 % plante cu lungimea 10 -20 cm;
 - 45 % plante cu lungimea 20 - 30 cm;
 - 20 % plante cu lungimea 30- 35 cm
 - procentul de frunze : 85 %;

Analizele spectrofotometrice au scos în evidență și pentru acest caz, diferențele de depunere în partea de sus, mijloc și bază a plantelor, atât pe fața cât și pe spatele frunzelor. Rezultatele din câmp au scos în evidență și ele, că stropirea cu picături încărcate oferă atât o creștere semnificativă a depunerii totale cât și a densității de depunere a picăturilor, comparativ cu stropirea cu picături neîncărcate.

Metode și materiale.

Dispozitivul de stropit utilizat a fost cel electrostatic centrifugal, de tip purtat, ușor de mânuit în timpul încercărilor. În timpul experimentului s-a operat cu tensiunile: $V_0 = 0$ V; $V_1 = 1.5$ V și $V_2 = 2.5$ V, debitele de 25, 50 și 100 ml/min și turația de 4.000 rot/min. Pentru alimentarea electrodului, s-a folosit sursa de înaltă tensiune mobilă, alimentată de la bateria de 12 V.

5.2.1- Organizarea terenului experimental în câmp

Experiențele în câmp s-au desfășurat pe o parcelă de teren de suprafață de 8 x 8 m, împărțită în 9 subparcelă (2 x 2 m), parcelarea făcându-se cu ajutorul unor jaloane (țăruși) din lemn (fig.5.39). O subparcelă reprezintă o suprafață pe care s-a stropit într-o anumită configurație, de debit și tensiune, în fiecare din acestea rândul stropit fiind cel din mijloc. Din rând s-a ales câte patru plante ca ținte, la distanța de 0,5 m între ele, pe care s-au montat folii de staniol (1,5 cm x 1,5 cm), la trei nivele, vârf, mijloc și bază, câte o folie pe față, respectiv pe spatele frunzelor. Fixarea foliilor pe frunze s-a efectuat cu agrafe de metal, astfel încât între frunze și folii să se realizeze un contact cât mai bun.

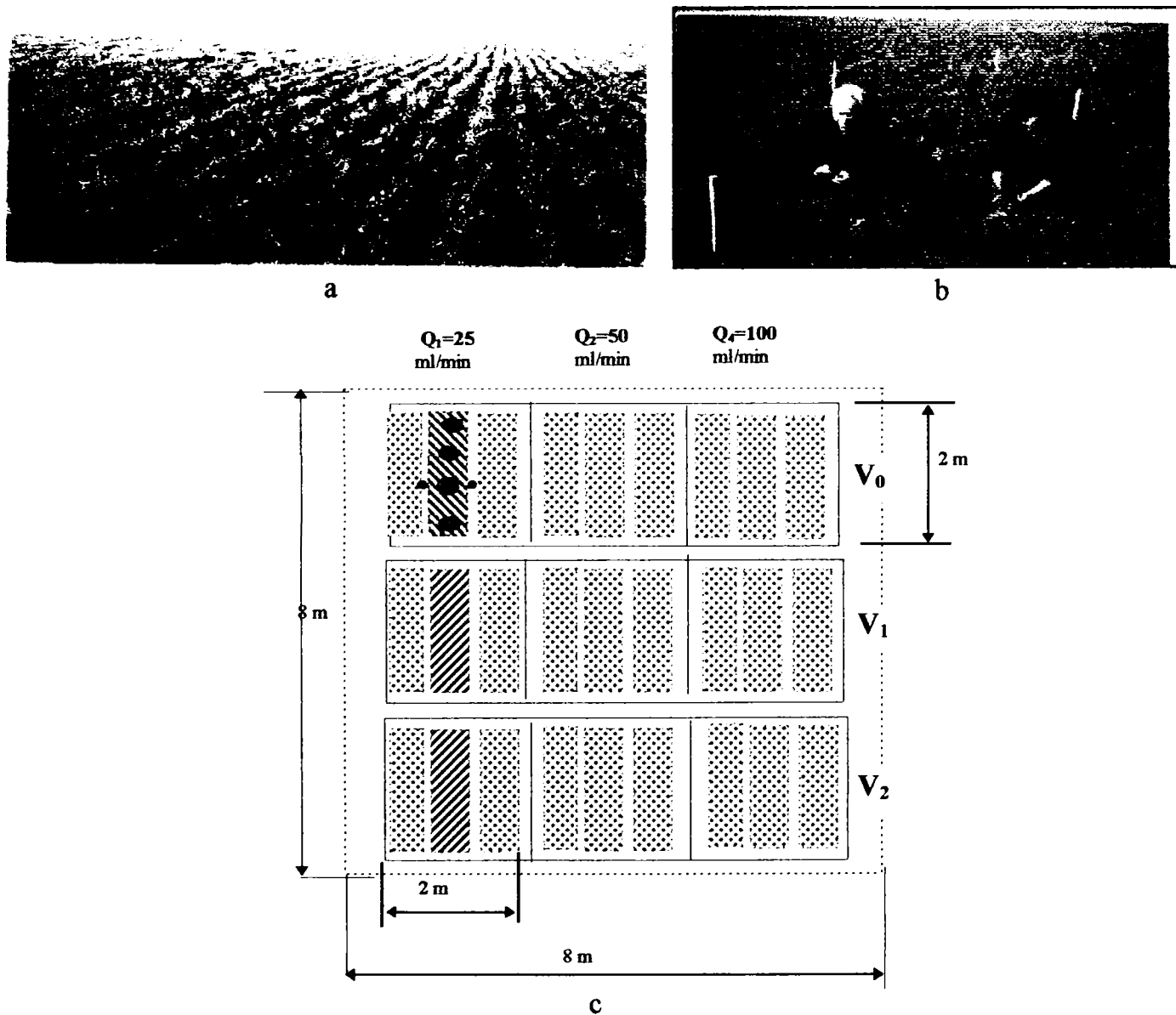


Fig. 5.39.- Prezentarea câmpului de experiențe.

a.- vedere generală; b.- marcarea și montarea foliilor de aluminiu; c.- organizarea parcelei.
 ● locul de montare a foliile pe plante; • locul de montare a foliile pe pământ.

Pentru estimarea depunerilor pe sol în intervalul dintre rânduri și pe rând, s-au așezat câte o folie de staniol de aceleași dimensiuni, în aceeași secțiune unde au fost montate foliile pe plante, fixa-

te în sol cu ajutorul unor ace cu gămălie (fig.5.40).

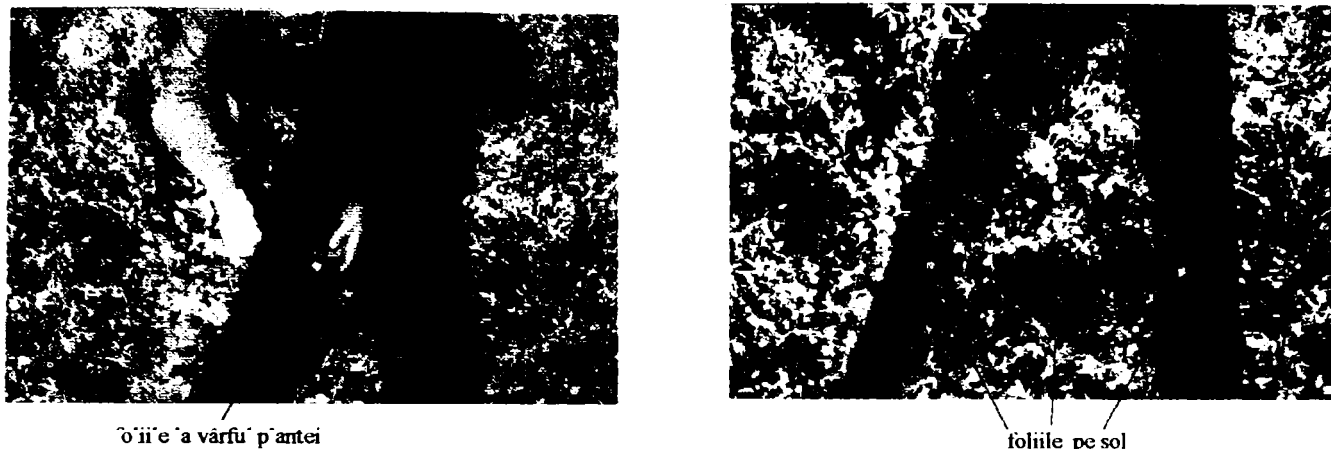


Fig.5.40.- Modul de amplasare a foliilor pe plante și pe sol

Prin aceste montaje s-a urmărit ca și în laborator:

- depunerea de substanță pe plante, în general;
- uniformitatea depunerii (în partea de sus, la mijloc și jos a plantei);
- depunerea pe fața și spatele frunzelor, la nivele și total;
- depunerea în intervalul dintre rândurile pe sol și pe rând.

Tehnica stropirii.

După umplerea rezervorului și pregătirea sursei de înaltă tensiune portabilă, dispozitivul centrifugal electrostatic a fost poziționat și deplasat pe direcția rândului din mijloc cu viteza de aproximativ 0,21 m/s, perpendicular pe direcția vântului, la o distanță de 30 cm față de vârful plantelor, astfel încât jetul de picături să acopere, în primul rând, rândul țintă, dar și cele alăturate (fig.5.41).



Fig.5.41.- Tehnica stropirii cu dispozitivul electrostatic centrifugal în câmp

5.2.2.- Măsurarea depunerii.

După 10 minute de la efectuarea stropitului, s-au cules mostrele separat pe nivele, pe fața și spatele frunzelor, de pe sol (interval și rând) și introdus în câte o pungă de plastic și duse în laborator (fig.5.42)

După recoltare a urmat:

- transportul pungilor cu folii în laborator;
- spălarea în 5 ml apă distilată a foliilor culese;
- substanța fluorescentă dizolvată în apă determină a anumită concentrație de fluorescent;
- stabilirea cantității depuse în funcție de concentrație s-a determinat cu ajutorul spectrofotometrului;
- prin raportarea cantității determinate la unitatea de suprafață (la fiecare nivel, față și spate) s-a stabilit cantitatea depusă [ng/cm^2];
- toate determinările s-au efectuat în condițiile reale din câmp unde se efectuează.



Fig.5.42.- Tehnica recoltării foliilor de pe plante

Spălarea foliilor s-a efectuat în vase de sticlă (pahare) în 5 ml apă distilată, și agitate timp de 15-20 minute, pentru dizolvarea completă a fluorescenței. Măsurarea depunerii s-a efectuat prin cuantificarea concentrației soluției rezultată din spălare, tot cu ajutorul spectrofotometrului. Suprafața foliilor de aluminiu, pentru fiecare loc de măsurare (față, spate) a fost de $2,25 \text{ cm}^2$. Pentru fiecare configurație (debit, tensiune), au fost câte 4 repetiții.

Rezultatele globale ale depunerii pe plante în condițiile din câmp sunt prezentate în Anexa 5.

În continuare s-a făcut o analiză comparativă cu rezultatele obținute în laborator, în ceea ce privește densitatea de depunere totală, la nivele, pe față și spatele frunzelor.

1.- Depunerea totală pe plante

Condițiile de câmp, reprezentate prin prezența vântului, care a produs o mișcare permanentă a plantelor (mai ales partea lor superioară) și desimea frunzelor la baza plantelor, a determinat o depunere cu următoarele caracteristici:

- **creșterea depunerii pe plante**, atât pe față cât și pe spatele frunzelor, în comparație cu experiențele din laborator a crescut de (tabelul 5.23):

- 1,04 ori în cazul neîncărcării și 1,15 ori în cazul încărcării la 2,5 kV, pentru $Q_1=25 \text{ ml}/\text{min}$;
- 1,08 ori în cazul neîncărcării și 1,09 ori în cazul încărcării la 2,5 kV, pentru $Q_2=50 \text{ ml}/\text{min}$;
- 1,10 ori în cazul neîncărcării și 1,08 ori în cazul încărcării la 2,5 kV, pentru $Q_3=100 \text{ ml}/\text{min}$;

Comparația între densitatea de depunere totală pentru cele 2 condiții Tabelul 5.23

Tipul de stropire	Debitul [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Densitatea de depunere [ng/cm^2]		
			totală		camp laborator
			câmp	lab.	
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0 \text{ kV}$	25	0.21	392,90 (0)	375,90 (0)	1,04
2.-Stropire cu dis. centrif. cu încărcare $V_2=2,5\text{kV}$			725,71 (1,85) ↑	630,70 (1,68) ↑	1,15
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0 \text{ kV}$	50	0.21	524,59 (0)	482,29 (0)	1,08
2.-Stropire cu dis. centrifugal cu încărcare $V_2=2,5\text{kV}$			1096,42 (2,09) ↑	1011,93 (2,09) ↑	1,09
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0 \text{ kV}$	100	0.21	643,22 (0)	580,66 (0)	1,10
2.-Stropire cu dis. centrifugal cu încărcare $V_2=2,5 \text{ kV}$			1306,89 (2,03) ↑	1213,58 (2,09) ↑	1,08

Dacă analiza se face numai asupra densității de depunere totale din câmp, se constată că aceasta are aceeași variație ca și cea din laborator (tabelul 5.24)

Densitatea de depunere pe toată planta

Tabelul 5.24

Tipul de stropire	Depunerea [ng/cm ²]			
	25 ml/min	50 ml/min	-	100 ml/min
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare V ₀ =0 kV	392,90 (0)	524,59 (0)	-	643,56 (0)
2.- Stropire cu dis. centrifugal cu încărcare V ₁ =1 kV	485,83 (1,23) ↑	862,92 (1,64) ↑	-	1044,87 (1,62) ↑
3.- " " " cu încărcare V ₂ =2,5 kV	725,71 (1,85) ↑	1096,42 (2,09) ↑	-	1306,89 (2,03) ↑

- densitatea de depunere crește odată cu creșterea debitului și a tensiunii de alimentare a electrodului;

- creșterea depunerii în cazul încărcării picăturilor (2,5 kV) este de: 1,85 ori mai mare la debitul de 25 ml/min, de 2,09 ori mai mare la debitul de 50 ml/min, respectiv de 2,03 ori la debitul de 100 ml/min, față de cazul picăturilor neîncărcate (nivelul 0).

Creșterea depunerii în condițiile din câmp, se datorează mișcării permanente a frunzelor plantelor datorită vântului, care a favorizat oarecum depunerea, în special pe spatele acestora. Efectul condițiilor din câmp este asemănător ca și cum dispozitivul de pulverizare-încărcare ar fi asistat de un jet de aer, picăturile fiind purtate către plante.

2.- din punct de vedere al depunerii la nivelele plantei, caracteristica esențială în acest caz, este că ea s-a realizat mai mult la vârful și mijlocul plantei, comparativ cu cea din laborator;

- însă, ca mod de variație, depunerea la nivele crește odată cu creșterea debitului și a tensiunii de alimentare a electrodului, respectiv, scade de la vârf către baza plantei.

a.- Influențele tensiunii și debitului de lichid s-au manifestat în aceeași manieră ca și în cadrul experimentelor din laborator: creșterea densității de depunere la nivele odată cu creșterea tensiunii și a debitului de lichid. Rezultatele comparative între cele obținute în câmp și laborator sunt prezentate în tabelul 5.25

Densitatea de depunere la diferite zone ale plantei

Tabelul 5.25

Tipul de stropire	Debitul (ml/min)	Viteza de deplasare (m/s)	Densitatea de depunere (ng/cm ²)								
			vârf			mijloc			bază		
			câmp	lab.	camp/lab	câmp	lab	camp/lab	câmp	lab	camp/lab
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare V ₀ =0 kV	25	0.21	194,56 (0)	180,21 (0)	1,07	139,92 (0)	136,68 (0)	1,02	58,42 (0)	58,26 (0)	1,001
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare V ₁ =1 kV			231,43 (1,19) ↑	211,34 (1,17) ↑	1,09	165,96 (1,19) ↑	141,61 (1,04) ↑	1,17	88,43 (1,51) ↑	88,25 (1,51) ↑	1,002
3.- " " " cu încărcare V ₂ =2,5 kV			342,36 (1,76) ↑	287,77 (1,60) ↑	1,18	238,86 (1,71) ↑	204,84 (1,50) ↑	1,16	144,48 (2,47) ↑	138,08 (2,37) ↑	1,04
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare V ₀ =0 kV	50	0.21	246,91 (0)	226,02 (0)	1,09	194,66 (0)	173,47 (0)	1,12	83,02 (0)	82,79 (0)	1,002
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare V ₁ =1 kV			405,72 (1,64) ↑	363,55 (1,61) ↑	1,11	297,03 (1,53) ↑	258,94 (1,49) ↑	1,14	160,15 (1,93) ↑	160,12 (1,93) ↑	1,00
3.- " " " cu încărcare V ₂ =2,5 kV			519,65 (2,10) ↑	481,16 (2,13) ↑	1,07	358,51 (1,84) ↑	332,27 (1,92) ↑	1,08	218,26 (2,63) ↑	198,48 (2,40) ↑	1,10
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare V ₀ =0 kV	100	0.21	305,94 (0)	268,37 (0)	1,13	229,80 (0)	209,44 (0)	1,09	107,47 (0)	102,83 (0)	1,04
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare V ₁ =1 kV			515,75 (1,69) ↑	368,55 (1,37) ↑	1,39	330,18 (1,44) ↑	281,95 (1,35) ↑	1,17	198,93 (1,85) ↑	172,79 (1,68) ↑	1,15
3.- " " " cu încărcare V ₂ =2,5 kV			636,49 (2,09) ↑	540,41 (2,01) ↑	1,17	408,67 (1,78) ↑	394,19 (1,88) ↑	1,03	261,72 (2,44) ↑	278,96 (2,71) ↑	0,93 ↓

- pentru încercările din câmp, la debitele utilizate, densitatea de depunere la vârful, mijlocul și baza plantei a crescut atât în cazul încărcării picăturilor, aproximativ de același număr de ori ca și la încercările din laborator;

- la încercările din câmp, densitatea de depunere pe nivele a crescut față de încercările din laborator (nivelul 0):

- de 1,07-1,18 ori la vârf, de 1,02-1,17 ori la mijloc și 1,001- 1,04 ori la baza plantei, pentru debitul de 25 ml/min;

- de 1,07 -1,11 ori la vârf, de 1,08 - 1,14 ori la mijloc și de 1,002-1,10 ori la baza plantei, pentru debitul de 50 ml/min;

-- de 1,13 -1,39 ori la vârf, de 1,03 - 1,17 ori la mijloc și de 0,93-1,15 ori la baza plantei, pentru debitul de 100 ml/min;

- în general, creșterea densității de depunere este mai mare în cazul încărcării picăturilor la regimul de 2,5 kV.

- creșterile densității de depunere în câmp sunt mai mari la vârful și mijlocul plantei și mai mici la baza plantei, justificată de desimea mare a frunzelor la baza plantelor de lucernă.

Mai sugestiv, creșterea densității la stropirile din câmp față de cele din laborator, numai pentru starea neîncărcat și încărcat, este prezentată în tabelul 5.26

Densitatea de depunere la nivelele plantei (câmp)

Tabelul 5.26.

Debitul ml/min	Tipul de stropire	Locul de experiment	Densitatea de depunere [ng/cm ²]			
			vârf	mijloc	baza	
25	Neîncărcat	laborator	180,21 (0)	136,68 (0)	58,26 (0)	
		câmp	194,56 (1,07) ↑	139,92 (1,02) ↑	58,42 (1,001) ↑	
	Încărcat (2,5 kV)	laborator	287,77 (0)	204,84 (0)	138,08 (0)	
		câmp	342,36 (1,18) ↑	238,86 (1,16) ↑	144,48 (1,04) ↑	
	50	Neîncărcat	laborator	226,02 (0)	173,47 (0)	82,79 (0)
			câmp	246,91 (1,09) ↑	194,66 (1,12) ↑	83,02 (1,002) ↑
Încărcat (2,5 kV)		laborator	481,16 (0)	332,27 (0)	198,48 (0)	
		câmp	519,65 (1,07) ↑	358,51 (1,08) ↑	218,26 (1,10) ↑	
100	Neîncărcat	laborator	268,37 (0)	209,44 (0)	102,83 (0)	
		câmp	305,94 (1,13) ↑	229,80 (1,09) ↑	107,47 (1,04) ↑	
	Încărcat (2,5 kV)	laborator	540,41 (0)	394,19 (0)	278,96 (0)	
		câmp	636,49 (1,17) ↑	408,67 (1,03) ↑	261,72 (0,93) ↓	

- singura configurație unde densitatea de depunere în câmp este mai mică decât în laborator, este pentru debitul de 100 ml/min, starea încărcată.

b.- distribuția procentuală a densității de depunere în cele trei zone ale plantei s-a modificat, comparativ cu încercările din laborator: densitatea de depunere a crescut la vârf și mijloc și a scăzut la baza plantelor, lucru explicabil prin neputința penetrării picăturilor datorită desimii frunzelor în partea de jos a plantelor de lucernă. Rezultatele comaparative sunt prezentate în tabelul 5.27.

Densitatea de depunere la diferite zone ale plantei (în %)

Tabelul 5.27

Tipul de stropire	Debitul [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Densitatea de depunere (%)					
			vârf		mijloc		bază	
			câmp	lab.	câmp	lab.	câmp	lab.
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	25	0.21	49,52	48,03	35,61	36,43	14,87	15,54
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare $V_1=1$ kV			47,64	47,90	34,16	32,09	18,20	20,01
3.- " " " $V_2=2,5$ kV			47,18	45,63	32,91	32,48	19,91	21,89
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	50	0.21	47,07	46,87	37,11	35,97	15,82	17,16
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare $V_1=1$ kV			47,02	46,45	34,42	33,09	18,56	20,46
3.- " " " $V_2=2,5$ kV			47,40	47,55	32,70	32,84	19,90	19,61
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	100	0.21	47,56	46,22	35,73	36,07	16,71	17,71
2.- Stropire cu dis. centrif. cu încărcare $V_1=1$ kV			49,36	44,76	31,60	34,25	19,04	20,99
3.- " " " $V_2=2,5$ kV			48,70	44,53	31,27	32,48	20,03	22,99

- și în condițiile din câmp, odată cu încărcarea picăturilor, distribuția depunerii la nivelele plantelor, este mai uniformă (planta stropită mai uniform):

- 47,18 % → 32,92 % → 19,90 % comparativ cu 49,52 % → 35,62 % → 14,86 % pentru debitul $Q_1=25$ ml/min și $V=2,5$ kV;

- 47,40 % → 32,70 % → 19,90 % comparativ cu 47,07 % → 37,11 % → 15,82 % pentru debitul $Q_2=50$ ml/min;




- 48,70 % → 31,27 % → 20,03 % comparativ cu 47,56 % → 35,73 % → 16,71 % pentru debitul $Q_4=100$ ml/min. În acest caz, depunerea mai mare este la vârf și bază, comparativ cu cazul neîncărcării.

- comparativ cu încercările din laborator, depunerea este mai mare la vârf și mijloc, dar mai mică la baza plantei, lucru explicabil prin densitatea mare a frunzelor în partea inferioară a plantelor;

3.- Depunerea pe fața și spatele frunzelor

În general, densitatea de depunere la fiecare nivel al plantelor [ng/cm^2] în cazul încercărilor din câmp, este mai mare decât la încercările din laborator. Acest aspect este rezultatul creșterii depunerii atât pe fața cât și spatele frunzelor, în special la vârf și mijlocul plantei.

În cazul experimentărilor din câmp se remarcă o creștere a densității de depunere pe spatele frunzelor, în special în cazul cu picături neîncărcate, explicată prin mișcarea permanentă a frunzelor sub influența vântului care a fost prezent pe toată perioada efectuării experiențelor, păstrându-și direcția, dinspre vest, în timp ce depunerea totală pe plantă a fost modestă. Rezultatele pe ansamblu privind depunerea pe ambele fețe a frunzelor în câmp, pentru ambele tipuri de stropire, sunt prezentate în tabelul 5.28

Debitul	Locul de depunere e lantă	Depunere pe fața și spatele frunzelor (%)						
		picături neîncărcate		picături încărcate ($V_2=2,5$ kV)				
		% din nivel	% din total	% din nivel	% din total			
25 ml/min		vârf	față	92,59	față: 93,59 spate: 16,41	față	77,63	față: 79,84 spate: 20,16
			spate	7,41		spate	22,37	
		mijloc	față	93,88		față	81,57	
			spate	6,12		spate	18,43	
		baza	față	96,24		față	82,20	
			spate	3,76		spate	17,80	
50 ml/min		vârf	față	89,59	față: 90,58 spate: 9,42	față	73,02	față: 76,55 spate: 23,45
			spate	10,41		spate	26,98	
		mijloc	față	90,44		față	78,92	
			spate	9,56		spate	21,08	
		baza	față	93,89		față	81,08	
			spate	6,11		spate	18,92	
100 ml/min		vârf	față	83,73	față: 86,00 spate: 8,07	față	78,13	față: 79,24 spate: 20,76
			spate	16,27		spate	21,87	
		mijloc	față	88,96		față	80,09	
			spate	11,04		spate	19,91	
		baza	față	91,50		față	80,59	
			spate	8,50		spate	19,41	
		față	92,80			față	78,23	

Analiza, în ceea ce privește densitatea de depunere pe fața frunzelor, comparativ cu cele obținute în laborator, a scos în evidență o creștere a acesteia în cazul condițiilor din câmp. Rezultatele încercărilor sunt ilustrate în tabelul 5.29, unde compararea s-a făcut numai pentru cazul încărcării la tensiunea, $V_2=2,5$ kV, pentru cele trei debite.

Densitatea de depunere la nivele pe fața frunzelor plantelor

Tabelul 5.29.

Tipul de stropire	Debitul [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Densitatea de depunere [ng/cm ²]								
			vârf			mijloc			bază		
			câmp	lab.	camp/lab	câmp	lab.	camp/lab	câmp	lab.	camp/lab
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	25	0.21	180,15 (0)	171,99 (0)	1,05	131,36 (0)	131,27 (0)	1,00	56,22 (0)	57,92 (0)	0,97
2.- " " " cu încărcare $V_2=2,5$ kV			265,77 (1,48) ↑	225,46 (1,31) ↑	1,17	194,84 (1,48) ↑	158,28 (1,21) ↑	1,23	118,76 (2,11) ↑	111,63 (1,93) ↑	1,06
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	50	0.21	221,19 (0)	216,38 (0)	1,02	176,05 (0)	167,37 (0)	1,05	77,95 (0)	82,32 (0)	0,94
2.- " " " cu încărcare $V_2=2,5$ kV			379,42 (1,72) ↑	374,53 (1,73) ↑	1,01	282,94 (1,61) ↑	259,84 (1,55) ↑	1,08	176,96 (2,27) ↑	156,45 (1,90) ↑	1,13
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0=0$ kV	100	0.21	256,16 (0)	251,04 (0)	1,02	204,42 (0)	200,42 (0)	1,01	98,34 (0)	101,89 (0)	0,96
2.- " " " cu încărcare $V_2=2,5$ kV			497,29 (1,94) ↑	422,79 (1,68) ↑	1,17	327,33 (1,60) ↑	309,26 (1,54) ↑	1,05	210,92 (2,14) ↑	232,33 (2,28) ↑	0,90

- pe ansamblu, densitatea de depunere din câmp este mai mare decât în laborator:
- de 1,01 - 1,17 ori la vârful plantelor și de 1,00 - 1,23 ori la mijlocul acestora, iar la baza plantelor, sunt situații când aceasta este mai mică (0,90 - 0,97).

În ceea ce privește densitatea de depunere **pe spatele frunzelor**, ea este mai mare la vârful și mijlocul plantei și mai mică la baza plantei, decât în laborator (tabelul 5.30).

Densitatea de depunere la nivele pe spatele frunzelor plantelor

Tabelul 5.30

Tipul de stropire	Debitul [ml/min]	Viteza de deplasare [m/s]	Densitatea de depunere [ng/cm ²]								
			vârf			mijloc			bază		
			câmp	lab.	camp / lab	câmp	lab	camp / lab	câmp	lab	camp/lab
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0 = 0$ kV	25	0.21	14,41 (0)	8,23 (0)	1,75	8,55 (0)	5,41 (0)	1,58	2,19 (0)	0,34 (0)	7,02
2.- " " " cu încărcare $V_2 = 2,5$ kV			76,59 (5,31) ↑	62,32 (7,57) ↑	1,22	44,01 (5,14) ↑	46,56 (8,61) ↑	0,94	25,71 (11,70) ↑	26,43 (78,14) ↑	0,97
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0 = 0$ kV	50	0.21	25,71 (0)	9,64 (0)	2,66	18,60 (0)	6,11 (0)	3,04	5,07 (0)	0,47 (0)	10,78
2.- " " " cu încărcare $V_2 = 2,5$ kV			140,22 (5,45) ↑	106,63 (11,06) ↑	1,31	75,57 (4,06) ↑	72,44 (11,86) ↑	1,02	41,29 (8,14) ↑	42,03 (89,41) ↑	0,95
1.- Stropire cu dispozitiv centrifugal, fără încărcare $V_0 = 0$ kV	100	0.21	49,78 (0)	17,34 (0)	2,87	25,38 (0)	9,03 (0)	2,81	9,13 (0)	0,95 (0)	9,61
2.- " " " cu încărcare $V_2 = 2,5$ kV			139,20 (2,80) ↑	117,63 (6,79) ↑	1,18	81,34 (3,21) ↑	84,94 (9,41) ↑	0,95	50,79 (5,56) ↑	46,63 (49,08) ↑	1,08

- raportul câmp/ laborator este în general mai mare de 1, (1,18 - 2,87 la vârf, 1,02 - 3,04 la mijloc și 1,08 - 10,78 la baza). Excepție fac decât puține situații, când acest raport este mai mic decât 1.

Ca și în laborator, pe total plantă, densitatea de depunere pe față și spatele frunzelor, în cazul încărcării picăturilor la 2,5 kV, comparativ cu cazul de neîncărcare, crește:

- pe fața frunzelor:

- de 1,58 ori la debitul de 25 ml/min; de 1,77 ori la debitul de 50 ml/min și de 1,83 ori la debitul de 100 ml/min;

- pe spatele frunzelor:

- de 5,81, 5,20 și 3,22 ori pentru aceleași debite (tabelul 5.31)

Rapoartele de creștere a densității de depunere pe total plantă

Tabelul 5.31

Debitul		25 ml/min	50 ml/min	-	100 ml/min
TOTAL plantă	față	1,58 ↑	1,77 ↑	-	1,83 ↑
	spate	5,81 ↑	5,20 ↑	-	3,22 ↑

- dacă pe fața frunzelor, rapoartele de creștere în câmp sunt comparabile cu cele din laborator, în schimb, pe spatele frunzelor ele sunt mai mici decât în cazul datelor din laborator. Acest aspect este determinat de faptul că, densitatea de depunere pe spatele frunzelor este mai mare chiar și în cazul neîncărcării picăturilor.

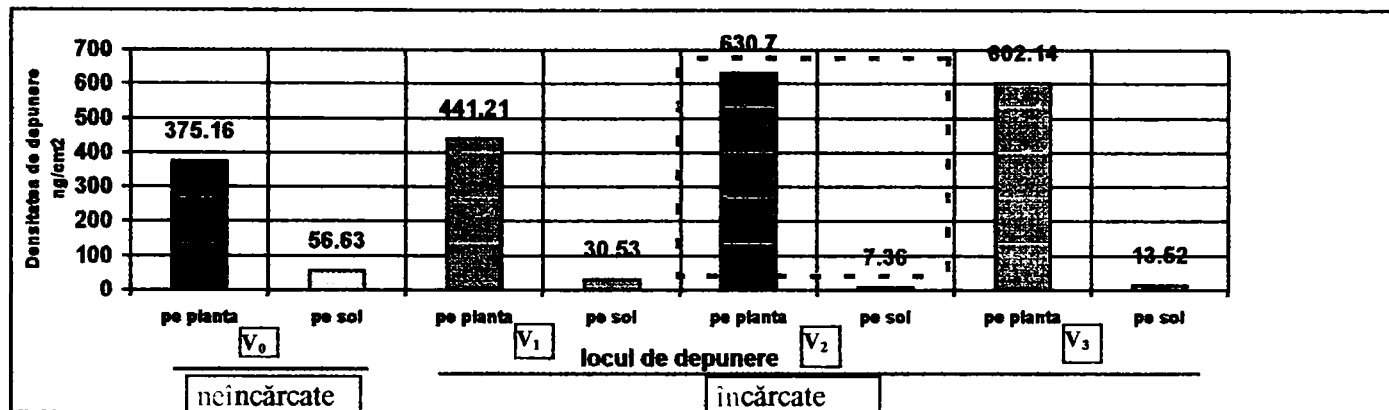
5.3.- Depunerea pe sol

În principal, depunerea picăturilor pe sol este influențată semnificativ de stadiul de dezvoltare a plantelor din cultură. Descrește odată cu creșterea plantelor, deoarece în acest stadiu plantele acoperă bine atât spațiul dintre ele cât și între rânduri, împiedicând într-o anumită măsură ajungerea picăturilor pe sol.

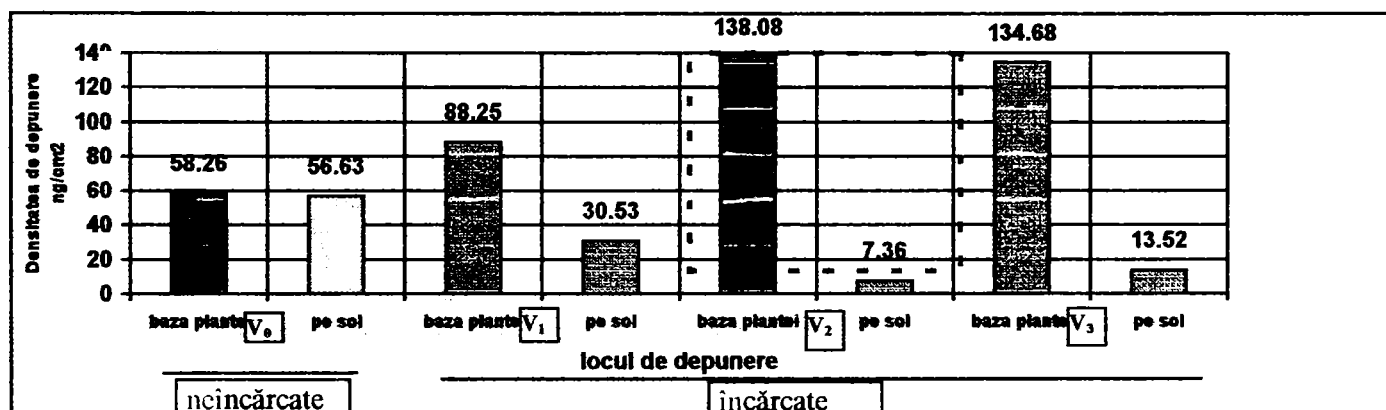
A fost analizată doar depunerea picăturilor pe suprafața solului sub plante și la 15 cm distanță în afara rândului, *pentru stabilirea performanțelor tehnice* în primul rând ale stropirii cu picături încărcate cu sarcină electrică, dar și ale echipamentului de încărcare, cantitățile depuse fiind în corelație cu eficiența depunerii. Substanța depusă a fost colectată prin plasarea pe sol în locurile respective, a câte unei lamele din folie de aluminiu (4 x 4 cm), fixarea acestora pe sol realizându-se cu ace cu gămălie, pentru a exista un contact cât mai bun cu solul (masa).

În cadrul încercărilor nu a fost analizată deriva picăturilor la distanțe mai mari, deoarece acest lucru a fost bine scos în evidență de V. Stamate [139].

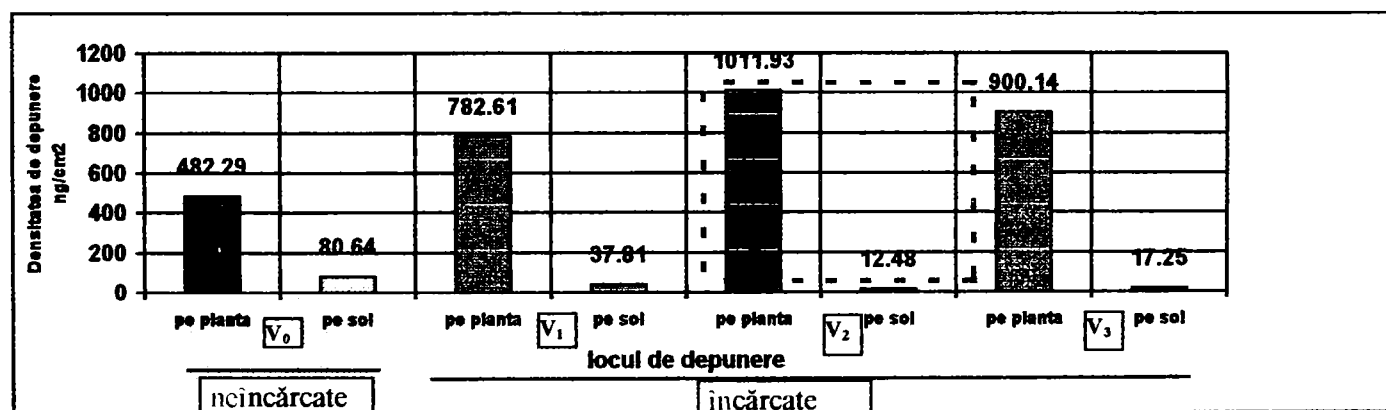
Analiza autorului din punctul de vedere al "derivei" picăturilor sub coroana plantelor, (depunerea pe sol sub plantă), a scos în evidență faptul că, în cazul folosirii încărcării, cantitatea de substanță ajunsă pe plantă este mult mai mare, respectiv, cea ajunsă sub plantă mult mai mică. La încercările din laborator, comparația în ceea ce privește densitatea de depunere la nivelul întregii plante -sol, sau baza plantei-sol, pentru toate debitele, este prezentată în fig.5.43



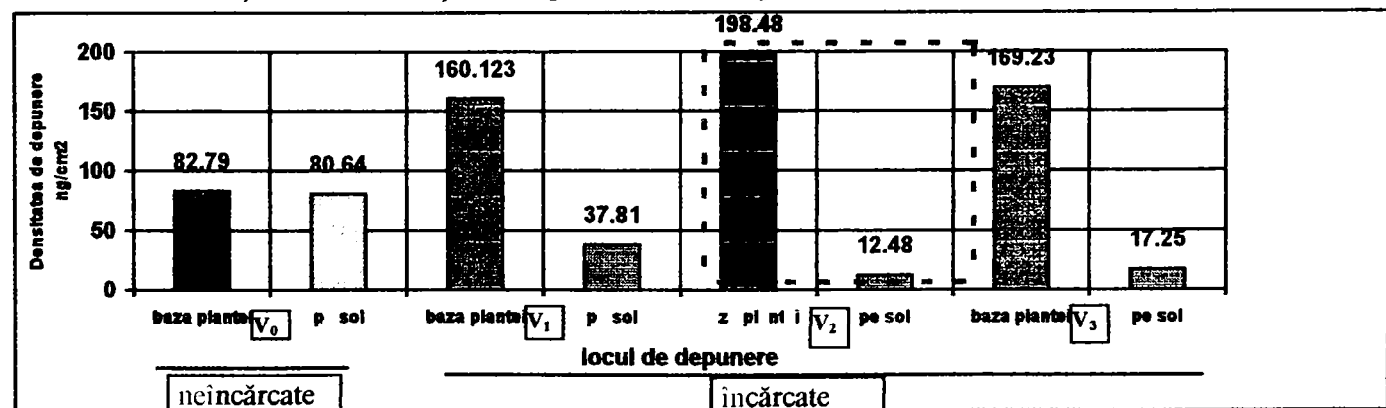
a₁.- diferențele între densitățile de depunere la nivelul plantei și sol, pentru debitul de 25 ml/min



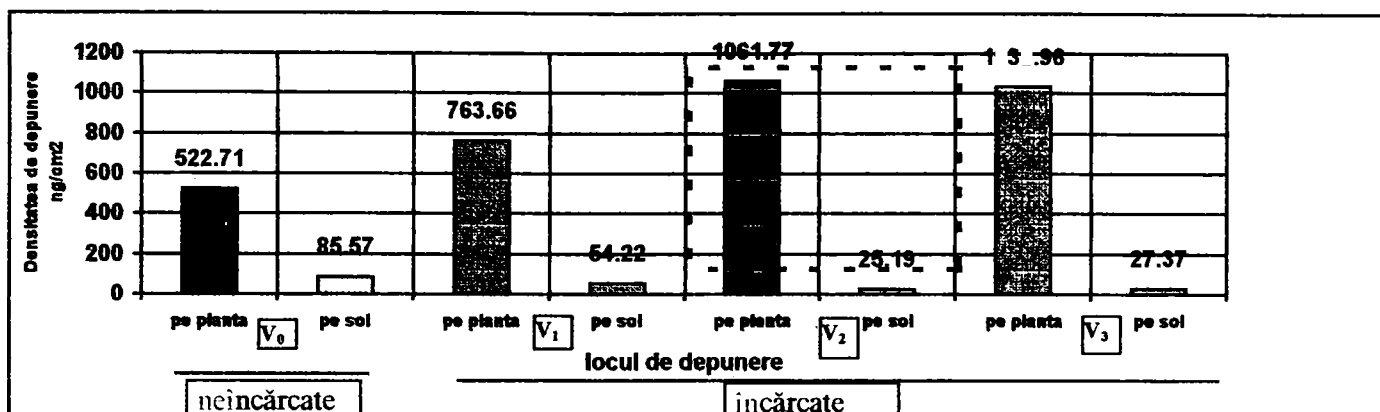
a₂.- diferențele între densitățile de depunere la baza plantei și sol, pentru debitul de 25 ml/min



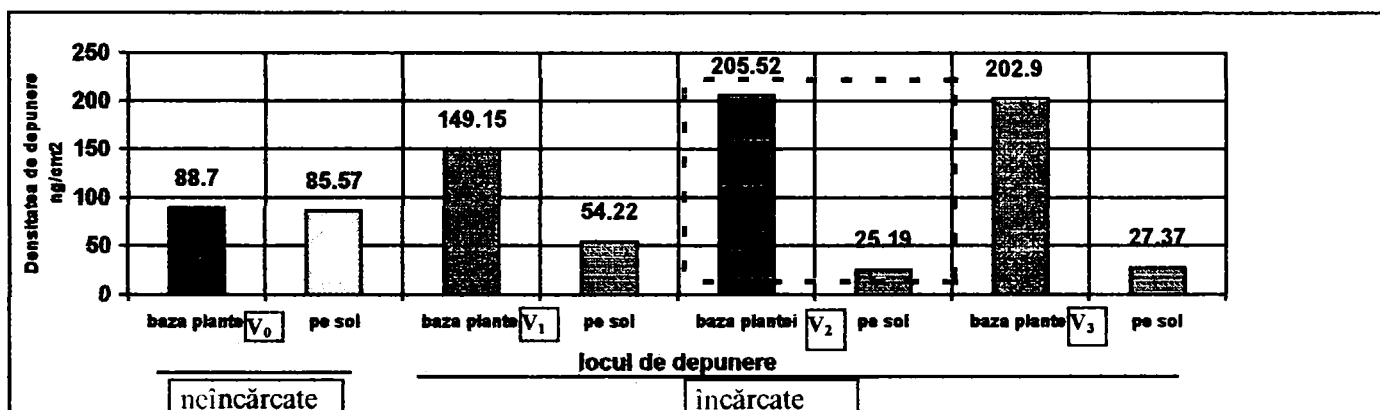
b₁.- diferențele între densitățile de depunere la nivelul plantei și sol, pentru debitul de 50 ml/min



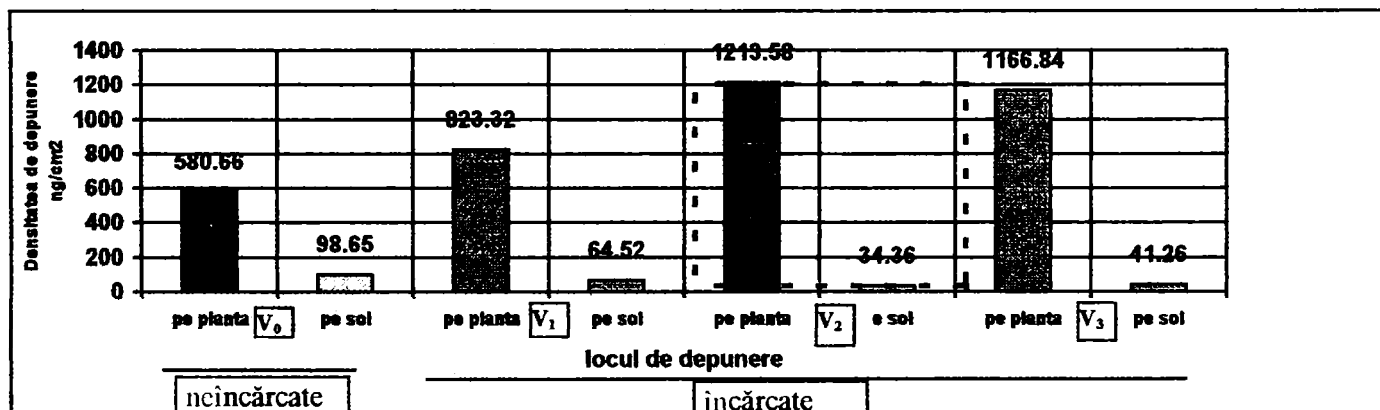
b₂.- diferențele între densitățile de depunere la baza plantei și sol, pentru debitul de 50 ml/min
Fig.5.43. -Densitățile de depunere pe sol sub plantă, și la 15 cm față de rând.



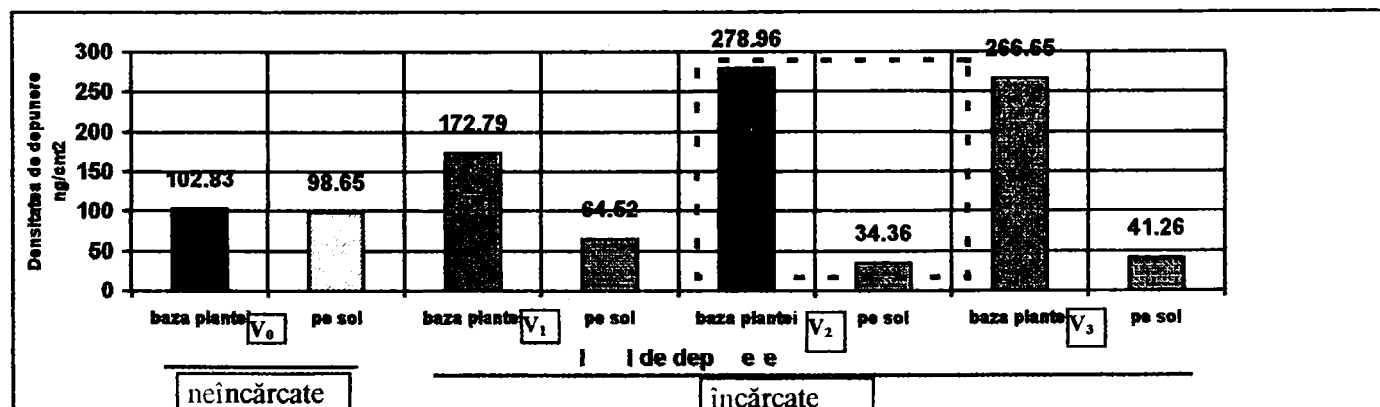
c₁- diferențele între densitățile de depunere la nivelul plantei și sol, pentru debitul de 75 ml/min



c₂- diferențele între densitățile de depunere la baza plantei și sol, pentru debitul de 75 ml/min



d₁- diferențele între densitățile de depunere la nivelul plantei și sol, pentru debitul de 100 ml/min



d₂- diferențele între densitățile de depunere la baza plantei și sol, pentru debitul de 100 ml/min

Fig.5.43. -Densitățile de depunere pe sol sub plantă și la 15 cm față de rând(continuare)

În câmp, densitățile de depunere în același loc,(sub plantă și pe interval) sunt mai mici decât în laborator, datorită desimii frunzelor plantelor la baza acestora, însă pe intervalul dintre rânduri,

densitățile sunt de același ordin de mărime (Anexa 5).

Din analiza derivei pe sol sub plantă se desprind următoarele:

- densitatea de depunere pe sol sub plante, scade odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrodului;
- densitatea de depunere pe sol sub plante, crește odată cu creșterea debitului de lichid;
- depunerea cea mai mică pe sol sub plantă, este la debitul de 25 ml/min și $V_2 = 2,5$ kV;

Comparația depunerii pe sol, atât sub plantă cât și pe interval, în cazul stropirii cu picături neîncărcate și încărcate ($V = 2,5$ kV) este prezentată în fig. 5.44)

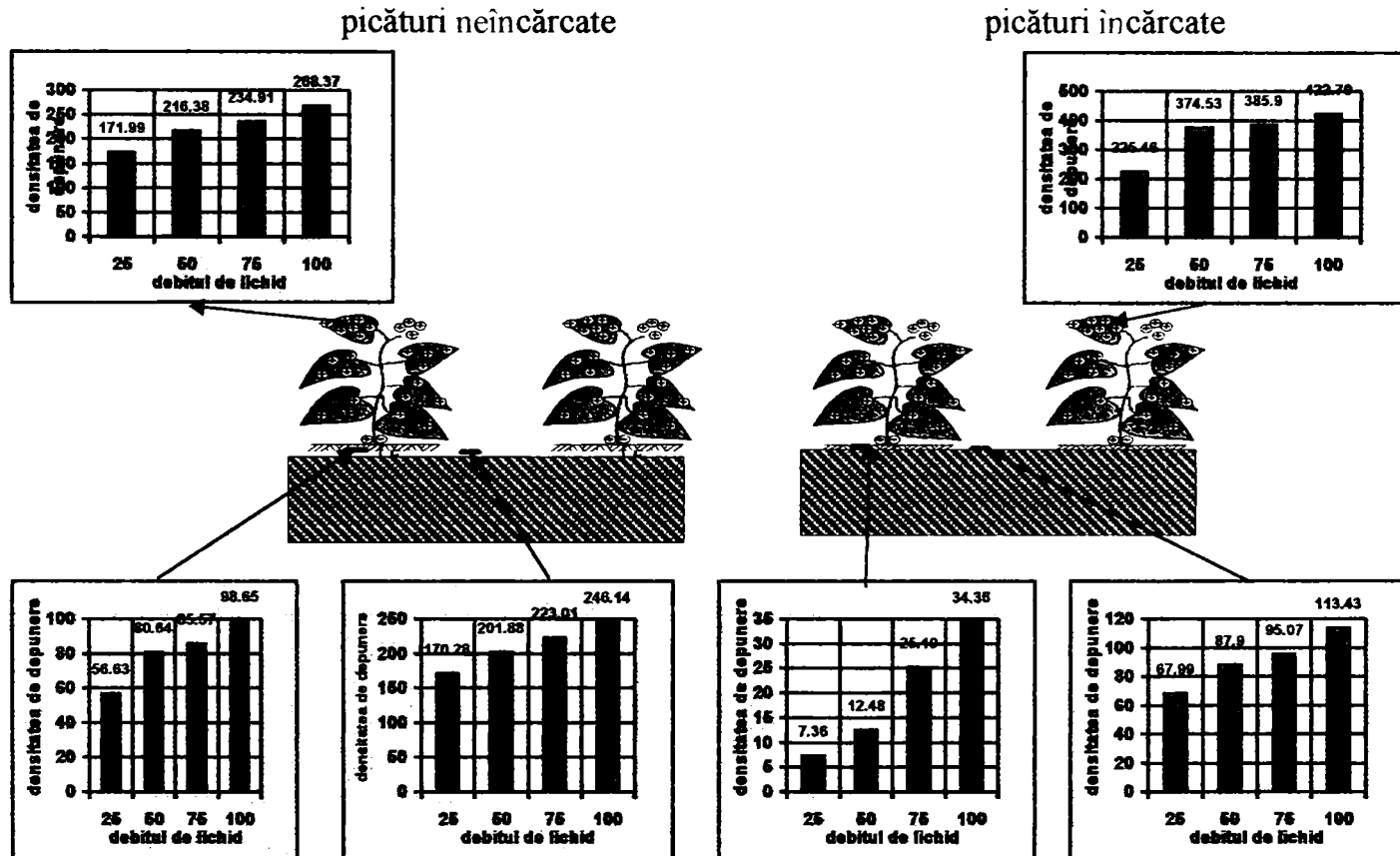


Fig. 5.44. - Comparația depunerii pe sol pentru cele două tipuri de stropire

Din analiza în detaliu a depunerii pe sol sub plantă și pe interval, pentru toate debitele, la stropirea fără încărcare și cu încărcare, rezultă următoarele:

- densitatea de depunere pe intervalul dintre rânduri, scade odată cu încărcarea picăturilor, cele mai mici valori fiind la tensiunea de 2,5 kV;
- densitatea de depunere pe intervalul dintre rânduri, crește odată cu creșterea debitului de lichid;
- cea mai mică derivă pe sol, atât sub plante cât și pe interval, este la debitul de 25 ml/min și 2,5 kV, când picăturile au sarcină mare și mobilitate bună;
- la stropirea fără picături încărcate, depunerea pe interval este comparabilă cu depunerea pe fața frunzelor, la vârful plantelor;
- la stropirea cu picături încărcate (2,5 kV), depunerea pe interval este în general de 0,4 ori comparativ cu depunerea pe față și la vârful plantelor;
- în funcție de tensiunea electrodului, depunerea pe interval este 80 %, 40 % și 65 % din depunerea la vârful plantei și fața frunzelor, ceea ce înseamnă că pe plantă se depune o cantitate mai mare de substanță, favorizată de atracția picăturilor datorită forțelor electrostatice.

Din analiza depunerii pe sol, se desprinde concluzia generală: la încărcarea picăturilor, depunerea pe sol (deriva) este cu mult mai mică decât în cazul neîncărcării.

5.4.- Concluzii

1.- Cercetările experimentale, efectuate în laborator și câmp, au scos în evidență un aspect foarte important: și la cele mai mici valori ale umidității solului (secetă mare, rezistența plantă-sol mare), prin plantă are loc un transfer de sarcină, a cărei mărime este dependentă de un complex de factori.

2.- Prin această constatare, se dă un răspuns ipotezelor emise de mulți practicieni, că la plantele cu rezistență de conducție mare (în stare de ofilire), sarcina indusă pe suprafața frunzelor și tulpinii, nu ar atinge un nivel suficient de mare, într-un timp foarte scurt, care să favorizeze depunerea electrostatică a picăturilor (aparitia forțelor electrostatice).

3.- Micșorarea capacității de transfer a plantelor, este determinată, nu de creșterea rezistenței plantei prin ofilire, ci mai mult pe micșorarea ariei frunzelor, odată cu ofilirea, ce are efect, o micșorare a capacității plantei, respectiv, micșorarea sarcinii de suprafațăce trebuie indusă și transferată; Reducerea capacității de transfer a plantelor, în cazul experimentului, a apărut numai când ele au fost aproape în stare uscată;

4.- Chiar și în cazul când există o împământare bună a plantei în sol, sarcina electrică rezultată prin depunerea picăturilor încărcate pe plante, nu părăsește instantaneu pe aceasta, ci numai după o perioadă de timp, generând o scădere a eficienței depunerii;

5.- Umiditatea relativă a aerului, afectează conductibilitatea suprafeței plantei, și poate crea o cale bună de scurgere a sarcinii prin plantă/spre sol, chiar și în cazul când planta suferă de secetă;

6.- În ceea ce privește încărcarea picăturilor cu sarcină electrică, la cele 2 echipamente, s-a constata că, raportul sarcină/masă crește odată cu tensiunea de alimentare și scade cu creșterea debitului. Cea mai mare încărcare, pentru echipamentul centrifugal, s-a obținut la tensiunea de 2,5 kV, debitul de 25 ml/min și turația discului, 4.000 rot/min;

7. Densitatea de depunere, la toate nivele, crește cu creșterea debitului și a tensiunii de alimentare. De exemplu, pentru echipamentul centrifugal:

- Creșterea pe total plantă este de 1,68...2,09 ori mai mare decât în cazul neîncărcării ;
- La nivelele plantei, creșterea este de 1,60...2.13 ori, la vârf, 1,50...1,92 ori la mijloc și 2,37...2,71 ori la bază ;
- Pe fața frunzelor: 1,31..1,73 ori la vârf, 1,21...1,54 ori la mijloc și 1,93...2,28 ori la bază;
- Pe spatele frunzelor: 6,74...11,06 ori la vârf, 8,61...11,86 ori la mijloc și 49,08...89,41 ori la bază;
- Distribuția de substanță este: 46,1 % la vârf, 32,8 % la mijloc și 21,1 % la bază, mult îmbunătățită față de cazul neîncărcării;
- Deriva pe sol, atât sub plantă cât și la o anumită distanță de plantă, scade pentru toate debitele, odată cu încărcarea picăturilor;
- În câmp, densitatea de depunere, în general este mai mare decât în laborator, iar pe nivele distribuția (la 50 ml/min) este: 47,18 % la vârf, 32,91 % la mijloc și 19,91 % la bază;
- În câmp, depunerea pe spatele frunzelor este mai mare decât în laborator, datorită agitării permanente a frunzelor, din cauza vântului;

CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE. RECOMANDĂRI

6.1.- Importanța cercetării și atingerea obiectivelor propuse.

În practica agricolă sunt folosite peste 100.000 de preparate de combatere (fungicide, erbicide, insecticide), cu diferite grade de toxicitate și remanență, care prin neaplicarea corespunzătoare (cantități mari de soluție la hectar), a generat apariția de reziduri toxice în sol, cu efecte negative în poluarea solului, apei și a produselor agricole, unele dintre acestea având influențe mutagene și cancerigene asupra organismelor vii: animale, păsări, pești, albine și în special oameni. Căile prin care substanțele toxice ajung în organismele vii sunt, atât apa și aerul, cât și produsele agricole. Odată cu poluarea mediului, prin folosirea de cantități mari de soluție, cresc cheltuielile pe unitatea de suprafață.

Electrostatica, datorită posibilităților multiple de apariție, precum și a efectelor pe care le are, este utilizată în multe procese agricole, legate în special de stimularea încolțirii semințelor și creșterea plantelor, dar și-a deschis drum și în aplicarea soluțiilor toxice în cadrul lucrărilor de combatere a bolilor și dăunătorilor (stropirea electrostatică). Necunoașterea corectă și amănunțită a unor fenomene legate de încărcarea picăturilor cu sarcină electrică, a comportamentului din punct de vedere electric a plantelor cu efecte majore în eficiența depunerii, a folosirii unor tensiuni mari la încărcare (7-15 kV), cât și expunerea la pericolul electrocutării a personalului de deservire a echipamentelor, a determinat ca aceasta să fie aplicată decât în puține țări din lume.

Lucrarea de față, și-a propus, să clarifice toate fenomenele implicate în stropirea cu picături încărcate, astfel încât aceasta să devină o metodă de bază în efectuarea lucrărilor de combatere chimică din agricultură și, în primul rând în România.

Principalele atuuri ale aplicării stropirii electrostatice în agricultură, sunt:

- reducerea volumului de soluție toxică, prin folosirea picăturilor mici și diminuarea derivei acestora;
- creșterea gradului de acoperire a plantelor cu substanță toxică, în toate zonele și pe ambele fețe a frunzelor, prin integrarea forțelor electrostatice, în deplasarea și depunerea picăturilor pe plante;
- reducerea poluării solului, produselor agricole, apei și mediului înconjurător.

Pentru atingerea acestor obiectivelor, a fost necesară rezolvarea următoarelor aspecte:

1.- Analiza procedeelelor actuale de combatere și cerințelor tehnice și bio-tehnologice pentru implementarea stropirii electrostatice;

2.- Studii aprofundate asupra caracteristicilor fizice și electrice ale produselor de combatere, care influențează eficacitatea stropirii electrostatice, a modului de aplicare a acestor produse, a factorilor de care depinde reținerea și transportul produsului toxic în plante;

3.- Analiza metodelor de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor de lichid toxic;

4.- Analiza critică a sistemelor și echipamentelor de pulverizare-încărcare, încercate de diferite grupuri de cercetători, sau folosite în practica agricolă, în țară și pe plan mondial;

5.- Modelarea teoretică a procesului de pulverizare a lichidelor de combatere, realizat cu ajutorul duzelor cu jet în evantai (Tee-Jet) și centrifugal, stabilindu-se parametrii pânzei la rupere și ai picăturilor formate, în vederea încărcării lor cu sarcină electrică și deplasării către plante ;

6.- Modelarea teoretică a încărcării cu sarcină electrică a picăturilor prin influență electrică, stabilindu-se parametri încărcării pânzei și picăturilor;

7.-Studiul teoretic, asupra aspectelor privind comportarea plantelor din punct de vedere electric: inducerea de sarcină electrică și transferul acesteia prin plantă, depunerea picăturilor pe plante în corelație cu umiditatea solului și calitățile conductive a acestora;

8.- Stabilirea metodicii, montajelor de experiment, cât și alegerea aparaturii și echipamentelor de pulverizare-încărcare în vederea analizei:

- comportamentului din punct de vedere electric a plantelor sub acțiunea unui câmp electric artificial, sau în prezența directă a norului de picături încărcate: curentul de poziție, de depunere și cel al descărcărilor corona;
- parametrilor de încărcare cu sarcină a picăturilor (raportul sarcină/masă), pentru două echipamente: unul prevăzut cu duze cu jet în evantai (debite mari și picături de diametru mare) și celălalt centrifugal (debite și picături mici), la diferite debite, tensiuni de alimentare și turații ale discului;
- determinarea caracteristicilor de depunere (densitatea de depunere totală, la nivele, pe fața și spatele frunzelor), sub influența diversilor factori (debit, tensiune, turație, tip plantă), a eficienței depunerii pe toată planta și pe nivelele acesteia, depunerea pe sol în anumite zone, în condiții de laborator și câmp.

6.2.- Concluzii asupra cercetărilor teoretice și contribuțiile personale în domeniu

6.2.1.- Concluzii asupra cercetărilor teoretice

1.- Stropirea electrostatică a plantelor agricole, este un proces tranzitoriu foarte complex, cu o durată cuprinsă între 300 ms-1s, timp în care conducția electrică a plantei trebuie să fie corespunzătoare, pentru a se stabili o distribuție a sarcinilor adecvată, care să mențină planta la potențialul solului, pe tot intervalul de interacțiune a acesteia, cu norul de picături încărcate care se apropie.

2.- Succesul stropirii electrostatice în combaterea bolilor și dăunătorilor (dirijarea picăturilor încărcate spre plante), exprimat prin cantitatea și calitatea depunerii de substanță toxică activă pe întreaga plantă (uniformitatea, locul de depunere), depinde de:

- caracteristicile picăturilor încărcate cu sarcină (dimensiuni, nivel de încărcare, viteză) dependente de modul de realizarea a picăturilor, metoda de încărcare, modul de deplasare și pătrundere către plante;
- comportamentul plantelor din punct de vedere electric, exprimat prin capacitatea plantelor de a crea un câmp electric ca răspuns la câmpul electric generat norul de picături încărcate, care se apropie de acestea (inducerea de sarcină electrică în plante), și capacitatea plantelor de a transfera sarcina indusă, către sol, prin legatura, rădăcină-sol.
- Raportul sarcină/masă este cu atât mai mare, cu cât picăturile sunt mai mici, astfel că, în apropierea plantelor, picăturile mici și încărcate cu sarcină electrică, se deplasează nu sub acțiunea forței gravitaționale, ci sub acțiunea forțelor electrostatice, de jos în sus, acoperind fața și spatele frunzelor și tulpina;
- Plantele, trebuie să asigure inducerea de sarcini electrice de semn opus sarcinii norului, adică pe suprafața frunzelor, ramurilor și tulpinii, să apară într-un timp foarte scurt (dacă este posibil instantaneu), la apropierea norului de picături încărcate negativ, sarcini induse de polaritate pozitivă, care să favorizeze prin atracție electrică (forțe Coulomb), depunerea acestora pe plante.
- O plantă incapabilă să transfere sarcina electrică rezultată din depunerea picăturilor încărcate pe suprafața sa (nelegată corespunzător la pământ, sau ofilită), va acumula o sarcină de aceeași polaritate cu cea a picăturilor, care va respinge orice altă picătură care se apropie de plantă, diminuând în acest fel depunerea.

3.- Pulverizarea lichidului toxic, care constă în fragmentarea unei pelicule(vâne) subțiri de lichid, rezultată la ieșirea dintr-un orificiu calibrat (duză) sub acțiunea unei presiuni, sau la periferia

unui disc în mișcare de rotație (centrifugal), determină formarea de picături cu un spectru larg de diametre, dependent de caracteristicile duzei sau ale discului și proprietățile fizice ale lichidului. Caracteristicile peliculei și a picăturilor, influențează modul și nivelul de încărcare, deplasarea și depunerea lor pe plante.

4.- Pentru încărcarea picăturilor cu sarcină electrică, deși pe plan mondial sunt cunoscute și aplicate mai multe metode (prin contact, în câmp cu descărcări locale corona, prin influență electrică), cea mai corespunzătoare pentru "mediile murdare" (aer cu impurități cum este cel în timpul desfășurării lucrărilor agricole de combatere) și preparatele pe bază de apă (folosite mult în agricultură la ora actuală), care folosește tensiuni mici de alimentare a electrozilor, este metoda de încărcare prin influență electrică. Metoda aplicabilă numai în cazul peliculelor, subțiri și compacte înainte de destrămarea, permite încărcarea picăturilor cu sarcină electrică negativă, prin care le asigură o mobilitate ridicată comparativ cu încărcarea pozitivă, determinând o depunere eficientă a picăturilor;

5.- Pentru a fi posibilă formarea și încărcarea picăturilor, produsele pe bază de apă, trebuie să aibă anumite caracteristici fizice și electrice, care să favorizeze atât formarea, cât și încărcarea prin influență electrică, fără a se depăși limita maximă de încărcare (limita Rayleigh):

- greutatea specifică, densitatea soluțiilor, vâscozitatea și tensiunea superficială a preparatelor, sunt proprietățile care prefigurează dimensiunile picăturilor;
- conductivitatea și permitivitatea electrică, sunt proprietățile care indică alegerea metodei de încărcare, ele influențând timpul de încărcare și nivelul sarcinii cu care se încarcă picăturile;
- tensiunea superficială, este proprietatea preparatelor care dictează în primul rând dimensiunile picăturilor și capacitatea de umezire la depunerea pe frunze, iar în al doilea rând, capacitatea de încărcare cu sarcină, până la limita Rayleigh
- la încărcarea prin influență electrică, sunt folosite numai preparatele care au conductivitate electrică bună și anume, preparatele pe bază de apă.

6.- Prametrii încărcării prin influență electrică, depind de forma și mărimea câmpului electric:

- inducerea maximă de sarcină de polaritate negativă, se obține numai dacă zona de rupere a peliculei de lichid (zona terminală a acesteia), se găsește în regiunea în care intensitatea câmpului electric creat între, electrod (+) și peliculă(-), este maximă;
- o valoare mare a intensității câmpului electric, la tensiuni mici de alimentare a electrozilor, poate fi realizată numai dacă aceștia au o anumită formă și sunt conectați la plusul sursei de înaltă tensiune (1-5 kV);
- nivelul încărcării picăturilor prin influență electrică, depinde în foarte mare măsură, de timpul efectiv în care are loc transferul de sarcină în pelicula de lichid(0,35 ms), timp mult mai mic, decât timpul de formare a picăturilor, estimat la 1-1,7 ms.

7- Datele obținute pe modelele simulate pe calculator, cu programul QFIELD, au scos în evidență creșterea sarcinii pe suprafața peliculei de lichid, odată cu creșterea tensiunii de alimentare a electrodului și poziționarea acestuia față de punctul unde are loc ruperea peliculei;

8.-Rezultatele analizei teoretice a arătat că:

a. - pentru dispozitivul cu duze TeeJet.

- Sarcina specifică maximă se obține pentru varianta cu $\delta=0$ ($q=-33,22$ pC), adică atunci când suprafața frontală, a vânei de lichid se află pe direcția muchiei electrodului;
- Dimensiunea axială a electrodului, nu influențează sensibil sarcina specifică, însă pentru o lungime mai mare de 2.5 mm, picăturile încărcate pot fi atrase de electrod;
- Dimensiunea jetului de lichid, trebuie să fie cât mai mică (r_v mic), limitată însă de rigiditatea mediului duză-electrod și diferenței de potențial;
- Dacă se are în vedere influența norului de picături încărcate din apropierea zonei de formare a picăturilor, sarcina finală cu care se încarcă partea frontală a vânei, scade;
- Prin optimizarea formei electrodului, rezultă o creștere a sarcinii la -45,59 pC.

b.-pentru dispozitivul centrifugal

- Modelul pentru care se obține cea mai mare încărcare cu sarcină a peliculei, în partea sa

frontală, este varianta "j", sarcina teoretică rezultată fiind, -731,2 pC, mult mai mare decât pe variantele propuse de alți autori.

- Dacă se are în vedere influența sarcinii norului de picături încărcate, sarcina finală indusă în partea frontală a peliculei de lichid scade la -708 pC, iar sarcina specifică este $5,12 \mu\text{C}/\text{m}^2$.

9.- Deplasarea picăturilor încărcate trebuie să se facă în câmpul electric generat de sarcina spațială a norului ($-3 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^3$, respectiv $-5 \cdot 10^{-3} \text{ C}/\text{m}^3$), care este un câmp suficient pentru accelerarea picăturilor aflate în partea inferioară a norului, astfel ca liniile acestui câmp după care se deplasează picăturile, să se închidă pe suprafața frunzelor și tulpinilor.

10.- Parametrii depunerii picăturilor încărcate cu sarcină electrică, sunt determinați în primul rând, de activitatea electrică a plantelor:

- pentru a fi posibilă integrarea forțelor electrostatice în depunerea picăturilor pe plante, în acestea trebuie să se inducă sarcini de semn opus, sarcinii picăturilor: dacă sarcinile de semn opus nu sunt induse destul de repede la apropierea norului de picături, forțele electrostatice de atracție (Coulomb) nu pot să apară, sau vor avea valori mici, iar în final rezultă o depunere mică și o distri-buție necorespunzătoare a picăturilor pe plante.
- mărirea și viteza de inducere a sarcinilor opuse în plante, depinde de sarcina picăturilor și variația acesteia în timp, viteza picăturilor în apropierea plantelor, dar și de modul de manifestare a câmpului electric produs de electrozi în zona plantelor (acțiunea directă asupra plantelor);
- în apropierea plantelor, câmpul electric generat direct de electrozi, trebuie să fie zero, sau să aibă o valoare ne semnificativă, astfel ca, singurul câmp care să se manifeste să fie numai cel generat de nor, sau de picăturile individuale.
- timpul de inducere de sarcini în plante (0,1 s) trebuie să fie mai mic decât timpul cât durează stropirea (0,34 s), lucru posibil numai în situațiile când rezistența plantelor, este de ordinul a $10^{12} \Omega$, condiție îndeplinită chiar și în cele mai defavorabile situații de secetă (umiditatea a solului);

6.2.2.- Contribuții personale în domeniu.

1.- Realizarea unui studiu amănunțit asupra preparatelor de combatere, ce a permis autorului, o sistematizare și fundamentare în premieră în literatura noastră de specialitate, a caracteristicilor fizice și electrice a acestora;

2.- Realizarea unui studiu asupra metodelor de încărcare și echipamentelor de pulverizare-încărcare, ce a permis autorului, alegerea metodei de încărcare pentru preparatele pe bază de apă (prin influență electrică) și conceperea a 2 dispozitive de pulverizare- încărcare: dispozitivul de pulverizare-încărcare cu duze cu jet în evantai (duze Tee-Jet) și dispozitivul de pulverizare-încărcare centrifugal;

3.- A fost elaborat un studiu privind pulverizarea lichidului, adus sub forma unei pelicule subțiri și continue, folosinduse două metode: metoda instabilității aerodinamice a pânzei de lichid ce a permis determinarea caracteristicilor peliculei de lichid (viteza, lungimea coerentă, grosimea și diametrul ligamentelor și picăturilor), și metoda bilanțului de energie și a bilanțului forțelor, cu ajutorul căreia s-a stabilit, dependența *mărime-viteză* a picăturilor în momentul formării, respectiv diametrul picăturilor (d_p , $d_{p, \min}$, $d_{p, \max}$), în raport cu viteza pânzei la ieșirea din duză, sau la periferia discului;

4.- S-a stabilit un concept teoretic, privind inducerea și transferul de sarcină tranzitorie în plantele vii, în raport cu umiditatea solului (rezistența plantă-sol), sub influența câmpului electric generat de norul de picături încărcate cu sarcină electrică (curentul de poziție, curentul de depunere și curentul generat de descărcările locale corona), stabilindu-se timpul de inducere a sarcinilor în plantă, aceasta fiind considerată, fie ca o suprafață conductoare legată la pământ, ansamblul plantă-sol, considerat un condensator, fie planta considerată ca un conductor;

5.- Identificarea influenței unor parametri funcționali ai echipamentelor, asupra încărcării și depunerii picăturilor;

6.- S-au stabilit criteriile care stau la baza alegerii metodei de încărcare și de realizare a echipamentelor, pentru încercare;

7.- S-a elaborat, un model teoretic de încărcare cu sarcină prin influență electrică, a picăturilor de lichid toxic, prin aplicarea legii fluxului electric sub formă integrală, ce a ușurat determinarea **sarcinii induse pe suprafața vânei de lichid**, pe toată lungimea electrodului (sistemul electrod vână fiind considerat din punct de vedere electric un condensator), și nu unde are loc ruperea, a **intensității câmpului** electric la nivelul întregii vâne, în funcție de tensiunea aplicată electrodului și caracteristicile vânei, a **densității de sarcină** pe suprafața liberă a vânei, a **curentului** generat de această sarcină, **sarcina picăturilor**, raportul sarcină/masă și lungimea electrodului, astfel încât picăturile încărcate să nu fie atrase de acesta, ci să li să permită deplasarea către plante;

8.- S-a elaborat un procedeu de modelare teoretică a încărcării lichidului (picăturilor), utilizând metodele numerice de calcul, respectiv programul de aplicație cu element finit, QFIELD;

9.- A fost efectuat un studiu amplu asupra posibilităților de adaptare a MEF, la determinarea cu exactitate a intensității câmpului electric, a inducției electrice, a sarcinii totale într-un anumit volum specificat, a sarcinii induse pe o anumită suprafață din pelicula de lichid (pe suprafața frontală unde are loc ruperea și formarea picăturilor), a evoluției sarcinii pe lungimea peliculei și modul cum aceasta intervine în evaluarea sarcinii picăturilor formate, cât și stabilirea poziției electrodului față de locul ruperii peliculei, când are loc încărcarea maximă. Modelarea s-a făcut în câmp electrostatic, configurație plan-meridian, pentru mai multe variante, rezultate prin modificarea anumitor parametri. Pentru fiecare variantă de modelare, discretizarea a fost în 500 puncte:

- s-a analizat influența diferiților parametri tehnologici și constructivi, asupra încărcării lichidului cu sarcină electrică, luându-se în studiu mai multe variante de modelare a încărcării, pentru 2 situații distincte: fără a se lua în considerare influența electrică a norului de picături formate și încărcate și aflate în apropierea electrodului, asupra peliculei ce iese din duză, respectiv, luarea în considerare a acestei influențe;
- s-au stabilit, condițiile optime și limită de aplicare a stropirii electrostatice, încât aceasta să fie eficientă;
- pe baza rezultatelor teoretice, obținute la pulverizarea și încărcarea picăturilor, s-au conceput 2 echipamente de încărcare- pulverizare:
 - echipamentul de pulverizare-încărcare, cu duze cu jet în evantai, la care sistemul de încărcare, constă din 2 electrozi, realizați sub forma unor suprafețe curbe și acoperiți cu un strat subțire de cauciuc, alimentați la 0-4,5 kV, plasați pe fiecare parte a jetului, cu posibilitatea de a fi deplasați pe orizontală și verticală, pentru a li se stabili poziția în care încărcarea este maximă
 - echipamentul centrifugal purtat, la care sistemul de încărcare constă dintr-un electrod tip inel-disc, de formă specială, confecționat din aluminiu și fixat la periferia discului de pulverizare pe partea lui inferioară, aspect ce a permis realizarea unei încărcări mari a lichidului, la tensiuni mici de alimentare (2,5 kV);

6.3.- Concluzii asupra cercetărilor experimentale și contribuțiile personale în domeniu.

Cecetările efectuate în laborator, pe standuri realizate în scopuri precise, prevăzute cu aparatură corespunzătoare, au pus în evidență următoarele aspecte:

- **comportamentul din punct de vedere al plantelor** legate diferit la pământ, atât sub acțiunea unui câmp electrostatic exterior, creat cu ajutorul unui electrod plan, alimentat la diferite tensiuni, și în regimul tranzitoriu al apropierii unui nor de picături încărcate, dar și la depunerea acestora pe țintă (punere în evidență a curenților de poziție, de depunere și descărcări locale Corona);

- **nivelul de încărcare cu sarcină** electrică a picăturilor pentru cele două echipamente de pulverizare-încărcare realizate:

- echipamentul de pulverizare cu duze TeeJet (de debit și picături mari) și încărcarea prin influență electrică;
- echipamentul de pulverizare cu disc centrifugal și încărcare prin influență electrică, la debite mici (25, 50, 75 și 100 ml/min.);

- **evaluarea experimentală a depunerii picăturilor încărcate pe plante**, în funcție de caracteristicile fizice și electrice ale plantelor și nivelul încărcării cu sarcină a picăturilor.

6.3.1.- Concluzii asupra cecetărilor experimentale de laborator

6.3.1.1.- În domeniul metodicii de cercetare.

1.-În general, metodică, montajele, aparatele și echipamentele alese, au permis punerea în evidență și înregistra în regim dinamic, anumite fenomene electrice din plante, pelicula de lichid în vederea încărcării ei cu sarcină electrică, respectiv, din timpul deplasării și depunerii picăturilor încărcate pe plante, și anume:

- modul cum, lipsa de umiditate a solului influențează asupra inducerii sarcinii în plante, atât în prezența unui câmp electric exterior, creat cu ajutorul unui generator de câmp, cât și a celui creat de norul de picături încărcate;
- modul cum condițiile de secetă(lipsa de conductivitate a plantei), influențează asupra capacității plantelor de a transfera sarcină electrică, în condiții, asemănătoare cu cele reale;
- simularea comportării unei plante, din punct de vedere electric, care a permis stabilirea condițiilor limită ale inducerii și transferului de sarcină, la care stropirea electrostatică mai este eficientă.

2.- Metodica de încercare, pentru stabilirea influenței secetei asupra inducerii și transferului de sarcină, cât și a limitelor, pentru care este posibilă stropirea electrostatică, a constat în diferite proceduri, desfășurate pe parcursul a 4 etape, respectiv, 4 experimente;

3.- Metoda de generare a tensiunilor de valori mari (0-7 kV), pentru alimentarea electrozilor, a constat în utilizarea unei surse de înaltă tensiune, stabile, cu posibilitatea de reglare continuă sau în trepte a tensiunii;

4.- Metoda de măsurare a tensiunilor înalte, sa bazat pe folosirea voltmetrului electrostatic, prevăzut cu spot luminos, ce a permis citirea rapidă și ușoară a valorilor;

5. - Metoda de izolare a plantelor față de sol, care au fost folosite la încercări, s-a bazat pe cultivarea lor în ghivece din plastic, în interiorul cărora s-au introdus electrozi din material inoxidabil (electrozi), conectați la intrarea electrometrului;

6.- Metoda de măsurare a curenților foarte mici, rezultați din inducerea și apoi transferul de sarcină prin plante, a constat în alegerea montajelor experimentale și aparatelor corespunzătoare (electrometru, osciloscop cu memorie, sistem de achiziție de foarte mare viteză, multimetre, etc), de mare finețe și înaltă clasă de măsurare;

7.- Metodica de stabilire a condițiilor limită a inducerii și transferului de sarcină, la care stropirea electrostatică mai este eficientă, a constat în simularea plantei printr-un circuit RC,(C=120 pF și R variabil), care a simulat diferite situații ale rezistenței, plantă sol(turgescență maximă, la începutul ofilirii, planta cultivată în seră, ofilire maximă);.

8.- Metodica de determinare a caracteristicilor încărcării cu sarcină a picăturilor, realizate cu cele două echipamente, a constat în stabilirea montajelor și condițiilor de încercare, a configurațiilor și factorilor de influență (tensiune, debit, poziția electrozilor) și a aparatelor;

9.- Metoda de determinare a nivelului de încărcare a picăturilor, s-a bazat pe măsurarea curentului generat de sarcina picăturilor încărcate, colectate într-un vas de construcție specială, izolat față de sol și prevăzut cu carcasa conectată la borna de intrare a electrometrului, sau sistemului de achiziție rapidă;

10.- Performanțele încărcării au fost analizate prin intermediul raportului, sarcină/masă (C/kg), pentru diferite condiții și configurații;

11.-Metodica măsurării distribuției sarcinii picăturilor pe lățimea jetului cât și a sarcinii spațiale liniare λ , a constat în deplasarea unei sonde speciale sub forma unui fir subțire din metal, în anumite zone ale jetului și măsurarea curentului generat de picăturile de pe linia respectivă, care au lovit firul sondei. Sonda a fost conectată la intrarea electrometrului;

12.- Metodica de măsurare a curentului de depunere, a constat în măsurarea curentului generat de picăturile încărcate, la depunerea pe mai multe plante cultivate în ghivece spaeciale, conecate prin intermediul electrozilor și cabluri, la intrarea electrometrului;

13.-Metoda de colectare a substanței depuse pe plante, a constat în acoperirea a câte 2 frunze, de la 2 plante situate într-un anumit montaj, cu folii de aluminiu, de aceeași formă și mărime ca a frunzelor, fixate pe ambele fețe cu agrafe din metal, pentru ca, contactul frunză-folie să fie cât mai bun;

14.- Pentru stabilirea derivei picăturilor pe sol, în anumite zone față de plantă, s-a folosit folii de aluminiu, de formă pătrată (2,5 x2,5 cm), fixate pe sol, prin ace cu gămălie;

15.- Metoda de determinare a caracteristicilor depunerii de substanță pe plante, s-a bazat pe măsurarea cantitativă, cu ajutorul spectrofotometrului tip Jasco V 530, al cărui principiu de funcționare, este cel al absorbantei. Prin curbele de etalonare, absorbantă-concentrație, s-a permis, determinarea cu precizie a substanței depuse (ng/cm^2), în anumite zone ale plantei;

16.-Metoda de analiză a densității de depunerii, s-a bazat pe măsurarea cantitativă de substanță, pe toată planta, la nivelele plantei, fe fața si spatele frunzelor, la diferite tensiuni de alimentare a electrozilor, debite și tuarții ale discului de pulverizare;

17.-Lichidul folosit la stropit, este o soluție obținută prin dizolvarea a 1 gr de Natriu fluorescent, într-un litru de apă distilată.

18.- Metoda de prelucrare a datelor, într-o formă originală, a permis punerea în evidență a diferențelor între tipurile de stropire: fără încărcare și încărcare a picăturilor.

6.3.1.2.- Asupra rezultatelor cercetării

1.- Cercetările experimentale, efectuate în laborator, au scos în evidență un aspect de o mare importanță: și la cele mai mici valori ale umidității solului (secetă mare, rezistența plantă-sol mare), prin plantă are loc un transfer de sarcină, acărei mărime este dependență de foarte mulți factori. Prin această constatare, se dă un răspuns ipotezelor emise de mulți practicieni, că la plantele în stare de ofilire (rezistență de conducție mare), sarcina indusă pe suprafața frunzelor și tulpinii, nu ar atinge un nivel suficient de mare, care să favorizeze depunerea electrostatică a picăturilor(aparitia forțelor electrostatice).

2.- În sprijinul acestei afirmații, se situiază următoarele aspecte:

- La deplasarea unui electrod(plan), alimentat cu o tensiune înltă (1-7 kV), pe deasupra unei plante, curentul tranzitat prin acasta(curentul de poziție), are o formă sinusoidală: pozitiv, când electrodul se apropie de plantă, și negativ, la depărtarea lui;
- În cadrul experimentului, cu privire la stabilirea relației de dependență, secetă-capacitatea de transfer de sarcină, a plantei, experiment desfășurat pe o perioadă de 17 zile, s-a pus în evidență că, curentul tranzitat prin plantă, s-a menținut la valoare aproape constantă ($0,54 \mu\text{A}$), timp de 13 zile, scăzând la o valoare de $0,34 \mu\text{A}$, în ultimele 4 zile;
- În cazul stropirii plantelor, cu picături încărcate cu sarcină electrică, sesizarea câmpului electric generat de picături, de către plante, are loc de la o distanță de 20-60 cm, iar curentul de poziție crește odată cu apropierea norului(45 nA la 600 nA);
- În cazul depunerii picăturilor pe plante, curentul de depunere, a rămas constant ($3 \mu\text{A}$), pe o perioadă de experiment de 6 zile;
- În cadrul experimentului, prin care relația plantă-sol, a fost simulată printr-o sferă metalică, cu un diametru de 7 cm, legată capacitiv la electrometru, prin care s-a simulat planta în diferite stadii de turgescență, curentul măsurat a fost de: 30 nA , când norul de picături a fost în apropierea sferei, fără s-o atingă, și 100 nA , ce a scăzut la 40 nA , la introducerea rezistențelor în circuit.

3.- Micșorarea capacității de transfer a plantelor, este determinată, nu de creșterea rezistenței plantei prin ofilire, ci mai mult pe micșorarea ariei frunzelor, odată cu ofilirea, ce are efect, o micșorare a capacității plantei, respectiv, micșorarea sarcinii de suprafațăce trebuie indusă și transferată;

4.- Reducerea capacității de transfer a plantelor, a apărut numai când ele au fost aproape în stare uscată;

5.- Din punct de vedere al sensibilității la depunere, în raport cu conductibilitatea plantei, rezistența plantei, la care se observă o influență semnificativă asupra transferului de sarcină, este $10^{12} \Omega$;

6.- Chiar și în cazul când există o împământare bună, sarcina electrică rezultată prin depunerea picăturilor încărcate, nu părăsește instantaneu ținta, ci are o scădere în timp, pe traseul rezistiv (la $10^{12} \Omega$, timpul de scurgere crește mult), generând o scădere a eficienței depunerii;

7.- Umiditatea relativă mai ridicată a aerului, ce afectează conductibilitatea suprafeței plantei, poate crea o cale bună de scurgere a sarcinii prin plantă/spre sol, chiar și în cazul când planta suferă de secetă;

8.- În ceea ce privește încărcarea picăturilor cu sarcină electrică, s-a experimentat două echipamente:

- echipamentul de pulverizare-încărcare, cu duze cu jet în evantai (debite mari (1,5 l/min), picături mari (100- 600 μm);
- echipamentul de pulverizare încărcare, cu disc centrifugal (picături mici, 50-180 μm , și debite mici(25-100 ml/min)

9.- Pentru echipamentul cu duze cu jet în evantai, raportul sarcină/masă, deși este de mic nivel, crește aproape liniar, odată cu creșterea tensiunii la 4 kV,(670 nC/kg), după care scade, pentru tensiunea de 4,5 kV(554 nC/kg);

- Raportul, sarcină/masă, crește odată cu scăderea debitului, și crește odată cu tensiunea de alimentare:

- crește liniar, de la zero la 670 nC/kg, pentru tensiunea de 4 kV, după care scade la 554 nC/kg, la creșterea tensiunii la 4,5 kV- la debitul de 1.500 ml/min;
- crește liniar de la zero la 592 nC/kg, la 4 kV, după care scade la 502 nC/kg, la creșterea tensiunii peste 4,5 kV- la debitul de 1.890 ml/min;

Scăderea raportului, la tensiuni peste 4 kV, se datorează apariției descărcărilor locale corona, manifestate destul de vizibil, când umiditatea relativă a aerului din jurul electrozilor, a crescut;

- În cazul explorării încărcării pe lățimea jetului, la distanțe mici față de electrod, în punctele centrale, sarcina picăturilor (curentul măsurat), este mai mică decât în punctele laterale(0,13 nA, față de 0,15 n A), deoarece în acele puncte se simte influența electrozilor. La distanțe mai mari de 45 mm, influența este zero;

- Sarcina spațială, din jurul electrozilor, este de $-3 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^3$;

10.- Pentru echipamentul de pulverizare -încărcare, cu disc centrifugal, raportul sarcină/masă, scade odată cu creșterea debitului, a tensiunii de alimentare și a turației discului:

- Valoarea raportului, pentru toate debitele și turațiile, crește liniar odată cu creșterea tensiunii la 2,5 kV, după care scade;
- Valoarea maximă a raportului (2,87 mC/kg), se obține la tensiunea de 2,5 kV, debitul de 25 ml/min, turația, 4.000 rot/min, față de alte sisteme cu disc, la care încărcarea maximă, de același ordin, se obține la 3,5 kV;
- Sarcina spațială, din jurul electrozilor este de, $-5 \cdot 10^{-3} \text{ C/m}^3$;

11.- În ceea ce privește caracteristicile depunerii, s-a constatat că, densitatea de depunere (ng/cm^2), la ambele echipamente, crește cu creșterea debitului, tensiunii de alimentare și turației;

11.-1.- Pentru echipamentul cu disc centrifugal:

- a.- Densitatea de depunere pe toată planta, crește cu creșterea debitului, tensiunii de alimentare a electrodului și turației:

- la tensiunea de 2,5 kV, turația 4.000 rot/min, densitatea de depunere, comparativ cu neîncărcarea picăturilor, crește de: 1,68 ori, 2,09 ori, 2,03 ori și 2,09 ori, prin modificarea debitului; 25, 50, 75 și 100 ml/min;

- b.-Densitatea de depunere la nivelele plantei, crește cu creșterea debitului, tensiunii de alimentare și turației, și scade de la vârf, către bază plantei;

- comparativ cu neîncărcarea picăturilor, la încărcarea picăturilor (2,5 kV și n=4.000 rot/min), densitatea de depunere crește de:
 - 1,6 ori la vârf, 1,5 ori la mijloc și 2,37 ori la bază, pentru debitul de 25 ml/min;
 - 2,13 ori la vârf, 1,92 ori la mijloc și 2,4 ori la bază, pentru debitul de 50 ml/min;

- 2,01, 1,92 și 2,32 ori, la vârf, mijloc și bază, pentru debitul de 75 ml/min;
- 2,01, 1,88 și 2,71 ori, la vârf, mijloc și bază, pentru debitul de 100 ml/min;
- densitatea de depunere, în cazul încărcării picăturilor(în %), se distribuie mai uniform, în raport cu planta:
 - 44,53- 47,08 %, la vârf, 32,48-33,56 % la mijloc și 19,36-22,92 % la bază, față de,
 - 46,22- 48,04 % la vârf, 35,53- 36,43 % la mijloc și 15,53 -17,71 % la bază, cum este în cazul neîncărcării picăturilor;

c.- Densitatea de depunere pe fața și spatele frunzelor, crește odată cu încărcarea picăturilor, creșterea debitului și turației:

- pe fața frunzelor, în cazul încărcării(2,5 kV și 4.000 rot/min), densitatea de depunere, crește la vârf, mijloc și bază de:
 - 1,31, 1,21 și 1,93 ori, pentru debitul de 25 ml/min;
 - 1,73, 1,55 și 1,90 ori, pentru debitul de 50 ml/min;
 - 1,64, 1,54 și 1,85 ori, pentru debitul de 75 ml/min;
 - 1,68, 1,54 și 2,28 ori, pentru debitul de 100 ml/min;
- pe spatele frunzelor, în cazul încărcării, la același regimm, densitatea de depunere, crește la vârf, mijloc și bază, de:
 - 7,57, 8,61 și 78,14 ori , pentru debitul de 25 ml/min;
 - 11,06, 11,86 și 89,41 ori, pentru debitul de 50 ml/min;
 - 8,52, 11,18 și 48,84 ori, pentru debitul de 75 ml/min;
 - 6,79, 9,41 și 49,08 ori, pentru debitul de 100 ml/min;
 - creșterea mai mare a densității de depunere pe spatele frunzelor, se realizează la debitele de 25 și 50 ml/min.
- La stropirea cu picături neîncărcate, 94,94... 96,64 % din substanță, se depune pe fața frunzelor, 3,36 ... 5,06 %, pe spatele frunzelor;
- La stropirea cu picături încărcate(2,5 kV și turația 4.000 rot/min), 78,15...79,46 % din substanță se depune pe fața frunzelor, și 20,54...21,85 %, pe spatele acestora;
- Cea mai mare depunere pe spatele frunzelor, se realizează la debitele, 25 și 50 ml/min;
- Regimul, cu tensiune de 2,5 kV, turația 4.000 rot/min și debitul 50 ml/min, este regimul care asigură cea mai mare depunere;
- Depunerea pe nivelele plantei (în %), indică o creștere, odată cu încărcarea picăturilor:
 - 77,20...78,35 %, la vârf și fața frunzelor;
 - 21,65...22,80 %, la vârf și spatele acestora;
 - 77,21...78,46 %, la mijloc și fața frunzelor;
 - 21,54...22,79 %, la mijloc și spatele acestora;
 - 78,82...82,28 %, la bază și fața frunzelor;
 - 16,72...21,18 %, la bază și spatele acestora, față de,
 - 92,80...95,73 %, la vârf și față frunzelor;
 - 4,27 ... 7,20 %, la vârf și spatele frunzelor;
 - 95,70 ...96,48 %, la mijloc și fața frunzelor;
 - 3,52 ... 4,30 %, la mijloc și spatele acestora;
 - 99,01 ...99,43 %, la bază și fața frunzelor;
 - 0,57 ... 0,99 %, la bază și spatele acestora, cazul neîncărcării.
- Rapoartele de creștere a densității depunerii pe toată planta, în cazul încărcării, sunt:
 - 1,37...1,74 ori, pe fața frunzelor și 9,76...13,63 ori, pe spatele frunzelor, comparativ cu neîncărcarea picăturilor;

d.- Eficiența depunerii, scade cu creșterea debitului și crește cu încărcarea picăturilor și creșterea turației:

- eficiența cea mai mare, se obține la: 2,5 kV, debitul 25 ml/min și turația, 4.000 rot/min.

11.2.- Pentru echipamentul cu duze cu jet în evantai:

- a.- Densitatea de depunere pe toată planta, are aceeași variație, ca și în cazul echipamentului cu disc centrifugal;
 - comparativ cu neîncărcarea picăturilor, la încărcarea picăturilor (4 kV), densitatea de depunere crește de: 1,25 ori la debitul de 1.500 ml/min și 1,34 ori, la debitul de 1.890 ml/min;
- b.- Densitatea de depunere pe nivelele plantei, crește cu creșterea debitului, (pentru ambele tipuri de stropire) și tensiunii de alimentare, respectiv, scade de la vârf către baza plantelor:
 - comparativ cu neîncărcarea picăturilor, la încărcare (4 kV), densitatea de depunere crește de:
 - 1,19 ori la vârf, 1,23 ori la mijloc și 1,48 ori la bază, pentru debitul de 1.500 ml/min;
 - 1,25 ori la vârf, 1,43 ori la mijloc și 1,47 ori la bază, pentru debitul de 1.890 ml/min;
 - densitatea de depunere (în %), odată cu încărcarea picăturilor, este mai uniformă, în raport cu nivelele plantei:
 - 48,16 % la vârf, 31,24 % la mijloc și 20,60 % la bază, față de,
 - 51,26 % la vârf, 30,57 % la mijloc și 18,17 % la bază, cum este în cazul neîncărcării picăturilor;
- c.- Densitatea de depunere pe fața și spatele frunzelor, crește odată cu încărcarea picăturilor și creșterea debitului:
 - pe fața frunzelor, în cazul încărcării (4 kV), densitatea de depunere crește la vârf, mijloc și bază de:
 - 1,15, 1,17 și 1,41 ori, pentru debitul de 1.500 ml/min;
 - 1,15, 1,29 și 1,34 ori, pentru debitul de 1.890 ml/min;
 - la încărcarea picăturilor, 82,47...87,99 % din substanță se depune pe fața frunzelor, și 12,01...17,53 %, pe spate, față de 90,33...92,74 %, pe fața frunzelor, respectiv, 7,26...9,67 %, pe spate, în cazul neîncărcării;
 - depunerea de substanță pe nivele, în cazul încărcării, este de:
 - 82,73...87,21 %, la vârf și față, respectiv, 12,79...17,27 %, la vârf și spate;
 - 82,10...89,69 %, la mijloc și față, respectiv, 10,31...17,90 %, mijloc, spate;
 - 82,46...82,73 %, la bază și față, respectiv, 12,67...17,54 %, la bază și spate, față de,
 - 89,99...92,13 %, la vârf și față, respectiv, 7,87...10,1 %, la vârf și spate;
 - 90,92...94,26 %, la mijloc și față, respectiv, 8,20...9,74 %, la mijloc și spate;
 - 90,26...91,80 %, la bază și față, respectiv, 8,20...9,74 %, la bază și spate.
 - raportul de creștere a densității de depunere, în cazul încărcării picăturilor, pe total plantă, crește de: 1,18...1,22 ori, pe fața frunzelor, respectiv 2,07...2,40 ori, pe spatele acestora

6.3.1.3.- Contribuții personale în direcția metodicii și desfășurării experimentelor în laborator

- 1.- În domeniul cercetării experimentale, autorul are contribuții personale, atât în faza de laborator, cât și în lucrările experimentale în teren;
- 2.- Prin cercetările din laborator, autorul a definitivat particularitățile constructive a celor două echipamente de pulverizare- încărcare:
 - echipamentul de pulverizare-încărcare cu duze Tee-Jet;
 - echipamentul de pulverizare-încărcare centrifugal, manual.
3. S-au efectuat cercetări aprofundate asupra caracteristicilor încărcării picăturilor cu sarcină electrică, pentru ambele echipamente;

4.- S-au efectuat cercetări amănunțite asupra comportamentului plantelor din punct de vedere electric, atât în prezența unui câmp electric artificial, creat cu ajutorul unui electrod plan, cât și în prezența câmpului generat chiar de norul de picături;

5.- În domeniul metodicii experimentale în laborator, se consideră drept originale, alegerea metodei, montajelor și echipamentelor specifice de încercare, a aparaturii folosite și a parametrilor care influențează încărcarea picăturilor, comportamentul plantelor, depunerea și eficiența depunerii, astfel ca rezultatele experimentale să fie credibile;

6.- În domeniul prelucrării datelor experimentale, după principii proprii, s-a pus în evidență nivelul de încărcare al picăturilor, exprimat prin raportul sarcină/masă, curenții de poziție și depunere în diferite configurații, densitatea de depunere, pe total plantă, la nivelele plantei, pe fața și spatele frunzelor, cât și eficiența depunerii, pentru ambele echipamente;

7.- Pentru optimizarea proiectării echipamentelor de pulverizare-încărcare, a fost necesar și suficient, să se ia în considerare rezultatele teoretice, obținute în special cu ajutorul programului de simulare, QFIELD, în zona de încărcare maximă, deoarece în acea zonă a jetului, are loc formarea picăturilor, care posedă sarcină electrică negativă

8.- Rezultatele cercetărilor, pun în evidență valabilitatea metodelor folosite, a concluziilor cercetărilor în domeniu, astfel încât acestea suplimentează cercetările efectuate pe plan internațional, pe domenii înguste, ale stropirii electrostatice;

6.3.2.- Concluzii asupra cercetărilor experimentale în câmp

Experimentările în câmp, s-au efectuat pe o cultură de lucernă, bine dezvoltată, în condiții climaterice reale: temperatura 24° C; umiditatea aerului 60 %; viteza vântului 2 m/s; soare puternic.

6.3.2.1.- În domeniul metodicii de amenajare a poligonului experimental și ridicării datelor primare.

1.- Parcela de experiment cu o suprafață de 8m x 8 m, s-a împărțit în 9 subparcele (2m x 2m), delimitate cu jaloane, cuprinzând lățimi a câte 3 rânduri;

2.- Pe fiecare subparcelă, s-a stropit într-o anumită configurație, de debit (25,50 și 100 ml/min), tensiune (0, 1,5 și 2,5 kV);

3.- S-au ales câte 4 plante țintă, pe rândul din mijloc, în fiecare subparcelă;

4.- În vederea determinării depunerii, pe plantele țintă, la trei nivele (vârf, mijloc și bază), s-au montat folii de aluminiu (1,5 cm x 1,5 cm), câte una pe fiecare față a frunzelor (câte 2 frunze la fiecare nivel), fixate cu agrafe de metal, pentru ca contactul frunză-folie să fie cât mai bun;

5.- Pentru estimarea depunerii pe sol, sub plante și pe interval, s-au montat folii de aluminiu (1,5x1,5) cm, fixate în locurile de interes, pe sol, cu ace cu gămălie;

6.- S-a folosit soluția de Na fluorescent, 1gr/litru apă distilată;

7.- Stropirea s-a făcut cu echipamentul cu disc centrifugal, turația discului 4.000 rot/min, prin deplasarea pe rândul din mijloc, cu viteza de 0,3 m/s, la distanța de 30 cm față de vârful plantelor;

8.- Estimarea depunerii, s-a făcut prin recoltarea foliilor pe care s-a depus substanța, spălate în 5 cm³ apă distilată în laborator și prin spectrofotometrie, s-a determinat cantitatea depusă;

9.- Pentru fiecare configurație de debit și tensiune, s-a stropit de 2 ori;

10.- Stropirea s-a efectuat cu soluție de Na fluorescent (1 gr/l), de culoare verde fluorescent, încât să rezulte la spălare, soluții de culori, care să fie sesizate de spectrofotometru;

11.- Prin metode dezvoltate de autor, și prelucrarea pe sisteme de calcul, s-a făcut interpretarea rezultatelor din teren;

6.3.2.2.- Contribuții personale la metodică de prelucrare a datelor primare

1.- S-a conceput modul de organizare a poligonului de experiment, și efectuare a tratamen-

telor cu soluție de Na fluorescent Fluoresceină);

2.- S-a conceput sursa de înaltă tensiune, portabilă, care să genereze tensiunile de interes, pentru alimentarea electrodului echipamentului (1,5, 2,5 și 3 kV);

3.- S-a conceput modul de estimare a depunerii, prin alegerea plantelor țintă, a locului de plasare a foliilor de aluminiu, a modului de deplasare a echipamentului și de măsurare a depunerii de substanță și prelucrare a rezultatelor;

6.3.2.3.- Aprecierea valabilității și importanței rezultatelor cercetării

1.- În general, densitatea de depunere, la încercările în câmp, a respectat aceeași variație, ca și la încercările din laborator, existând diferențe mici în depunerea totală, datorată mișcării permanente a frunzelor sub acțiunea vântului, depunerile toate în câmp, sunt cu puțin mai mari, decât cele în laborator;

2.- Distribuția procentuală a densității de depunere, în cele trei zone ale plantelor, s-a modificat în câmp: a crescut la vârf și mijloc și a scăzut la bază, lucru explicabil prin neputința penetrării picăturilor în partea deasă a frunzelor, din aceea parte a plantei (47,18-48,70 % la vârf, 31,27 -32,91 % la mijloc și 19,90-20,03 %, la bază);

3.- La experiențele din câmp, se constată o creștere a depunerii pe spatele frunzelor, atât în cazul neîncărcării și încărcării picăturilor, datorită mișcării permanente a frunzelor. În cazul neîncărcării, 6,47 ...9,42 % din substanță s-a depus pe spatele frunzelor, iar la încărcarea la 2,5 kV și turația 4000 rot/min, pe spate s-a depus, 20,16...23,45 %, mai mult decât în laborator. Rapoartele câmp/ laborator, sunt mai mari decât 1.

4.- În ceea ce privește depunerile pe sol, în locurile de sub plante, acestea în contextul încărcării picăturilor sunt mult mai mici decât în cazul neîncărcării. În acest caz, o parte din picăturile care ar fi trebuit să meargă spre sol, datorită forțelor electrostatice, sunt atrase de sarcinile imagine induse în plante;

5.- Pe intervalul dintre rânduri, depunerile cresc odată cu creșterea debitului de lichid, iar în cazul încărcării, este 40 %, din depunerea la vârful plantelor (față și spate), ceea ce înseamnă că pe plantă se depune o cantitate de substanță mai mare, favorizată de atracția picăturilor, datorită forțelor electrostatice;

6.- Rezultatele cercetărilor autorului, confirmă rezultatele obținute și de alți cercetători din lume, dar în alte condiții: mod de abordare a problemei, soluția folosită, aparatura, și modul de prelucrare a datelor primare.

6.4.- Concluzii și recomandări privind orientarea în perspectivă a cercetărilor pe această temă.

1.- Cercetările efectuate de autor, au scos în evidență un aspect foarte important, și anume că și la cele mai mici valori ale umidității solului (secetă mare, rezistență plantă-sol mare), prin plantă are loc un transfer de sarcină electrică. Prin această constatare, se dă un răspuns ipotezelor emise de mulți practicieni și anume că, la plantele care au o rezistență electrică mare la pământ, sarcina indusă pe suprafața frunzelor și tulpinei nu atinge un nivel suficient care să favorizeze depunerea electrostatică a picăturilor;

2.- Proprietățile fizice ale preparatelor folosite în combaterea chimică, sunt foarte importante, atât din punctul de vedere al stabilirii metodei de pulverizare, dar mai ales al stabilirii metodei de încărcare cu sarcină electrică a picăturilor;

3.-Metoda de încărcare prin influență electrică, aplicabilă la produsele pe bază de apă, necesită valori mai riguroase ale proprietăților fizice și electrice, decât celelate metode;

4.- În cazul stropirii electrostatice, mărimea picăturilor are o foarte mare importanță, în faza de încărcare cu sarcină, unde randamentul încărcării depinde exclusiv de aceasta (1 litru de lichid pulverizat în picături mai mici, conține o sarcină mai mare, decât cazul picăturilor mari);

5- Dirijarea picăturilor prin forțe electrostatice, depinde de valoarea sarcinii picăturii, de forma și valoarea câmpului electric (intensitatea, forma liniilor de câmp), în care are loc deplasarea picăturilor;

6.- În ceea ce privește deplasarea picăturilor, există teorii diferite în raport cu câmpul electric în care picăturile se deplasează către plante:

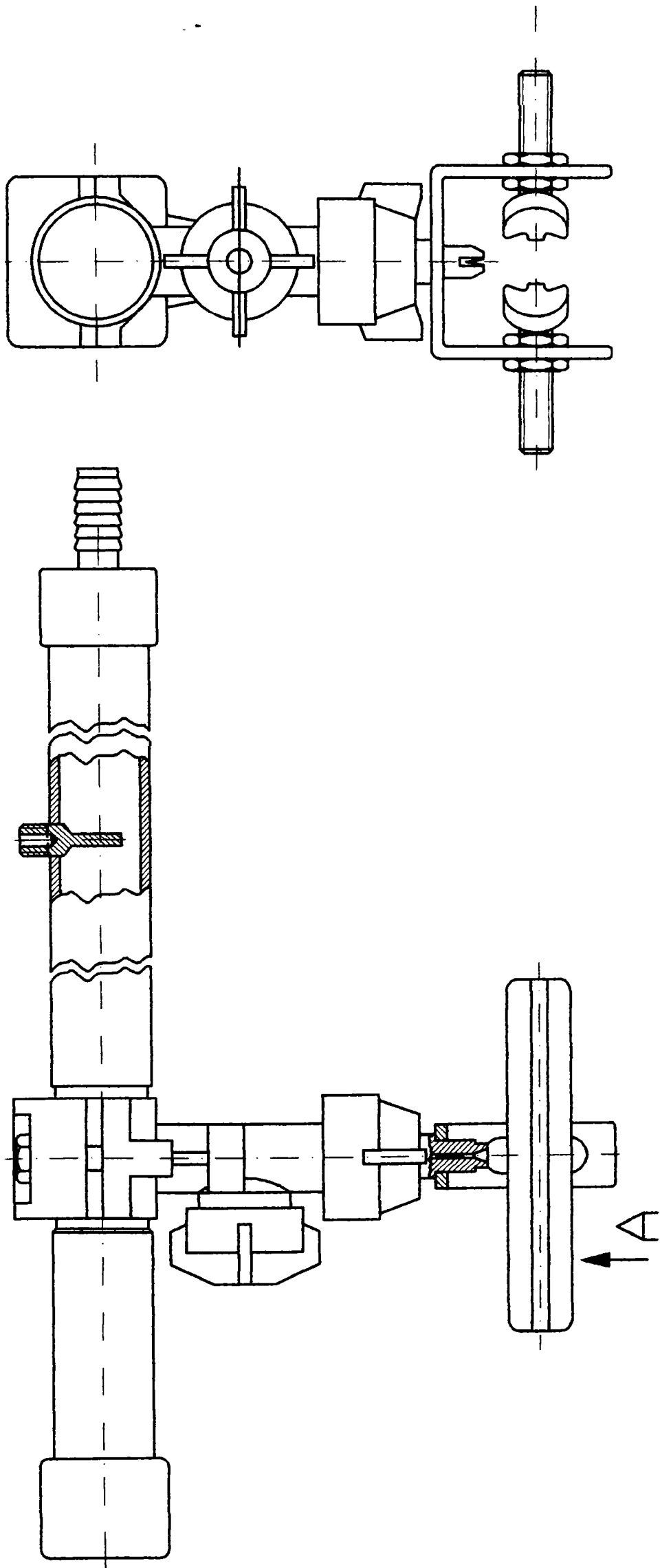
- în câmp electric generat de un electrod auxiliar;
- în câmp electric generat chiar de norul de picături încărcate,;
- picăturile sunt deplasate spre plante sub acțiunea altor forțe, iar forțele electrostatice să apară numai la apropierea acestora de plante;

Acest aspect, rămâne să fie analizat în continuare, cu ocazia altor cercetări. Din analizele multiple și în detaliu, efectuate asupra aspectelor legate de stropirea electrostatică, prin vizualizarea prin înregistrare video, în condiții bune de umiditate a solului, a traiectoriilor picăturilor în drumul său spre plante, autorul tezei își exprimă părerea că, picăturile în drumul lor spre plante, se deplasează după liniile de câmp, generate de câmpul stabilit între norul de picături și plante;

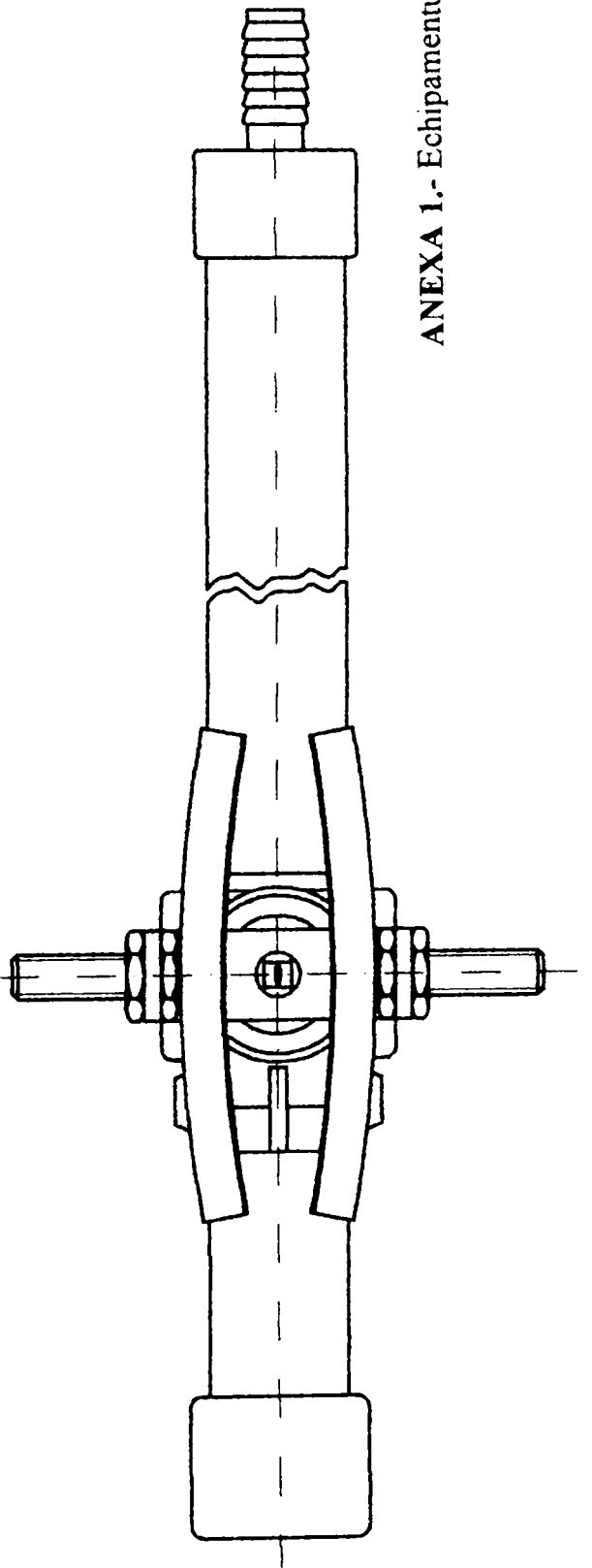
7.- Eficiența depunerii este dependentă de felul picăturilor (mari sau mici), metoda de încărcare și nivelul sarcinii, capacitatea de generare, forma și structura câmpului electric, modul de pătrundere a picăturilor între plante (comportamentul electric):

- Din punctul de vedere al încărcării, echipamentele concepute și realizate de autor, care au la bază metoda de încărcare prin influență electrică, **pot fi în continuare perfecționate, prin găsirea altui mod de amplasare a electrodului, astfel încât să se obțină o încărcare mai mare, la tensiuni mai mici.** Autorul a reușit, la echipamentul cu disc centrifugal, ca prin plasarea electrodului de o anumită formă, într-o anumită poziție față de periferia discului de pulverizare (sub și în contact cu discul de pulverizare (grosimea 1mm)), să obțină un raport sarcină/ masă egal cu 2,87 mC/kg, la doar valoarea de 2,5 kV, tensiunii de alimentare. Alți cercetători, tot cu un echipament centrifugal, a obținut doar 2,1 mC/kg, însă la o tensiune mult mai mare (4 kV);
- Din punct de vedere al deplasării picăturilor, având în vedere încercările din câmp, se poate **analiza deplasarea picăturilor încărcate către plante**, și cu ajutorul unui curent de aer, de o anumită structură (jet purtat), problemă care rămâne a fi cercetată în viitor.

ANEXE

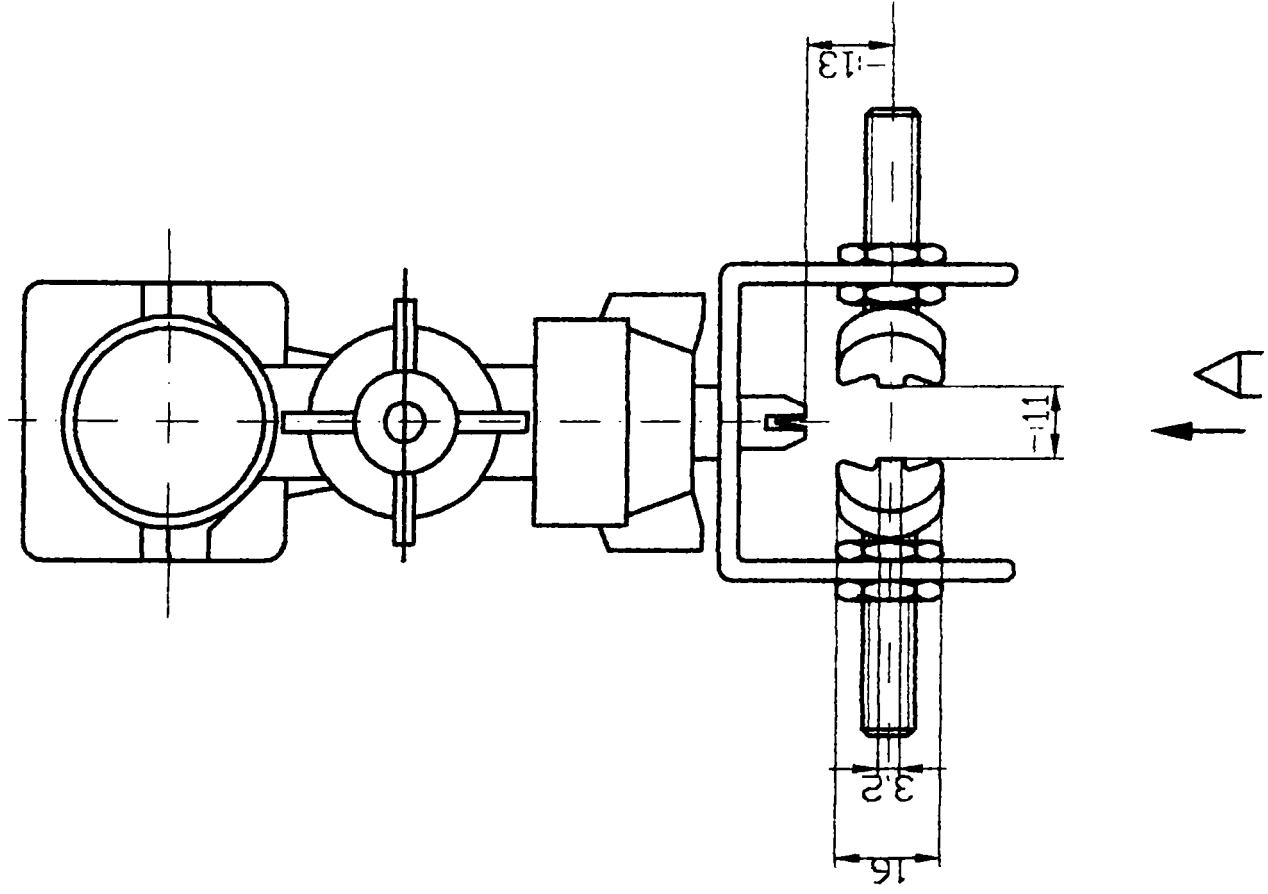
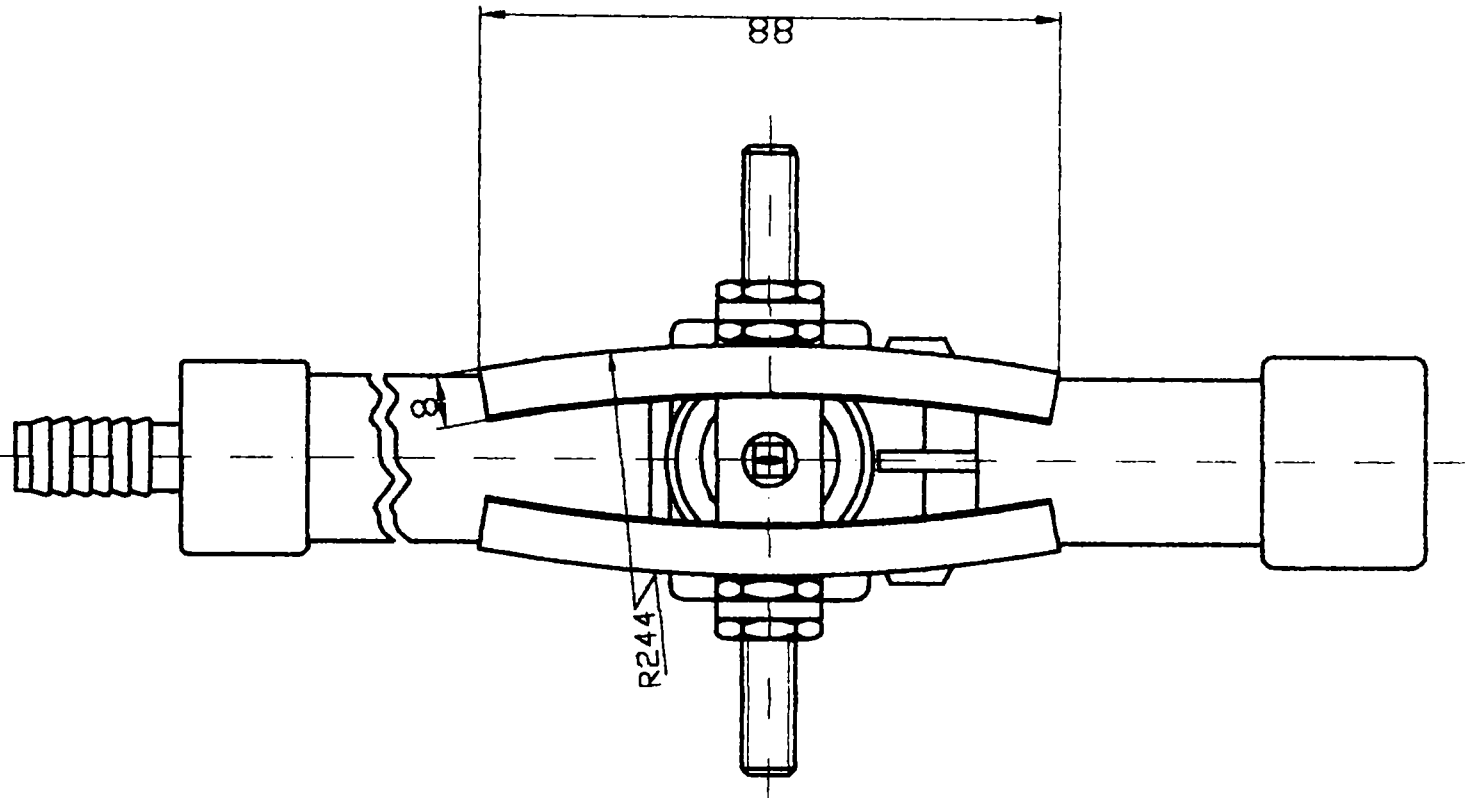


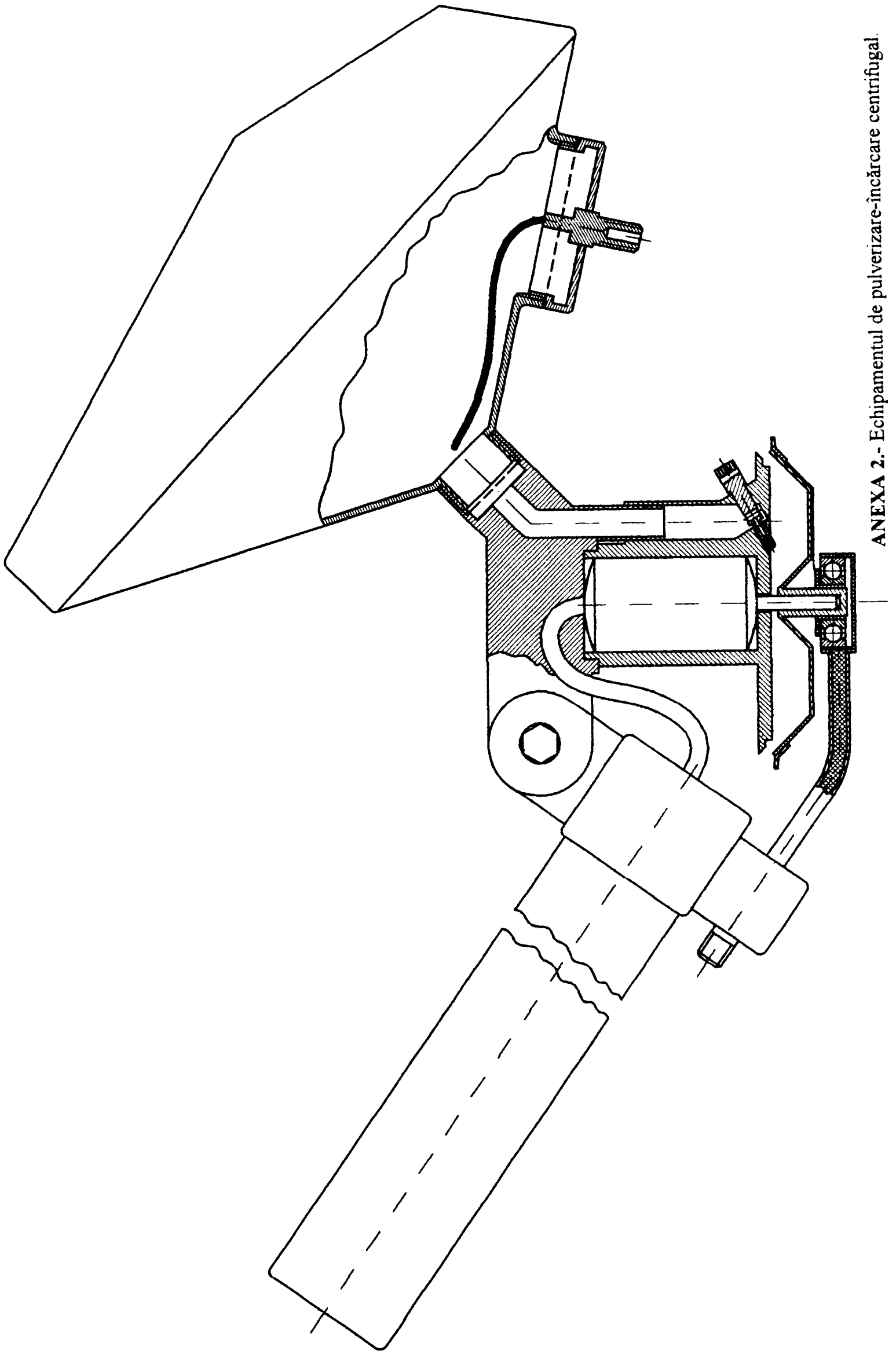
Vedere din A



ANEXA 1.- Echipamentul de pulverizare-încărcare cu duze în evantai.

Vedere din A





ANEXA 2.- Echipamentul de pulverizare-încărcare centrifugal.

ANEXA 3

Rezultatele la experimentele din laborator (disp. centrifugal)

Locul	Abs (X)	a	b	y	C=y ²	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun (cm ²)	densit. de depun (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (ng/cm ³)	% pe niv. (%)	% din niv. față (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)			Analiza depunerii față/spate comparativ cu V ₀			
													sus mijloc baza	spate	fata	total	De	De	De
Q.V₁																			
P11	0.54100	-0.15824	0.164282	0.28784	3.474152	0.017371	101	171.99											
P12	0.02720			6.017302	0.166187	0.000831	101	8.23	180.21	48.04	95.43	4.57							
P21	0.66980			0.229447	4.358312	0.021792	166	131.27							96.15		3.87		
P22	0.02940			5.572	0.179469	0.000897	166	3.41	136.68	36.43	96.05	3.95							
P31	0.19331			0.834013	1.199021	0.005929	103.5	57.92											
P32	0.00115			142.8381	0.007001	0.000035	103.5	0.34	58.26	15.53	99.42	0.58							
P41	0.05920			2.759210	0.362423	0.001812	32	56.63											
P42	0.176			0.917396	1.089803	0.005449	32	170.28											
Q.V₁								Σ	375.16										
P11	0.5385			0.289250	3.45722	0.017286	101	171.15											
P12	0.1317			1.231572	0.81197	0.00406	101	40.20	211.34	47.90	80.98	19.02			82.09		17.91		4.89
P21	0.855			0.264856	3.775631	0.018878	166	113.72											
P22	0.1499			1.080120	0.925823	0.004629	166	27.89	141.61	32.09	80.81	19.69				1.04			5.16
P31	0.2565			0.624652	1.600891	0.006004	103.5	77.34											
P32	0.037			4.424230	0.226028	0.00133	103.5	10.92	88.25	20.01	87.63	12.37			1.51				32.29
P41	0.032			5.117988	0.193389	0.000977	32	30.53											
P42	0.1421			1.140277	0.876979	0.004385	32	137.03											
Q.V₁									441.21										
P11	0.6979			0.219571	4.54332	0.022772	101	225.46											
P12	0.20276			0.794405	1.258803	0.006294	101	62.32	287.77	45.63	78.55	21.65			78.55		21.45		1.31
P21	0.797			0.190302	5.258809	0.026274	166	158.28											
P22	0.2479			0.646871	1.543903	0.00773	166	46.56	204.84	32.48	77.27	22.73				1.50			1.21
P31	0.3663			0.432667	2.311248	0.011536	103.5	111.65											8.61
P32	0.0891			1.82797	0.547055	0.002735	103.5	26.43	138.08	21.89	80.26	19.14			3.37				7.93
P41	0.00773			21.2366	0.047088	0.000235	32	7.36											78.14
P42	0.07100			2.297948	0.434166	0.002176	32	67.99											
Q.V₁									630.70		101.61	1.68 or			Total		fata		1.37 or
																	spate		9.67 or
P11	0.681			0.225413	4.436305	0.022182	101	219.62											
P12	0.1769			0.912848	1.093473	0.005477	101	54.23	273.85	43.48	80.90	19.80			80.75		19.67		6.59
P21	0.773			0.196702	5.083842	0.025419	166	153.13											
P22	0.2162			0.744038	1.344018	0.00672	166	40.48	193.61	32.15	79.00	20.01				1.42			7.49
P31	0.364			0.435501	2.296208	0.011481	103.5	110.93											
P32	0.08017			2.033347	0.4918	0.002459	103.5	23.76	134.68	22.37	82.56	17.61			2.81				70.24
P41	0.0142			11.5333	0.06555	0.000433	32	13.52											
P42	0.11346			1.432105	0.69273	0.003491	32	109.11											

Universitatea Tehnică
Bucureşti
Buletin de Cercetare

Anexa 3 (continuare)

Local	Abs. (x)	a	b	y (a + $\frac{b}{x}$)	C=y ¹	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun (cm ²)	densit. de depun (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv (ng/cm ²)	% pe niv (%)	% din niv. față (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)		% total		Analiza depunerii fata/spate comparativ cu V ₀		
													sus	mijloc	baza	fata	spate	sus	mijloc
Q_{v1}																			
P11	0.7251	-0.15824	0.164282	0.210741	4.745161	0.023726	101	234.91											
P12	0.0442			3.700964	0.270200	0.001351	101	13.38	248.28	47.50	94.61	5.39				95.88		4.12	
P21	0.8899			0.168784	5.924744	0.029624	166	178.46											
P22	0.0395			4.143214	0.241358	0.001207	166	7.27	185.72	35.53	96.09	3.91							
P31	0.2903			0.530081	1.817915	0.00909	103.5	87.82											
P32	0.00301			54.56291	0.018327	0.000091	103.5	0.89	88.70	16.97	99.00	1.00							
P41	0.0892			1.825902	0.547674	0.002738	32	85.57											
P42	0.2293			0.70062	1.427294	0.007136	32	223.01	522.71										
Q_{v1}																			
P11	0.872			0.172573	5.794643	0.028973	101	286.86											
P12	0.241			0.665844	1.501852	0.007509	101	74.35	36.212	47.30	79.42	20.58	1.45			79.15		20.85	5.56
P21	0.980			0.151811	6.587134	0.032936	166	198.41											
P22	0.291			0.548719	1.822425	0.009112	166	54.89	253.299	33.17	78.33	21.67	1.36						7.55
P31	0.39			0.405412	2.466625	0.012333	103.5	119.16											
P32	0.101			1.610731	0.620836	0.003104	103.5	29.99	149.152	19.53	79.89	20.11	1.68						53.87
P41	0.056			2.881566	0.347034	0.001735	32	54.22											
P42	0.2056			0.783213	1.276791	0.006384	32	199.50	763.663										
Q_{v1}																			
P11	1.1400			0.128283	7.795240	0.038976	101	385.90											
P12	0.3650			0.434264	2.302746	0.011514	101	114.00	499.90	47.08	77.29	22.80	2.01			77.54		22.46	8.52
P21	1.3110			0.109487	9.133517	0.045668	166	275.11											
P22	0.4250			0.370722	2.697437	0.013487	166	81.25	356.35	33.56	77.20	22.80	1.92						1.56
P31	0.5240			0.297692	3.359180	0.016796	103.5	162.28											
P32	0.1450			1.117156	0.895130	0.004476	103.5	43.24	205.522	19.36	78.96	21.06	2.32						1.83
P41	0.02642			6.202268	0.161231	0.000806	32	25.19											48.84
P42	0.0990			1.643590	0.608424	0.003042	32	95.07											
Q_{v1}									1061.77		TOTAL	2.03 ori				Total		fata	1.64 ori
																		spate	11.08 ori
P11	1.1491			0.12742	7.865209	0.039326	101	389.37											
P12	0.3140			0.507367	1.970958	0.009855	101	97.57	486.938	47.14	79.96	20.04	1.96			79.96		20.04	7.29
P21	1.2910			0.111428	8.974393	0.044872	166	270.31											
P22	0.3821			0.414121	2.414751	0.012074	166	72.73	343.046	33.21	78.30	21.70	1.85						10.00
P31	0.5310			0.293559	3.406474	0.017032	103.5	164.56											
P32	0.1290			1.25768	0.795115	0.003976	103.5	38.41	202.975	19.65	81.08	18.91	3.39						43.58
P41	0.0287			5.708287	0.175184	0.000876	32	27.37											
P42	0.1579			1.024594	0.975996	0.00488	32	152.50	1032.96										

Anexa 3 (continuare)

Locul	Abs (x)	a	b	y ($a + \frac{b}{x}$)	C=y ²	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun. (cm ²)	densit. de depun. (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (ng/cm ³)	% pe niv (%)	% din niv. față (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀		% total		Analiza depunerii fata/spate comparativ cu V ₀		
													sus	mijloc	baza	fata	spate	sus	mijloc
Q₁V₀																			
P11	0.77120	-0.15824	0.164282	0.197198	5.071054	0.025355	101	251.04											
P12	0.05721			2.85737	0.350172	0.001751	101	17.34	268.377	46.22	93.54	6.46			93.50	4.76			
P21	0.9890			0.150286	6.653997	0.03327	166	200.42											
P22	0.0490			3.33687	0.299682	0.001498	166	9.03	209.448	36.07	95.69	4.31							
P31	0.3353			0.474132	2.109119	0.010546	103.5	101.89											
P32	0.00323			50.84548	0.019667	0.000098	103.5	0.95	102.839	17.71	99.08	0.92							
P41	0.1027			1.583806	0.63139	0.003157	32	98.65											
P42	0.2525			0.6347982	1.573304	0.007877	32	246.14	580.665										
Q₁V₁																			
P11	0.881			0.170649	5.859996	0.0293	101	290.10											
P12	0.234			0.630956	1.584897	0.007924	101	78.46	368.55	44.76	78.71	21.29	1.37		79.11	20.80	4.53		
P21	1.098			0.133796	7.474081	0.03737	166	225.12											
P22	0.301			0.529964	1.886921	0.009435	166	56.83	281.95	34.25	79.84	20.16	1.35					6.50	
P31	0.443			0.355016	2.816773	0.014084	103.5	136.08											
P32	0.123			1.315473	0.760183	0.003801	103.5	36.72	172.799	20.99	78.75	21.25	1.68					5.85	
P41	0.0674			2.42159	0.412951	0.002065	32	64.52											
P42	0.21991			0.731232	1.367555	0.006838	32	213.68	823.32										
Q₁V₂																			
P11	1.236			0.117091	8.540392	0.042702	101	422.79											
P12	0.3762			0.420864	2.376063	0.01188	101	117.63	540.42	44.53	78.71	21.29	2.01		79.47	20.55	1.68		
P21	1.451			0.097396	10.26734	0.051337	166	309.26											
P22	0.4435			0.354598	2.820095	0.0141	166	84.94	394.20	32.48	78.45	21.55	1.88					1.54	
P31	0.7342			0.207933	4.809244	0.024046	103.5	232.33											
P32	0.1562			1.035918	0.963328	0.004827	103.5	46.63	278.96	22.99	83.23	16.77	2.71					2.28	
P41	0.036			4.547465	0.219898	0.001099	32	34.36											
P42	0.11791			1.377459	0.725974	0.00363	32	113.43											
Q₁V₃																			
P11	1.214			0.119499	8.36825	0.041841	101	414.27											
P12	0.325			0.489659	2.042236	0.010211	101	101.10	515.37	44.17	83.17	19.04	1.93		80.47	19.73	5.85		
P21	1.4219			0.099713	10.02875	0.050144	166	302.07											
P22	0.4325			0.364019	2.747108	0.013736	166	82.74	384.81	32.98	78.70	21.55	1.84						
P31	0.7125			0.214748	4.656629	0.023283	103.5	224.96											
P32	0.1399			1.158458	0.863216	0.004316	103.5	41.70	266.66	22.85	81.70	17.91	1.59						
P41	0.0432			3.78700	0.264061	0.00132	32	41.26											
P42	0.15942			1.014674	0.98553	0.004928	32	153.99	1166.84										
										Total		Total		Total					
										2.09 ani		1.74 on		9.12 on					

Rezultatele de la experimentele din laborator (duza TeeJet)

ANEXA 4

Local	Abs. (x)	a	b	y (a + $\frac{b}{x}$)	C=y ⁱ	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun. (cm ²)	densit. de depun. (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (ng/cm ²)	% pe niv	% din niv. față	% din niv. spate	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)			% total		Analiza depunerii față/spate comparativ cu V ₀			
													sus	mijloc	baza	fata	spate	sus	mijloc	baza	De
Q=1500																					
Neîncărcat																					
P11	2.104	-0.15824	0.164282	0.0619468	16.14289	0.080714	101	799.15													
P12	0.221			0.7260814	1.377256	0.006886	101	68.18	867.33	51.64	92.14	7.86					92.745	7.244			
P21	2.13			0.0609953	16.3947	0.081974	166	493.82													
P22	0.161			1.0026335	0.997373	0.004987	166	30.04	523.85	31.19	94.26	5.74									
P31	0.83			0.1815904	5.5069	0.027535	104	264.75													
P32	0.08			2.034000	0.491642	0.002458	104	23.64	288.39	17.17	91.80	8.20									
								Σ	1679.57												
Încărcat																					
P11	2.313			0.0549036	18.21375	0.091069	101	901.67													
P12	0.420			0.3744762	2.670397	0.013352	101	132.20	1033.87	49.10	87.31	13.29					87.994	13.292		1.15	1.938
P21	2.410			0.0520498	19.21237	0.096062	166	578.69													
P22	0.350			0.4525714	2.209596	0.0110048	166	66.55	645.24	30.65	89.69	10.31				1.23			1.17	1.918	
P31	1.130			0.1291327	7.743969	0.03872	104	372.31													
P32	0.181			0.8900773	1.123498	0.005617	104	54.01	426.32	20.25	87.33	13.07									1.48
								Σ	2105.43		TOTAL	125 ori					Total	fata	spate	1.18 ori	2.07 ori

ANEXA 4 (continuare)

Locul	Abs. (x)	a	b	y $(\frac{a+b}{x})$	C=y ¹	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun. (cm ²)	densit. de depun. (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (mg/cm ²)	% pe niv (%)	% din niv. față (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)			% total			Analiza depunerii față/spate comparativ cu V ₀																																				
													sus	mijloc	baza	fata	spate	sus	mijloc	baza	sus	mijloc	baza																																
Q=1890																																																							
Neincărcat																																																							
	P11	2.257	-0.15824	0.0566628	17.64825	0.088241	101	873.68																																															
	P12	0.312		0.5096410	1.962165	0.009811	101	97.14	970.81		89.00	10.01						90.321	9.678																																				
	P21	2.217		0.0579738	17.24916	0.086246	166	519.55																																															
	P22	0.275		0.5803636	1.723058	0.0086615	166	51.90	571.45		90.92	9.08																																											
	P31	1.014		0.1457357	6.861737	0.034309	104	329.89																																															
	P32	0.12		1.3506667	0.740375	0.003702	104	35.59	365.49		90.26	9.74																																											
									Σ	1907.75																																													
Încărcat																																																							
	P11	2.511		0.0493126	20.27878	0.101394	101	1003.90																																															
	P12	0.650		0.2363077	4.231771	0.021159	101	209.49	1213.39	47.22	82.75	17.27																																											
	P21	2.696		0.0448309	22.30606	0.111153	166	671.87																																															
	P22	0.740		0.2056216	4.863302	0.024317	166	146.48	818.35	31.85	83.10	1.90																																											
	P31	1.318		0.108431	9.222459	0.046112	104	443.39																																															
	P32	0.312		0.509641	1.962165	0.009811	104	94.33	537.72	20.93	83.46	17.54																																											
									Σ		TOTAL	134.01																																											
														Total																																									
														fata																																									
														spate																																									
														1.22 ori																																									
														2.4 ori																																									

ANEXA 5

Rezultatele de la experimentele din câmp (disp. centrifugal)

Local	Abs. (x)	a	b	y ($a + \frac{b}{x}$)	C=y ⁻¹	Cantitatea depusă (mg)	supraf. de depun. (cm ²)	densit. de depun. (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (ug/cm ³)	% pe niv. (%)	% din niv. fafă (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)		% total		Analiza depunerii fafă/spate comparativ cu V ₀		
													aus	mijloc	fafa	spate	sus	mijloc	baza
QV₀																			
P11	0.05300	-0.15824	0.164282	3.083837	0.3243	0.001621	9	180.15											
P12	0.00426			38.54803	0.0259	0.00613	9	14.41	194.56	49.52	92.59	7.41			93.59	6.41			
P21	0.03870			4.229189	0.2365	0.001182	9	131.36											
P22	0.00253			64.91777	0.0154	0.000077	9	8.57	139.92	35.61	93.88	6.12							
P31	0.01660			9.880682	0.1012	0.000506	9	56.226											
P32	0.000335			252.7257	0.0040	0.0000198	9	2.198	58.42	14.87	96.24	3.76							
P41	0.01435			11.4324	0.0875	0.000437	9	48.594											
P42	0.1032			1.576056	0.6345	0.003172	18	176.248											
								Σ	392.90										
QV₁																			
P11	0.576			2.836294	0.3526	0.001763	9	195.873											
P12	0.00788			20.83213	0.048	0.00024	9	35.557	231.43	47.64	84.04	15.36			84.79	14.21		1.08	
P21	0.0421			3.886362	0.2573	0.001287	9	142.95											
P22	0.0068			24.14329	0.0414	0.000207	9	23.01	165.96	34.16	86.13	13.87		1.19					1.09
P31	0.023			7.126872	0.1403	0.000702	9	77.95											2.69
P32	0.0031			52.97837	0.0189	0.000094	9	10.486	88.438	18.20	88.14	11.86		1.51					1.39
P41	0.00635			25.85536	0.0387	0.000193	9	21.487											4.77
P42	0.088			1.851017	0.5402	0.002701	18	150.06											
								Σ	485.83										
QV₂																			
P11	0.078			2.090356	0.4784	0.002392	9	265.77											
P12	0.0226			7.253291	0.1379	0.000689	9	76.593	342.36	47.18	77.63	22.37		1.76	79.84	20.16		1.48	
P21	0.0573			2.851227	0.3507	0.001754	9	194.84											
P22	0.013			12.62125	0.0792	0.000396	9	44.017	238.86	32.91	81.57	18.43		1.71					1.48
P31	0.035			4.677948	0.2138	0.001069	9	118.76											5.14
P32	0.0076			21.60023	0.0463	0.000231	9	25.719	144.48	19.91	82.30	17.80		2.47					2.11
P41	0.00163			100.7707	0.0099	0.0000496	9	5.5130											11.70
P42	0.0453			3.610711	0.277	0.001385	18	76.931											
								Σ	728.71		TOTAL	1.85 ori			Total	fafa	spate		1.58 ori
																			5.81 ori

ANEXA 5 (continuare)

Local	Abs. (x)	a	b	y (a + $\frac{b}{x}$)	C=y ¹	Cantitatea depusa (mg)	supraf. de depun. (cm ²)	densit. de depun. (mg/cm ²)	densit. de dep. pe niv. (ng/cm ³)	% pe niv (%)	% din niv. față (%)	% din niv. spate (%)	Analiza depunerii comparativ cu V ₀ (de câte ori mai mare)		% total		Analiza depunerii fata/spate comparativ cu V ₀		
													sus	mijloc	baza	fata	spate	sus	mijloc
QV₆																			
P11	0.0752	-0.15824	0.164282	2.168777	0.4611	0.002305	9	256.1607											
P12	0.0147			11.15982	0.0896	0.000448	9	49.78175	303.942	47.56	83.73	16.27					8.07		
P21	0.0601			2.717634	0.368	0.00184	9	204.4247											
P22	0.0075			21.88844	0.0457	0.000228	9	25.38123	229.805	33.73	88.96	11.04							
P31	0.0290			5.649073	0.177	0.000885	9	98.34455											
P32	0.0027			60.82936	0.0164	0.000082	9	9.133016	107.477	16.71	91.50	8.50							
P41	0.0293			5.591071	0.1789	0.000894	9	79.49183											
P42	0.0913			1.783541	0.5607	0.002803	18	249.1921	643.224										
QV₁																			
P11	0.121			1.341879	0.7452	0.003726	9	414.0132											
P12	0.030			5.460243	0.1831	0.000916	9	101.7456	515.758	49.36	80.27	19.73	1.69			80.70	19.30	2.04	
P21	0.079			2.063695	0.4846	0.002423	9	269.2042											
P22	0.018			9.110954	0.1098	0.000549	9	60.97666	330.180	31.60	81.53	18.47	1.44					2.40	
P31	0.0471			3.472117	0.2880	0.001440	9	160.0049											
P32	0.0115			14.26957	0.0701	0.000350	9	38.93289	198.937	19.04	80.43	19.57	1.85					4.26	
P41	0.0151			10.86378	0.092	0.00046	9	51.13833											
P42	0.1260			1.288002	0.7764	0.003882	18	215.6637	1044.875										
QV₂																			
P11	0.145			1.117156	0.8951	0.004476	9	497.2946											
P12	0.041			3.991054	0.2506	0.001253	9	139.2002	636.494										
P21	0.0959			1.697232	0.5892	0.002946	9	327.3304											
P22	0.024			6.829260	0.1464	0.000732	9	81.3493	408.679										
P31	0.062			2.633886	0.3797	0.001898	9	210.9262											
P32	0.015			10.93631	0.0914	0.000457	9	50.79918	261.725										
P41	0.0072			22.7033	0.044	0.00022	9	24.470											
P42	0.097			1.677805	0.596	0.00298	18	165.5602											
									1306.898		TOTAL	2.031 ori			Total	fata	spate	1.85 ori	3.22 ori

BIBLIOGRAFIE

1.	Adams A.J. Lindquist R.K.	A review of the performance of air-assisted sprayers for use in glasshouses. In Proc. of a Symposium. Air-Assisted In Crop Protection, 1991: 227-235.
2.	Anatheswaran R.C., Law S.E.	Electrostatic precipitation of pesticide spray onto planar targets. Transaction of the ASAE 24(2); 273 -276 pag
3.	Arnolda. C., Pye B.J	Spray Application with charged Rotary Atomisers BCPC Monograph 24:109-125; Croydon England; British Crop Protection Council;
4.	Baicu T, ș.a.	Combaterea integrată a bolilor și dăunătorilor și limitarea poluării cu pesticide. Ed. Ceres, 1982
5.	Baicu T, Minciu I,	Combaterea integrată a bolilor și dăunătorilor și limitarea poluării cu pesticide, Ed. Ceres, 1964
6.	Bals E.J.	Design of rotary atomiser, Proc.4th Int.Agric. Aviation Congres Kingston 1969: 156 - 165;
7.	Bansal R.K., Walker J.T., Gardisser D.R.	Simulation Studies of urea deposition pattern from an aerial spreader Transaction of The ASAE 41(3) 1998, 537-544 pag.
8.	Bechar A, Shmulevich D,s.a	Modeling and experiment analysis of electrostatic date pollination. Transactions of the ASAE 1999, 42(6),: 1511-1516.
9.	Beganu G.	Metode probabilistice aplicate în economie Ed. Tehnică, 1996
10.	Berca M.	Combaterea buruienilor din culturile agricole, Ed. Fermierul românesc, 1996.
11.	Bouse L.F., Whisenant S,G. Carlton J.B.	Aerial Spray Deposition on Mesquite; Transaction of the ASAE 35(1) 1992; 51-59 pag.
12.	Bodel. E., Butler B.J, s.a	Characteristics of the Micromax rotary atomiser; Transactions of the ASAE 26(4), 1983: 999-1004;
13.	Brașovan I, Gherman Gh.	Măsurarea mărimilor electrice și magnetice- Probleme. Ed. Facla 1978
14.	Brazee R.D. Bukovac M.J. Cooper J.A.	Droplet Shape oscillation: effects on spray impaction and retention and fourier analysis of their natural frequencies, Transaction of the ASAE 42(2) 1999; 319- 325 pag.
15.	Brazee R.D.	Processes in fine particle system with respect to electrodynamic application of pesticides. Buletin from The Pioneering Reserch Laboratory an Physics USDA, 1963.
16.	Brîndeu L.	Mecanică dinamică, Lito IPTVT 1982.
17.	Carlton J.B., ISLER D.A	Develoement of a device to charge aerial spray electro-statically, Agricultural Aviation 8(2), 1966: 44-51;
18.	Carlton J.B., Bouse L.F.	Distribution of the electric field for an electrostatic spray charging aircraft. Transaction of the ASAE 20(2), 1977:252-257;
19.	Carlton J.B, Bouse L.F.	Spray Deposit Sampling Technique to Evaluate Electrostatic Aerial Spray-Charging; Transaction of the ASAE, June 1978, 2- 5 pag.
20.	Carlton J.B, Bouse L.F.	Electrostatic Spinner - Nozzle for Charging Aerial Sprays, Transactions of the ASAE, 6 (1980): 1369 -1378;
21.	Chapplet A.C., Taylor R. A., Hall	The transformation of spatially determined drop size to temporal equivalent for agricultural Sprays.J.Agr.Eng.Res. 60/1995: 49-56.
22.	Cicală E.F.	Metode de prelucrare statistică a datelor experimentale; Ed. Politehnica 1999.

23.	Coates W., Palumbo J.	Deposition off-target movement, and efficacy of CAPTURE™ and THIODAN™, applied to Cantaloupes using five Sprayers. Transaction of the ASAE, 13(2), 1997: 181-188
24.	Cramaruic R, Spulber V.	De la electrostatică la racheta ionică, Ed. Albatros
25.	Dantee T, Gupta C.P	Deposition Studies of an Electrostatic Spinning Disc Sprayer; Transactions of the ASAE, 34(5), 1991: 1927-1934;
26.	Davidescu D, Davidescu V	Direcții și obiective în cercetarea științifică din agricultură și în domeniul protecției mediului înconjurător. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991.
27.	Deleanu M, Aionesei M, Alexa M ș.a.	Aeroionizarea negativă; Ed. Tehnică -București, 1988
28.	Derksen R.C Sendersen J.P.	Volume, speed and distribution Technique Effect an Poinsettia Foliar Deposits. Transaction of the ASAE 39(1), 1996: 17-22.
29.	Dix A.J., Marchand, J.A	A Mathematical Model of the Transport and Deposition of Charged Spray Drops; J.Agric.Engng. Res. 30, 1984:91- 100;
30.	Docea E, Severin V	Ghid pentru recunoașterea și combaterea bolilor plantelor agricole, Ed. Ceres 1990.
31.	Dombrowski N, Frazer R.P.	A photographic investigation into the desintegration of liquid sheet. Royal Soc of London, 1954.
32.	Dordea R	Măsurări electrice și electronice, EDP - București 1979;
33.	Drăgan G, Golovanov N.Coatu S	Tehnica tensiunilor înalte, vol. II, Lito IPT 1989.
34.	Dumitraș L, Sesan T	Bolile plantelor industriale- prevenire și combatere, Ed. Ceres 1988.
35.	El-Avady M.N.	An atomisation theory for swirl nozzles; Transaction of the ASAE 21(1)1978, p.70-74.
36.	Elbanna H.M, Rashed I.I, Ghazi	Droplets from liquid sheets in a airstream; Transaction of the ASAE 27(3), 1984: 677-679.
37.	Evans M.D, Law S.E Cooper S.C.	Fluorescent Spray Deposit Measuring via Light Intensified Machine Vision; Transaction of the ASAE 10(3) 1993, 441-444 pag
38.	Franz E. Brazee R.D. Carpenter T.G. Reichard D.L.	Model of Plants Induction by Charged Spray; Transaction of the ASAE 30(2), 1987: 328-331.
39.	Franz E. Reichard D.L Carpenter T.G. Brazee R.D.	Deposition and Efectiveness charged sprays for Pest Control. Transaction of the ASAE 30(1), 1987: 50-55 pag.
40.	Franz E. Brazee R.D. Carpenter T.G. Reichard D.L.	Model of Plants Induction by Charged Spray. Transaction of the ASAE 30(2), 1987: 328-331, pag.
41.	Frazer R.P. Eisenkalm P. Donbrowski N.	Drop formation from rapidly moving liquid sheets Ins.Chem Ing. 8(5): 672-680 pag;
42.	Frost A.R, Law S.E.	Extended Flow Characteristics of the Embedded -Electrode Spray - Charging Nozzle, J. Agric.Engng. Res. (1981), 26, pag. 79-86;
43.	Ghinea L	Apărarea naturii, Știința pentru toți; Ed. Științifică și enciclopedică București 1978

44.	Gianfranco P, Gubiani R.	The Effect of spray Application Rate and Airflow Rate on Foliar Deposition in a Hedgerow Vineyard; Journal Agricultural Engineering Reserch, 61/1995; 205-216 pag.
45.	Giles D.K. Law S.E.	Dielectric Boundary Effect on Electrostatikus Crop Spraying. AASE Paper 33(1) 1990 :2-7.
46.	Giles D.K.,	Energy conservation and distribution in pressure atomiser. Transaction of the ASAE 31(6), 1988:1668-1673.
47.	Gilles D.K. Blewett T.C., Saiz S.G., Wels A.M	Foliar and non-target deposition from conventional and reduced-volume pesticide application in grenhouses. J.Agric.Food Chem. 40(12), 1992: 2510-2516, pag.
48.	Giurconiu M, Mirel I., Retezan A. Sârbu I.	Hidraulica construcțiilor și instalațiilor hidroe-dilitare, Ed. Facla 1989.
49.	Goering C.E., Smith D.B	Equations for droplet size distribution in spray; Transaction of the ASAE 21(2), 1978: 209-216, pag.
49.	Goering CE, Bode L.E Gebhart M.R.	Mathematical modeling of spray droplet deceleration and evaporation Transaction of the ASAE, 1972, 15(2): 220-225 pag.
50.	Goian M, Otiman I.P Borza I. Goian M	200 probleme de fertilizare rezolvate, Ed. Mera și Prouniversitaria 1993
51.	Grădila M.	Erbicidele și tehnica erbicidării, Ed. MAST 1997
52.	Guarela P, Pellerano A, Pascuzzi S	Experimental and Theoretical Performance of a Vacuum Seeder Nozzle for Vegetable Seeds; Journal Africultural Engineering Reserch 64/1996; 29-36 pag.
53.		
54.	Gupta C.P, Singh G, s.a	Field performance of a hand- held Electrostatic Spinning -Disc Sprayer; Transactions of the ASAE, 35(6) 1992: 1753-1759
55.	Gupta C.P, Duc T.X.	Deposition Studies of a hand-held Air-Assisted Electrostatic Sprayer Transactions of the ASAE, 39(5) 1996: 1633- 1639 pag.
56.	Hardfield D.J.	The modelling of charged spray deposition on artificial targes; J.Agr. Engng Res. 36(4)1994: 45 -56 pag;
57.	Hartley J.	UK Patent Office, London, 1952;
58.	Hegeduș At, Drăgulescu D	Probleme de mecanică, Ed. Facla 1989
59.	Hegeduș At. Gligor Tr. Smicală I	Mecanica. Probleme date la concursurile profesional științifice studențești, Lito IPTVT 1989
60.	Heler A, Bogoevici N.	Electrotehnica și mașini electrice vol.I, Lito IPT 1969
61.	Hiat W.H. Jr	Engineering electromagnetics, 1967;
62.	Hoffman D. Salyani M	Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. Transaction of the ASAE 39(1), 1996:17 -22.
63.	Hoffman M.	ÖKologischer Landbau, November 1991
64.	Hopkins W	UK Patent Office, London, 1981;
65.	Hristev A.	Probleme de fizică: Electricitate, Ed. APH-Srl 1992
66.	Iancului D	Aerodinamica picăturilor de lichid - cazul pulverizării hidraulice Simpozionul " Probleme actuale ale agriculturii" Vol.I Timișoara 1991
67.	Iancului D. Gonczi At.	Modelarea și simularea transportului și depunerii picăturilor încărcate cu sarcină electrică pe plante. Simpozionul internațional" Cercetări științifice și tehnice în sprijinul dezvoltării și restructurării agriculturii, Timișoara 1995

68.	Ionescu A, Mischie Gh.	Fenomenul de poluare în agricultură. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991.
69.	Ionescu R, Onea Cr. Toma I.	Electrostatică. Teorie și probleme pentru olimpiadele școlare Ed.Teora 1998.
70.	Inculeț I,	Electrostatics în Industrie, printed în Netherlands, 1982)
71.	Iurea D, Alexa M.E. Gadinoiu L	Generatoare de aeroioni, seria Știința și Tehnica la zi, Ed.Tehnică 1991.
72.	Jamet P.	Les pesticides et leur evaluation dans le sol et l'eau, Sesion de formation, Rennes, 1991.
73.	Johnstone K.A., Johnstone D.R.	Power requirement and droplet size characteristics of a new ultra -low volume hand carried, batery operated insecticide sprayer. London UK, 1976;
74.	Koo Y.M., Kuhlman D.K.,	Theoretical Spray Performance of Swirl-Type Spray; Transaction of the ASAE 35(3) 1991, 871-878 pag
75.	Koo Y.M., Kuhlman D.K.	A Variable Flow Nozzle with Consistent Spray Performance; Transaction of the ASAE 36(3) 1993, 685-690 pag
76.	Kiss Fr.	Electrostatikus (ES) feltolto es cseppkenzo berendesekek alkalmazasa nonenyvedelmi gepeken. Jarmuvek Mezogazdasagi Gepek, 36 evfoyam 1989: 413-417.
77.	Kumar A., Kanvar R.S.	Incorporating preferential flow and Herbicide Fate and Transport into the Drainage Model. Trnsaction of the ASAE 40(4) 1997 : 977-985
78.	Lane D, Law S.E.	Transient charge Transfer in Living Plants Undergoing Electrostatic Spraying. Transaction of the ASAE 3/1982: 1148-1159 pag.
79.	Law S.E	Embedded - Electrode electrostatic-induction spray charging nozzle: teoretical and engineering design. Tr. of The ASAE 23/1978; 1096-1104.
80.	Law S.E, Cooper S.C	-Induction charging characteristic of condu-ctivity enhanced vegetable-oil System. Transaction of the ASAE 30(1) 1987: 75-79.
81.	Law S.E, Bowen H.D	Charging liquid spray by electrostatic induction, Transaction of the ASAE 9(4), 1966: 501-506;
82.	Law S.E.	Basic phenomena active in electrostatic pesticide spraying. 1977.
83.	Law S.E.	Embedded electrode electrostatic induction spray - charging nozzle: Theoretical and enginnering design. Trnsaction of the ASAE 21(6), 1978: 1096-1104.
84.	Law S.E. Giles D.K.	Automated target-sphere washer for fluoroanalysis of spray deposition. 1975.
85.	Law S.E. Cooper S.C.	Target Grounding Requirements for Electrostatic Deposition of Pesticide Sprays. Transaction of the ASAE 32/1989: 1169-1172
86.	Law S.E. Lane M.D.	Electrostatic deposition of pesticide spray onto foliar targets of varying morphology. Transaction of the ASAE 24(6): 1441-1445.
87.	Lewis A.K. Newbold M.J. Hall A.M, Broom CE	Eco-rating System for Optimising Pesticide Use at Farm Level Part.I. Theory and Development. Journal Agricultural Engineering Research, 68/1997; 271-279
88.	Lewis A.K. Newbold M.J. Hall A.M, Broom CE	Eco-rating System for Optimising Pesticide Use at Farm Level Part.II. Evaluation, Example and Piloting; Journal agricultural Engineering Research 68/1997; 281-289
89.	Lefter Gh, Minoi N.	Combaterea bolilor și dăunătorilor speciilor pomi-cole semînțoase, Ed.Ceres 1990

90.	Lindquist R.K Powell C.C	Pesticide application techniques for disease and insect management. In.Proc.of the 6th Conf.on Insect and Disease Management on Ornamentals, 1990: 98-117.
91.	Lindquist R.K. Powell C.C Hall F.R	Glasshouse treatment. In Application Technology for Crop Protection. 1993
92.	Lustin L, Rădulescu I	Dăunători ai produselor de origine animală, Ed.Ceres 1992
93.	Marchand J.A Green R	An electrostatic Charging System for Hidraulic Spray Nozzles. J. Agric.Engng. Res.(27) 1982: 309-319.
94.	Marchand J.A. Dix A.J. Wilson J.M	The Electrostatic Charging of Spray Produced by Hydraulic Nozzles Part.I. J.agric.Engng.Res 31, 1985: 345-360.
95.	Marchand J.A. Dix A.J.Wilson J.M	The Electrostatic Charging of Spray Produced by Hydraulic Nozzles Part.II J.agric.Engng.Res 31, 1985: 345-360.
96.	Marchand J.A.	An Electrostatic Spinning Disc Atomiser; Transaction of the ASAE, martie 1985: 386-392;
97.	Marchand J.A.	An electrostatic Spining disc atomiser Transaction of the ASAE, 1984
98.	Marinescu D	Dreptul mediului înconjurător, Ed. Șansa București 1993
99.	Marinescu M, Nedelcu E	Tabele și formule matematice uzuale Ed. militară 1995
100.	Mândru Gh, Rădulescu M	Analiza numerică a câmpului electromagnetic, Ed. Dacia Cluj-Napoca 1986
101.	Mihăilă N, Popescu O	Matematici speciale aplicate în economie; EDP, București 1973
102.	Miller P.C.H. Murphy S.D.	The Effect of Boom Section and Nozzle Configuration on the Risk of spray Drift; J.agric.Engng. Res.(2000) 75,: 127-137.
103.	Miller P.C. , Hanfield D.J.	A simulation model of the spray drift from hidraulic nozzles. J.Agr.Eng.Res.42/ 1989: 135-147.
104.	Miller M.S., Smith D.B.	A Rewiew of Application Error for Sprayers; Transaction of the ASAE 35(3) 1992, 787-791 pag
105.	Mocanu C.I.	Teoria câmpului electromagnetic, EDP Bucuresti 1981
106.	Mosser E.	A vegni vedelem javitasa a permetsugar electrostatikus feltoltesevel. Jarmuvek Mezogazdasagi Gepek, 30(5), 1983: 161-165.
107.	Munthali D.C Scopes N.E.A.	A technique for studying the biological efficiency of small droplet of pesticide solution and a consideration of the implication. Pesticide Sci 13(1), 1982: 60-62.
108.	Munthali D.C Wyatt I.J.	Factors affecting the biological efficiency of small pesticide droplets againts. Pesticide Sci. 17(2), 1986 :155 -164.
109.	Negulescu M, Pătru C, Vaicum L.	Protecția mediului înconjurător, Ed. Tehnică 1995
110.	Novacu V.	Bazele teoretice ale fizicii I: Ed. Tehnică 1990
111.	Olariu V.,	Analiză matematică, EDP București 1981
112.	Ozkan H.E., Reichard D.L., Sweeney J.S	Droplet size distribution across the Fan pattern of new and worn nozzles; Transacton of the ASAE 35(4)/1992; 1097-1102 pag
113.	Ozkan H.E., Reichard D.L., Ackerman K.D.	Effect of Orifice Wear on Spray Patterns from Fan Nozzles; Transaction of the ASAE 35(4) 1992, 1091- 1096 pag
114.	Papacostea P,	Agricultura biologică, Ed. Ceres 1981.
115.	Perju T ș.a.	Protecția integrată a culturilor de leguminoase împotriva atacului de dăunători și agenți patogeni Ed. Ceres, 1993
116.	Pop V.E.	Starea mediului și necesitatea îmbunătățirii sale permanente. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă,

117.	Popovici M-M	Dinamica și aplicațiile ei, Ed.Tehnică, 1985
118.	Răduleț I.	Electrotehnica generală. Ed.Didactică 1981.
119.	Resa I., Petrescu St. Precupaș M, Căra Al	Probleme de statistică rezolvate pe calculator; Ed. Facla 1984.
120.	Reichard D.L., Ozkan H.E., Fox R.D	Nozzle Wear Rates and Test Procedure; Transaction of the ASAE 34(6) 1991, 2309-2316 pag.
121.	Reichard D.L., Zhu H., Fox R.D., Brazee R.D.	Wind Tunel Evaluation of a Computer Program to Model Spray Drift; Transaction of the ASAE 35(3) 1992, 755 -758 pag
122.	Roșca I.	Combaterea biologică, mit și realitate. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991
123.	Roșculeț M.	Curs de Analiză matematică, Lito IPTVT 1980,
124.	Roth L.O, Porterfield G.	A photographic spray-sampling apparatus and technique. Transaction of the ASAE 8(4), 1965: 493-496.
125.	Rus Florian	Mașini pentru lucrat solul, semanat și întreținere a culturilor; Lito Universitatea "Transilvania" Brașov 1987.
126.	Rusescu C. Tudose C	Modele și modelare în fizică. Ed. Științifică și enciclopedică, București 1987.
127.	Sabata Ioan De	Bazele electrotehnicii, Vol. I. Lito IPT 1980
128.	Salyani M, Whitney J.D.	Effect of Oscillators on Deposition Characteristics of an Airblast Sprayers; Transaction of the ASAE, May 1991; 1618-1622 pag.
129.	Sandru D.I	Protejarea culturilor agricole cu ajutorul pesticidelor Ed. Helicon, 1998
130.	Saputro S., Smith D. B., Shaw D.R.	Expert System for Agricultural Aerial Spray Drift; Transaction of the ASAE 34(3) 1991, 764 -772 pag
131.	Serban I.	Agricultura și starea mediului înconjurător în județul Constanța. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991
132.	Sidahmed M.M.	Drop-size velocity correlation at formation of spray from fan nozzles Transaction of the ASAE, 1999, 42 (6):1557-1564
133.	Sidahmed M.M.	Analysis of drop size spectra from agricultural nozzles. Ph.D. Univ.of California, 1987.
134.	Sidahmed M.M.	A theory for predicting the size and velocity of droplets from pressure nozzles, Transaction of the ASAE, 1996, 39 (2):385-391.
135.	Sidahmed M.M.	Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzle; Transaction of The ASAE 41(3)1998; 531-536 pg.
136.	Sidahmed M.M	A model for predicting the droplet size from liquid sheets in airstreams Transactions of the ASAE;39(5) 1996: 1651-1655;
136	Sidahmed M.M	A Transport Model for Near Nozzle fan Spray Transaction of the ASAE; 1997, 40(3):547-554 pag.
137.	Smith D.B.	Uniformity and Recovery of Broadcast Sprays Using Fan Nozzles Transaction of the ASAE 35(1) 1992; 3944 pag.
138.	Splinter W.E	Electrostatic Charging of agricultural spray, Transactions of the ASAE, 11(4), 1968, 491-495;
139.	Stamate V,	Studii privind posibilitatea de aplicare a tratamentelor prin stropire cu volum redus și câmp electrostatic, INMA 1988;
140.	Stamate V, Paun P,	Tehnologia de mecanizare a tratamentelor fitosanitare cu administrarea pesticidelor prin pulverizare electrostatică, INMA 1987;
141.	Stamate V,	Studii privind posibilitatea de aplicare a tratamentelor prin stropire cu volum redus și câmp electrostatic, INMA 1988;

142.	Stefan C, Gonczi A Iancului D, Gaga L.	Progres tehnic în domeniul agregatelor agricole pentru lucrat solul. Ed.Felix, 1996.
143.	Sundaram A., Sundaram K.M., Robinson A.G.	Drop size Spectra and Deposit from Aerial Spraying with and Without a Polymeric Adjuvant; Transaction of the ASAE 35(2) 1992; 387-394 pag.
144.	Tănăsescu Fl Antohei C	Electrostatica în agricultură. Ed. Ceres 1988
145.	Tănăsescu Fl Cramariuc R	Electrostatică în tehnică, Ed. Tehnică București 1987.
146.	Tapper R.M.	Surface charge build up during electrostatic spraying. Buletin from PPG industries, 1970.
147.	Teodorescu P.P.	șisteme mecanice- modele clasice, Ed. Tehnică 1988
148.	Tipu I	Probleme ale protecției mediului în activitatea din agricultură. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991
149.	Toader D.	Electrotehnica, Teorie și aplicații. Ed Mirton 1997
150.	Tutovan V, Scutaru V	Electricitatea la îndemâna experimentatorului Ed. Științifică și Enciclopedică, 1989
151.	Vădineanu A.	Orientări și priorități ale protecției mediului în țara noastră. Ecologie și protecția mediului. Redacția revistelor de propagandă și tehnică agricolă, Constanța, 1991
152.	Walklate P.J. Weiner K.L, Parkin C.S.	Analysis of and Experimental Measurements Made on a Moving Air-Assisted Sprayer with Two-Dimensional Air-Jets Penetrating a Uniform Crop Canopy; JournalAgricultural Engineering Reserch 63/1996; 365-378 pag
153.	Whitney J., Salyani M.	Deposition Characteristics of Two Air-Carrier Sprayers in Citrus Trees; Transaction of the ASAE 34(1) 1991, 47-50 pag.
154.	Whitney R.W., Stone M.L. Kuhlman D.K.	A System for Temporal Sampling of Aerial Sprays; Transaction of the ASAE 34(6) 1991, 2349-2354 pag
155	Womac A.R., Maynard I.I. Kirk I.W.	Measurement variations in reference Sprays for nozzle classification; Transactions of the ASAE;42(3) 1999: 609-616;
156.	Wyatt J.j Abdalla P.M. Palmer M.R. Munthali D.C.	Localized activity of ULV pesticide droplet against sedentary pests. In Proc.of Symposion " Application and biology, 1985: 259 -264. Univ.of Swansea U.K.
157	Yates W.E., Cowden R.E, Akesson N.B.	Drop size spectra from nozzles in high-speed airstream. Transaction of the ASAE 1985, 26(2): 405-410.
158.	Zhou Q, Miller C.H. Walklate P.J. Thomas N.H.	Prediction of spray angle from flat fan nozzles J.Agr.Eng. Res. 64/1996, 139-148
159.	Zhu H.D.Reichard R.D. Brazze R.D., Ozkan H.E.	Simulation of drift of discrete size of water droplets from field sprayers. Transaction of the ASAE 37(5): 1401-1407.
160	* * * Stefa C-tin, Iancului D-tru	Contract de cercetare Nr. 2412/1992, Faza 1: Perfecționarea construcției și a proceselor realizate de mașinile agricole de lucrat solul și protecția plantelor, 1992; Beneficiar MEI.
161.	* * *	STAS 3087-76 Mărimi în electrotehnică. Simboluri
162.	* * *	STAS 3897-82 Materiale electroizolante. Mase izolante bituminoase
163.	* * *	Decretul 466/1979 privind "Regimul substanțelor toxice

164.	*	*	*	STAS 4706-88 " Ape de suprafață- categoriile și condițiile tehnice de calitate
165.	*	*	*	Ordin 15/1991 privind " Producerea, comercializarea și utilizarea pesticidelor pentru agricultura și silvicultura"
166.	*	*	*	Legea 5/1982 " Protecția plantelor și pădurilor și regimul pesticidelor
167.	*	*	*	Lista pesticidelor și a altor produse de uz fitosanitar
168.	*	*	*	Colecția de reviste 1987-1990 Mezögazdasagi Technica (Ungaria)
169.	*	*	*	Colecția de reviste 1986-1989 Mehanizația i electrificația (Rusia)
170.	*	*	*	Prospecte ale firmelor BASF, MAKHTESHIM, AGAN, DU PONT, DOWELANCO, TAKEDA, BAYER
171.	*	*	*	Catalog TEEJET SPRAYING
172.	*	*	*	Grounding a Positively- Charged Electroscope (A GIF Animation) http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
173.	*	*	*	Charging a Two-Sphere System by Induction Using a Negative Object (A GIF Animation); http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
174.	*	*	*	Inducting a Positive Chrage on a Sphere. (A GIF Animation) http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
175.	*	*	*	Grounding a Negatively- Charged Electroscope. (A GIF Animation) http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
176.	*	*	*	Charging an Electrophorus by Induction Using a Negatively-Charged Object. (A GIF Animation); http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
177.	*	*	*	Charging an Electroscope by Induction Using a Negatively -Charged Ballon. (A GIF Animation); http://hal.grasslands.ab.ca/Static/esn.html
178.	*	*	*	Some of the Science Behing Electrostatic Spraying(1) http://www.maxcharge.com
179.	*	*	*	ESS Max- Charge Spray Nozzle; http://www.maxcharge.com
180.	*	*	*	A*A General Information Page. http://www.maxcharge.com
181.	*	*	*	Covering the Leaf Underside by Electrostatic "Wrap-Around." http://www.maxcharge.com
182.	*	*	*	Documentație Program de simulare QFIELD, 1996
183.	*	*	*	Documentație Program de simulare ELCUT 1992