



**UNIVERSITATEA “ POLITEHNICĂ “ din BUCUREȘTI
FACULTATEA INGINERIA SISTEMELOR BIOTEHNICE
SCOALA DOCTORALĂ INGINERIA SISTEMELOR BIOTEHNICE**

Nr. Decizie.....din.....

TEZA DE DOCTORAT

***CERCETĂRI PRINVIND OPTIMIZAREA PARAMETRILOR PLUGURILOR
CU LAȚIME DE LUCRU VARIABILĂ***

Autor: ing.Nuțescu Cristian

Conducător de doctorat:Prof.Univ.Dr.Ing. Ladislau David

**București
2021**

Rezumat

Având în vedere faptul că în prezent populația globului de 7.7 miliarde oameni este de 10 ori mai mare decât acum 400 de ani, la fiecare cinci zile născându-se un milion de nou născuți, necesarul de alimente a crescut tot de atâtea ori. În acest sens trebuie luate măsuri pentru asigurarea hranei acestora, agricultura împreună cu ramurile acesteia reprezentând singura soluție la nivel macro de obținere a alimentelor. Există totuși diferențe mari între rolul jucat de agricultură în diferite zone ale planetei. Pământul este lucrat în țările în curs de dezvoltare, în proporție de 90%, de populația acelor țări, spre deosebire de acestea, doar aproximativ 2% din populația activă se ocupă cu agricultura, în țările puternic dezvoltate. Principalul motiv pentru acest lucru este progresul datorat dezvoltării tehnologiilor de cultură și apariției unor echipamente foarte performante, care pot lucra suprafețe întinse cu minim de operatori umani.

Principală lucrare pentru agricultura intensivă este lucrarea de arat. Aceasta se face cu plugul, care a avansat de la un simplu lemn tras de animale prin pământ, la echipamente complexe dotate cu trupe cu geometrii variate, cu control al adâncimii și lățimii de lucru, care pot efectua lucrarea de arat cu consum minim de combustibil.

Datorită schimbărilor climatice care generează perioade îndelungate de secetă urmate de ploi abundente, în anotimpurile în care în mod tradițional ar trebui să se realizeze lucrarea de arat, parametrii de lucru trebuie adaptați la condițiile pedoclimatice. Acest lucru se poate realiza fie prin folosirea plugurilor clasice fie folosind pluguri cu lățime de lucru variabilă, care se pot adapta foarte ușor, condițiilor particulare de lucru.

În cadrul lucrării a fost studiat procesul de lucru al unui plug cu trei trupe, cu lățime de lucru variabilă, care poate fi cuplat de tractoarele cu putere cuprinsă între 60-100 cai putere. Datorită faptului că forța de tracțiune este parametrul în funcție de care se alege tractorul și care afectează direct consumul de combustibil, au fost propuse mai multe modele pentru caracterizarea acesteia în funcție de parametrii reglați ai procesului de lucru: adâncime, lățime și viteză de lucru, cât și de caracteristicile fizice ale solului arat: umiditate, rezistență la penetrare, densitate. De asemenea s-au modelat indicii calitativi ai procesului de lucru: gradul de mărunțire și gradul de acoperire a resturilor vegetale astfel încât să se poată cuantifica calitatea arăturii.

Au fost efectuate experimente în teren pentru determinarea experimentală a indicilor energetici și de calitate ai procesului de arat pentru diferite lățimi de lucru, iar rezultatele obținute au fost folosite pentru determinarea prin regresie matematică a coeficienților modelelor propuse.

În final, modelele obținute au fost folosite pentru identificarea unor regimuri optime în condiții particulare de lucru.

Abstract

Given that the world's population of 7.7 billion people is now 10 times larger than it was 400 years ago, with one million newborns being born every five days, the need for food has increased as many times. In this regard, measures must be taken to ensure their food, with agriculture and its branches being the only macro-food solution. However, there are large differences between the role played by agriculture in different areas of the planet. The land is worked in developing countries, 90% by the population of those countries, unlike them, only about 2% of the active population with agriculture, in highly developed countries. The main reason for this is the progress due to the development of culture technologies and the emergence of high-performance equipment, which can work large areas with a minimum of human operators.

The main work for intensive agriculture is plowing. This is done with the plow, which has advanced from a simple wood pulled by animals through the ground, to complex equipment equipped with bodies with various geometries, with control of depth and working width, which can perform the work of plowing with minimal fuel consumption. .

Due to climate change which generates long periods of drought followed by heavy rains, in the seasons when plowing work should traditionally be carried out, the working parameters must be adapted to the pedoclimatic conditions. This can be done either by using classic plows or by using plows with variable working width, which can be easily adapted to particular working conditions.

During the work, the working process of a plow with three bodies, with variable working width, which can be coupled by tractors with a power between 60-100 horsepower, was studied. Due to the fact that the traction force is the parameter according to which the tractor is chosen and which directly affects the fuel consumption, several models have been proposed for its characterization according to the regulated parameters of the working process: depth, width and working speed, as well as the physical characteristics of the soil plowed: moisture, resistance to penetration, density. Qualitative indices of the work process were also modeled: the degree of crushing and the degree of coverage of plant residues so that the quality of plowing can be quantified.

Field experiments were performed for the experimental determination of the energy and quality indices of the plowing process for different working widths, and the obtained results were used for the determination by mathematical regression of the coefficients of the proposed models.

Finally, the obtained models were used to identify optimal regimes in particular working conditions.

CUPRINS

Lista de simboluri si notații.....	7
Cuvânt înainte.....	9
IMPORTANȚA TEMEI ȘI OBIECTIVELE TEZEI DOCTORAT.....	11
1. Importanța temei abordate.....	11
2. Obiectivele tezei de doctorat.....	12

CAPITOLUL 1

PROPRIETĂȚILE SOLULUI ȘI CONDIȚII AGROTEHNICE.....	13
1.1 .GENERALITĂȚI.....	13
1.2 .PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE SOLULUI.....	14
1.2.1.Densitatea și porazitatea.....	14
1.2.2 Gradul de tasare.....	14
1.2.3.Umiditatea solului.....	15
1.2.4.Temperatura solului.....	15
1.3.PREZENTAREA GENERALĂ A CONDIȚIILOR AGROTEHNICE.....	15
1.3.1. Rolul agrotehnicii in dezvoltarea agriculturii.....	15

CAPITOLUL 2

STADIUL ACTUAL PRIVIND CONSTRUCȚIA PLUGURILOR.....	16
2.1.PREZENTARE GENERALĂ.....	16
2.2.CONSTRUCȚIA PRINCIPALELOR PĂRȚI COMPONENTE ALE PLUGURILOR.....	17
2.3.SISTEME DE REGLARE A LĂȚIMII DE LUCRU.....	17
2.4.SOLUȚII CONSTRUCTIVE DE PLUGURI CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILĂ.....	18
2.4.1. Considerații generale.....	18
2.4.2. Pluguri purtate.....	18
2.4.3. Pluguri semipurtate.....	19
2.4.4. Pluguri tractate.....	19
2.5. CONCLUZII.....	19

CAPITOLUL 3

CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND AGREGATELE DE ARAT.....	20
3.1. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND PROCESUL DE LUCRU AL PLUGULUI.....	20
3.1.1. Frecarea pe suprafata activă.....	21
3.1.2. Pana oblică.....	21
3.1.3. Răsturnarea brazdei.....	21
3.2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE PRIVIND PARAMETRII DE LUCRU AL PLUGURILOR.....	22
3.2.1. Calculul forței de tracțiune.....	22
3.3. CONCLUZII.....	23

CAPITOLUL 4

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND PROCESUL DE LUCRU AL PLUGURILOR CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILĂ.....	23
4.1. OBIECTIVELE CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE.....	23
4.2. CARACTERISTICELE TERENULUI PE CARE S-AU EFECTUAT EXPERIMENTELE.....	24
4.2.1. Metodica, aparatura utilizată și rezultate privind determinarea experimentală a umidității solului.....	24
4.2.2. Metodica aparatura utilizată și rezultate privind determinarea rezistenței la penetrare	25
4.3. CARACTERISTICILE CONSTRUCTIVE ȘI FUNCTIONALE ALE AGREGATULUI DE ARAT.....	26
4.4. METODICA DE EFECTUARE A PROBELOR ȘI APARATURA UTILIZATĂ.....	27
4.4.1. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea vitezei de lucru.....	28
4.4.2. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea patinării tractorului.....	29
4.4.3. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea lățimii de lucru și a unghiului trupitei.....	30
4.4.4. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea adâncimii de lucru.....	33
4.4.5. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea forței de tracțiune.....	35
4.4.6. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea consumului de combustibil.....	35
4.4.7. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea gradului de mărunțire a solului.....	36
4.4.8. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea gradului de încorporare a resturilor vegetale după lucrarea de arătură.....	36
4.5. CONCLUZII.....	38

CAPITOLUL 5

PRELUCRAREA ȘI INTERPRETAREA DATELOR EXPERIMENTALE OBTINUTE LA INCERCAREA PLUGULUI CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILĂ.....	39
5.1. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILE.....	39
5.2. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE PENTRU FORȚA DE TRACȚIUNE.....	40
5.2.1. Determinarea funcțiilor multivariabile de formă polinomială.....	40
5.2.2. Determinarea funcțiilor multivariabile de formă politropică.....	41
5.3. DETERMINAREA FUNCȚIILOR MULTIVARIABILĂ PENTRU GRADUL DE MĂRUNȚIRE.....	43
5.3.1. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabilă pentru gradul de mărunțire G1	43
5.3.2. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabilă pentru gradul de mărunțire G2	43
5.3.3. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabilă pentru gradul de mărunțire G3	46
5.3.4. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabilă pentru gradul de mărunțire G4	48
5.4. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILĂ PENTRU GRADUL DE INCORPORARE A RESTURILOR VEGETALE.....	49
5.5. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILĂ PENTRU CONSUMUL DE COMBUSTIBIL.....	50
5.6. CONCLUZII.....	52

CAPITOLUL 6

CONCLUZII GENERALE ,CONTRIBUȚII, PERSPECTIVE.....	53
6.1. CONCLUZII GENERALE.....	53
6.2. CONTRIBUȚII PERSONALE.....	56
6.3. DIRECȚII NOI DE CERCETARE.....	56
 BIBLIOGRAFIE.....	 57

LISTA DE SIMBOLURI ȘI NOTAȚII

CAPITOLUL 1

- ρ [g/cm³] – densitatea
m[g] – masa solului uscat
 V_s [cm³] – volumul particulelor solide ale solului
 P_T [%] – porozitate totală
 V_t [cm³] – volumul total al solului
 V_p [cm³] – volumul total al porilor
GT [%] – gradul de tasare
PMN [%] – porozitate minim necesară
PT [%] – porozitate totală
Wg [%] – umiditate totală
a[g] – cantitatea de apă din proba de sol analizată
s[g] – cantitatea de sol uscat din proba analizată

CAPITOLUL 3

- f[-] – coeficient de frecare
 ϕ [rad] – unghiul de frecare internă a solului
F[N] – forța de tracțiune necesară tractării plugului
 γ [rad] – unghiul trupiței
 δ [rad] – unghiul de înclinare a brazdei răsturnate față de orizontală
n [-] – numărul de trupițe
 k_0 [N/m²] – rezistență specifică globală a solului la arat
 ε [NS²/m⁴] – coeficient care ține seama de forma organelor active și forțele de inerție ce acționează asupra brazdei
 G_p [kg] – greutatea plugului
v [m/s] – viteza de lucru
 G_A [%] – gradul de dislocare a solului
a[m] – adâncimea de lucru
b[m] – lățimea de lucru
 C_i [KPa] – rezistența la penetrare
 γ_s [N/m³] – greutatea specifică a solului
g [m/s²] – accelerația gravitațională
 $\phi\varepsilon$ [rad] – unghiul de deplasare laterală a brazdei

CAPITOLUL 4

- $u[\%]$ – umiditatea masică
- $a[g]$ – cantitatea de apă din proba de sol analizată
- $s[g]$ – cantitatea de sol din proba de sol analizată
- $s[m]$ – spațiul parcurs în urma probelor
- $t[s]$ – timpul de lucru
- $\delta [\%]$ – coeficient de patinare
 - n_t – numărul de rotații al roților libere
 - n_s – numărul de rotații în sarcină
- $B[m]$ – lățimea de lucru
 - n – numărul măsurătorilor efectuate
- $G_B[cm]$ – abaterea medie patratică a lățimii de lucru
- $V_B[\%]$ – indicele de variație a lățimii de lucru
- $\sigma_a[cm]$ – abaterea medie pătratică a adâncimii de lucru
- $V_a[\%]$ – indicele de variație a adâncimii de lucru
- $F[N]$ – forța de tracțiune
- $P_t[W]$ – puterea de tracțiune
- $C[l/ha]$ – consumul de combustibil
 - $V [l]$ – volumul de combustibil consumat
- $S[ha]$ – suprafața de lucru
- $B[m]$ – lățimea de lucru
- $G_{xi}[\%]$ – gradul de mărunțire
- $M_{cxi}[\%]$ – masa bulgărilor de sol
- $M_{ti}[kg]$ – masa întregii probe de sol
 - n – nr de repetiții efectuate
- $G_{vi}[\%]$ – gradul de încorporare a resturilor vegetale
- $G_{si}[g]$ – greutatea masei vegetale, rămasă pe suprafața solului, după trecerea agregatului
- $G_{ti}[g]$ – greutatea totală a masei vegetale de la suprafața solului înainte de trecerea utilajului

CAPITOLUL 5

- $W[ha/oră]$ – productivitatea în lucru
- $F_{ci}[N]$ – forța de tracțiune medie calculată
- $F_i[N]$ – forța de tracțiune medie măsurată
- $a[\%]$ – abaterea
- $F_t[N]$ – forța de tracțiune
- $F_{opt}[N]$ – forța de tracțiune optimă
- $B_{opt}[m]$ – lățimea optimă
- $f_w [N]$ – forța de tracțiune specifică unității de productivitate
- $e_w[J]$ – energia mecanică specifică unității de productivitate
- $u[\%]$ – umiditatea solului
- $G_i[\%]$ – gradul de mărunțire măsurat
- $G_c[\%]$ – gradul de mărunțire calculat

$e[\%]$ – eroarea

$G_v[\%]$ – gradul de incorporare a resturilor vegetale

$g[l/ha]$ – consumul de combustibil măsurat

$g_c[l/ha]$ – consumul de combustibil calculat

CUVÂNT ÎNAINTE

Teza de Doctorat “ *Cercetări privind optimizarea parametrilor plugurilor cu lățime de lucru variabilă* ”, are ca principal obiectiv realizarea unor cercetări teoretice și experimentale privind comportarea dinamică și energetică a agregatului de arat, format din tractor pe roți și plug purtat, pentru scoaterea în evidență a influenței sistemelor de reglare a lățimii de lucru, la deplasarea în lucru în mai multe puncte de măsurare și cu diferite adâncimi de lucru.

Lucrarea este structurată pe 6 capitole, 231 pagini, 136 figuri și grafice, 78 tabele, 102 relații matematice, 2 anexe însumând 25 de pagini și o bibliografie alcătuită din 66 referințe bibliografice.

Introducerea lucrării de doctorat prezintă importanța temei cât și obiectivul principal al tezei de doctorat, care poate fi realizat din punct de vedere teoretic și din punct de vedere experimental pe baza obiectivelor specifice.

În **Capitolul 1 „Proprietățile solului și condiții agrotehnice”** se prezintă tipurile de sol, cât și proprietățile fizice ale acestuia. De asemenea se face o prezentare generală a condițiilor agrotehnice.

În **Capitolul 2 „Stadiul actual privind construcția plugurilor”** face o prezentare generală a plugurilor, construcția principalelor părți componente ale acestora, sistemele de reglare a lățimii de lucru și soluții constructive de pluguri cu lățime de lucru variabilă, concluzii.

În **Capitolul 3 „Cercetări teoretice și experimentale privind agregatele de arat”** se prezintă considerații teoretice cu privire la procesul de lucru al plugului, stadiul actual al cercetărilor experimentale, concluzii.

În **Capitolul 4 „Cercetări experimentale privind procesul de lucru al plugurilor cu lățime de lucru variabilă”** prezintă obiectivele cercetărilor experimentale, caracteristicile terenului pe care s-au efectuat experimentele, caracteristicile constructive și funcționale ale agregatului de arat, metoda de efectuare a probelor, aparatura utilizată, concluzii.

În **Capitolul 5 „Prelucrarea și interpretarea datelor experimentale obținute la încercarea plugului cu lățime de lucru variabilă”** se prezintă considerațiile teoretice privind determinarea funcțiilor de regresie multivariabilă și determinarea funcțiilor de regresie pentru forța de tracțiune, gradul de mărunțire, gradul de incorporare a resturilor vegetale, consumul de combustibil, concluzii.

În **Capitolul 6 „Concluzii generale, contribuții, perspective”** prezintă concluziile generale privind cercetările teoretice și experimentale prezentate în teza de doctorat, contribuțiile personale, valorificarea rezultatelor și direcțiile viitoare de cercetare.

La finalul acestei importante etape din viața mea, aș vrea să adresez câteva cuvinte de mulțumire celor care m-au sprijinit și îndrumat în decursul acestei perioade de lucru, cercetare și de elaborare a tezei de doctorat.

În primul rând, cu deosebită stimă și respect adresez cele mai sincere mulțumiri domnului Prof.univ.dr.ing. Ladislau DAVID, în calitate de conducător științific, pentru îndrumarea, întreg sprijinul și ajutorul pe parcursul întregii perioade de cercetare și elaborare a tezei de doctorat.

Doresc să adresez calde mulțumiri Facultății de Ingineria Sistemelor Biotehnice pentru asigurarea cadrului organizatoric de desfășurare a activității de doctorat.

Mulțumesc domnilor prof.univ.dr.ing. Gigel PARASCHIV, prof. univ.dr.ing.Gheorghe VOICU, prof.univ.dr.ing.Sorin Ștefan BIRIȘ, prof.univ. dr.ing.Edmon MAICAN și sl.dr ing. Gabriel MUȘUROI pentru sprijinul, sugestiile și încurajările permanente acordate pe întreaga perioadă de elaborare a tezei de doctorat.

Vreau să adresez deosebite mulțumiri conducerii INMA-București, domnilor dr.ing Valentin VLĂDUȚ și dr.ing. Mihai MATACHE care m-au susținut în activitatea de cercetare științifică, m-au ajutat la realizarea încercărilor și mi-au pus la dispoziție aparatura necesară. De asemenea vreau să mulțumesc întregului colectiv de ingineri și tehnicieni cu ajutorul cărora am făcut toate cercetările experimentale.

Mulțumesc tuturor membrilor comisiei de doctorat, pentru răbdarea de care au dat dovadă la analizarea lucrării, precum și pentru sugestiile formulate.

Și nu în ultimul rând, mulțumesc familiei pentru înțelegerea și susținerea mea în această perioadă.

INTRODUCERE

IMPORTANȚA TEMEI ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

1. IMPORTANȚA TEMEI ABORDATE

Solul reprezintă un strat relativ moale, afânat și friabil, aflat la suprafața scoarței terestre. El este un mediu biologic activ în care au loc procese și transformări fizico-chimice complexe. Suprafața solului este un mijloc de producție natural, pe care se produce biomasa vegetală care generează oxigenul necesar respirației dar și hrana necesară animalelor și oamenilor.

Mașinile agricole sunt mașini de lucru, destinate pentru a efectua lucrări în cadrul proceselor de producție din agricultură, conform cu cerințele agrobiologice și tehnico-economice impuse fiecărei lucrări în parte. Prin folosirea mașinilor în executarea diverselor lucrări din cadrul proceselor de producție din agricultură se asigură: mărirea considerabilă a productivității muncii, realizarea unor lucrări cu indici calitativi ridicați și executarea acestora în termeni optimi agrotehnici, reducerea intensității efortului fizic etc. Toate aceste aspecte justifică tendința generală ce se manifestă pe plan mondial privind dotarea agriculturii cu tractoare, mașini și instalații performante.

Lucrarea de arat este un procedeu vechi pentru prelucrarea solului în vederea înființării unor culturi agricole și se efectuează cu ajutorul plugurilor, care au evoluat mult ca formă și profil, dar care funcționează după același principiu.

Plugul este un element simbolic în agricultură. Pe lângă înființarea, fertilizarea și protecția culturilor, prelucrarea solului are un rol important pentru o agricultură de succes, iar aceasta sustenabilitate și nivelul mai eficient de funcționare vor fi factori decisivi prin care sistemele agronomice vor fi evaluate în viitor.

În spatele designului, se află dorința de a menține o structură sustenabilă a solului, de a crește productivitatea, și mai ales de a obține o rentabilitate mai mare.

Odată cu nevoia de creștere a capacității de lucru, lățimea plugurilor a crescut mult în ultimul timp prin mărirea numărului de trupe, și folosirea tractoarelor de puteri mari.

Schimbările climatice afectează și sectorul agricol prin apariția unor perioade prelungite de secetă urmate de ploi îndelungate, fapt care afectează direct parametrii solului și implicit procesul de arat. Din acest motiv plugurile cu lățime de lucru variabilă reprezintă un instrument versatil de abordare a provocărilor generate de schimbările climatice, prin posibilitatea adaptării geometriei acestora la condițiile de mediu. Astfel, un fermier poate deține doar un plug cu lățime

de lucru variabilă care poate fi reglat în funcție de condițiile de lucru astfel încât calitatea lucrărilor să nu aibă de suferit și acestea să poată fi efectuate în timp util.

În lucrarea de doctorat "*Cercetări privind optimizarea parametrilor plugului cu lățime de lucru variabilă*" pentru optimizarea agregatelor de arat, se impune o analiză teoretică și experimentală a parametrilor de exploatare a agregatului de arat.

Plugurile cu lățime de lucru variabilă, au avantajul că poate asigura utilizarea în întregime a puterii tractorului, pe diferite tipuri de sol, menținând în același timp lățimea optimă de lucru pentru completa îngropare a resturilor vegetale. Configurația lor începe de la 3 trupețe, pentru tractoarele de 80 CP, până la pluguri cu 6, 8 și chiar 10 trupețe, ce necesită puteri de 400-500 CP.

Reglarea lățimii de lucru se poate realiza hidraulic, în cabina tractorului, fără întreruperea lucrării, sau manual cu șuruburi de reglare, cu trei sau patru opțiuni. În acest scop, cadrul plugului este realizat sub forma unui mecanism paralelogram deformabil, reglarea realizându-se staționar sau în lucru.

Prin intermediul reglării lățimii de lucru, ele se adaptează ușor și rapid diferitelor structuri de teren. Aceste pluguri oferă garanția flexibilității și eficienței în cultivarea terenurilor.

2. OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Lucrarea de doctorat are ca obiectiv principal realizarea unor cercetări teoretice și experimentale privind comportarea dinamică și energetică a agregatului de arat, format din tractor pe roți și plug purtat cu lățime de lucru variabilă, pentru optimizarea parametrilor constructivi ai plugului și scoaterea în evidență a influenței sistemelor de reglare a lățimii de lucru, la deplasarea în lucru pe diferite tipuri de sol, în diverse condiții de teren și cu diferite adâncimi de lucru.

Pentru îndeplinirea obiectivului general se consideră necesară parcurgerea următoarelor obiective specifice:

- utilizarea unui agregat de arat format dintr-un tractor pe roți și un plug cu lățime de lucru variabilă, la deplasarea în lucru în diverse condiții de teren, și cu diferite viteze și adâncimi de lucru;
- realizarea și utilizarea unei metodologii și a unei sistem tehnic de măsurare, format din tractoare și aparatură adecvată, pentru determinarea experimentală a parametrilor dinamici, cinematici și energetici ai agregatului de arat, în baza programului de experimentare;
- analiza stadiului actual al cercetărilor teoretice și experimentale privind parametrii plugurilor cu lățime de lucru variabilă;
- cercetarea teoretică a posibilităților de optimizare a procesului de arat, precum și a sistemelor de reglare a lățimii de lucru;
- cercetarea experimentală a procesului de arat cu pluguri cu lățime de lucru variabilă;
- analiza posibilităților de optimizare a parametrilor plugurilor cu lățime de lucru variabilă;
- formularea unui program de experimentare a agregatului format din tractor și plug purtat la deplasarea în lucru în diferite puncte de lucru și cu diferite lățimi de lucru în vederea determinării indicilor energetici și calitativi de lucru;
- realizarea unui program de achiziție și de prelucrare a datelor experimentale și trasarea graficelor de variație a parametrilor determinați experimental: forța de

tracțiune, viteza de lucru, spațiu parcurs, cantitatea de combustibil consumată, patinarea, gradul de mărunțire, gradul de încorporare a resturilor vegetale;

- crearea unor modele dinamice echivalente ale forței de tracțiune necesară acționării plugului purtat cu lățime de lucru variabilă, ținând seama de parametrii reglați ai procesului de lucru și de caracteristicile fizice ale solului.

CAPITOLUL 1

PROPRIETĂȚILE SOLULUI ȘI CONDIȚII AGROTEHNICE

1.1. GENERALITĂȚI

Cultivarea plantelor agricole nu poate fi concepută fără prezența solului – principalul mijloc de producție în agricultură, adevărată avuție națională, suport material pentru plante. Solul constituie o resursă inepuizabilă a mediului, o adevărată fabrică de producere a substanțelor nutritive, un uriaș acumulator de energie potențială. Pentru solurile României s-a evaluat o cantitate de aproximativ 2 miliarde tone humus (materie organică), al cărui potențial energetic se estimează la echivalentul a 1,2 miliarde tone petrol brut[2].

Solul este partea superioară, afânată, a litosferei, care se află într-o continuă evoluție sub influența factorilor pedogenici, reprezentând stratul superficial al pământului în care se dezvoltă viața vegetală. Stratul fertil al solului conține nutrienți și este alcătuit din humus și din loess.

El se comportă ca un organism viu, care se formează, evoluează și se autogenează prin funcțiile și însușirile sale caracteristice asigurând în permanență substratul material-energetic pentru producerea recoltelor. Solul este un laborator natural, sediu al unor transformări complexe, cu o comunitate biologică (microorganisme în mod deosebit) foarte activă și foarte numeroasă. Se poate afirma că solul nu poate fi redus la un simplu corp inert, ci dimpotrivă, el are funcții și atribute ce atestă viabilitatea materialului din care este format.

Solul este deci, un ecosistem viabil și o unitate de bază a biosferei, cu un biotop și o biocenoză specifice.

Pământul este “un capital biologic” de care depinde productivitatea Terrei și de aceea el este foarte prețios pentru orice sistem social, constituind o prioritate în creșterea economică [2]. În concluzie putem afirma că solul este stratul de la suprafața scoarței terestre care servește ca mediu de viață pentru plante. El este un corp natural complex, alcătuit din material mineral, organic, apă și aer, în masa căruia au loc procese fizice, chimice și biologice complexe. Solul constituie, mediul (stratul) nutritiv cel mai economic pentru creșterea și dezvoltarea optimă a plantelor, în vederea obținerii unor recolte de calitate superioară.

Acest mijloc de producție se deosebește de celelalte mijloace de producție prin următoarele:

- este un produs natural (nu al muncii omului);
- este limitat ca întindere;
- este neuniform ca relief;
- este fix, nu poate fi mutat;
- nu poate fi înlocuit cu alte mijloace de producție;
- nu se uzează (este inepuizabil atunci când este rațional exploatat).

Solul, este format din stratul arabil, stratul de la suprafață (25-30 cm), răscolit, prelucrat de piesele active ale mașinilor agricole și substratul arabil (subsolul), stratul de la adâncime (30-

80-100 cm) care reprezintă rezerva pentru hrana plantelor cu factorii necesari creșterii .Este alcătuit din 3 faze: solidă (50% din volumul total al solului), lichidă (30-35%) și gazoasă (15-20%) .

Principalele tipuri de soluri sunt:

- sol aluvionar - Solul cu o structură foarte variată ce apare pe luncile inundabile. Sunt soluri foarte productive, bogate în nutrienți;
- sol azonal - Soluri de evoluție incipient, fără orizonturi distincte, formate pe depozite recente, răspândite pe micile areale;
- sol calcimorfic - Tip de sol aflat deasupra unui strat bogat în calciu;
- sol hidromorfic - Tip de sol ale cărei procese pedologice sunt dominate de prezența unei cantități abundente de apă;
- de sundă (se găsește în humus);
- cenușii (se găsesc în puținele locuri din deșert în care vegetația este prezentă, grosime foarte mică);
- roșii (se găsesc în zonele subecuatoriale, unde se dezvoltă savanele, ele au o fertilitate bună, dar se degradează repede);
- lateritele (se găsesc în zonele ecuatoriale, sărace în humus, culoare roșie).

1.2. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE SOLULUI

1.2.1. Densitatea și porozitatea

Pe lângă dimensiunea particulelor elementare, care definește textura, și modul de asociere a acestora, comportarea fizică a solului depinde, în cel puțin egală măsură, de așezarea mai laxă sau mai strânsă a particulelor elementare și a elementelor structurale. Această caracteristică este specifică oricărui corp poros în care particulele componente, având dimensiuni și forme diferite, se împachetează în diferite moduri [56].

În fizica, prin densitate, se înțelege raportul dintre masă și volumul unui corp, adică masa unei unități de volum:

$$\rho = \frac{M}{V_s} \quad (1.1)$$

unde:

ρ - densitatea [g/cm^3];

M - masa solului uscat [g];

V_s - volumul particulelor solide ale solului [cm^3].

$$P_T = \frac{V_p}{V_t} \times 100 = \frac{V_p}{V_s + V_p} \times 100 \quad (1.2)$$

unde:

P_T - porozitatea totală [%];

V_s - volumul părții solide a solului [cm^3].

V_t - volumul total al solului [cm^3].

V_p - volumul total al porilor [cm^3].

1.2.2. Gradul de tasare

Starea de așezare a solului nu poate fi interpretată corespunzător cu ajutorul densității aparente, deoarece semnificația sa practică este foarte diferită de la un sol la altul în funcție de textura acestuia. Din această cauză, a fost nevoie de un indicator care să cuprindă atât densitatea aparentă, porozitatea totală cât și textura solului, numit grad de tasare.

Gradul de tasare, se calculează cu relația :

$$GT = \frac{PMN - PT}{PMN} \times 100 \quad (1.3)$$

unde:

GT - este gradul de tasare [%];

PMN - porozitatea minim necesară [%];

PT - porozitatea totală [%].

1.2.3. Umiditatea solului

Cea mai simplă informație asupra apei solului se obține cunoscând cantitatea de apă a acestuia. Conținutul de apă sau umiditatea masică se exprimă sub formă de procente din masa solului uscat:[55]

$$w_g = \frac{a}{s} \times 100 \quad (1.4)$$

unde:

w_g - umiditatea masică [%];

a - cantitatea de apă din proba de sol analizată [g];

s - cantitatea de sol uscat din proba analizată [g].

1.2.4. Temperatura solului

Un rol important în procesul de solidificare și asigurarea condițiilor normale de viață pentru plante și microorganismele din sol, o are temperatura. Ea influențează procesele biochimice, intensitatea de alterare a materiei minerale și organice, germinația semințelor, creșterea și dezvoltarea plantelor. Temperatura caracterizează starea de încălzire sau răcire a solului, rezultantă a cuantumului de calorii primite din diferite surse și pierdute pe diferite căi[55].

Principală sursă de căldură o constituie energia solară, apreciată prin constanța solară.

1.3. PREZENTAREA GENERALĂ A CONDIȚIILOR AGROTEHNICE

1.3.1. Rolul agrotehnicii în dezvoltarea agriculturii

În cadrul științelor agricole AGROTEHNICA ocupă un loc important având ca rol obținerea unor producții agricole mari și eficiente, în condițiile menținerii și sporirii potențialului productiv al solului. Agrotehnica este știința care se ocupă cu studiul modului de dirijare, a relațiilor dintre factorii de vegetație, sol și plantele cultivate, în scopul elaborării procedurilor

tehnice de cultivare a plantelor în condițiile exploatării raționale a solului și conservării mediului înconjurător.

Pentru a răspunde cerințelor agrotehnice, aratul trebuie efectuat respectând următoarele condiții:

- să fie executat în intervalul de timp optim, cu respectarea condițiilor de temperatură, umiditate etc;
- adâncimea de lucru să fie stabilită în funcție de cultură care urmează să fie înființată, iar abaterea să nu fie mai mare de 5% față de valoarea nominală (+/-1 cm pentru o adâncime a arăturii de 20 cm);
- brazdele să aibă lățime constantă și să fie răsturnate complet, asigurând acoperirea resturilor vegetale și încorporarea lor în sol într-un procent mai mare de 95%;
- să fie încorporate complet în sol îngrășămintele organice administrate anterior;
- solul să fie mărunțit pe întreaga adâncime de lucru, mai mult de 75% din fracțiunile de sol să aibă dimensiunea medie sub 5 cm;
- suprafața câmpului arat să fie uniformă, cu brazdele bine răsturnate, fără coame și șanțuri;
- să nu existe greșeli, iar capetele parcelelor să fie încheiate cu ultima brazdă răsturnată spre interior;
- terenurile cu unghi de pantă mai mare de 6% să fie arate după curba de nivel, cu răsturnarea brazdei spre deal [53].
- aspectul vizual al arăturii nu trebuie să prezinte greseli, coame, șanțuri, suprapunere de brazde, brazde nerăsturnate, resturi vegetale neacoperite;
- arătura trebuie să fie uniform nivelată, cu respectarea intrării și ieșirii plugului din brazde;
- să nu aducă la suprafața orizontului slab fertile sau pietrișuri, acolo unde acestea există;
- alternarea adâncimii de lucru a solului în cadrul asolamentului;
- viteza agregatului de arat între 5-7 km/oră[53].

CAPITOLUL 2

STADIUL ACTUAL PRIVIND CONSTRUCȚIA PLUGURILOR

2.1. PREZENTARE GENERALĂ

Cel mai vechi procedeu pentru prelucrarea solului în vederea înființării unor culturi agricole este lucrarea de arat, și se efectuează cu ajutorul plugurilor. Odată cu nevoia de creștere a capacității de lucru, lățimea plugurilor a crescut mult în ultimul timp, prin mărirea numărului de trupe. Acționarea plugurilor de mare capacitate a fost posibilă datorită creșterii puterii și performanțelor de tracțiune ale tractoarelor.

Clasificarea plugurilor [32]

a) după destinație :

- pluguri cu destinație generală, sunt folosite pentru executarea lucrărilor de arat superficial sau normal, pe terenuri plane sau cu înclinații mici, pentru cultura plantelor de câmp;
- pluguri cu destinație specială, sunt folosite pentru executarea lucrării de arat în condiții specifice, determinate pentru un anumit scop (arături în vii, livezi, pe terenuri în pantă, pe terenuri cu exces de umiditate, pentru desfundat, drenaj etc.).

b) după adâncimea de lucru :

- pluguri pentru arături superficiale, care lucrează până, la adâncimea de 15...20 cm;
- pluguri pentru arături normale, la adâncimea de 20...30 cm;
- pluguri pentru arături adânci, la adâncimea de 30...40 cm;
- pluguri pentru arături foarte adânci sau de desfundat, la adâncimi cuprinse în intervalul 40...80 cm.

c)după modul cum se execută răsturnarea brazdei :

- pluguri cu răsturnarea brazdei într-o singură parte (răstoarnă brazda spre dreapta);
- pluguri cu răsturnarea brazdei concomitent în dreapta și în stânga (pluguri pentru vii) sau cu răsturnarea brazdei succesiv în dreapta și în stânga (pluguri reversibile, pluguri balansier și pluguri alternative).

d)după forma organului de lucru :

- pluguri cu trupițe cu cormană;
- pluguri cu trupițe și antetrupiță;
- pluguri cu trupițe cu discuri;
- pluguri cu organe active rotative.

e)după sursa de energie utilizată :

- cu tracțiune animală;
- cu tracțiune mecanică.

f)după modul de cuplare la corpul tractorului :

- tractate;
- semipurtate;
- purtate.

g)după poziția plugurilor față de corpul tractorului :

- în spatele tractorului;
- în fața tractorului (pluguri frontale);
- combinate (în față și în spatele tractorului).

Cea mai mare răspandire au căpătat plugurile cu trupițe cu cormană, care sunt de fapt cele mai vechi unelte folosite in agricultură.

2.2. CONSTRUCȚIA PRINCIPALELOR PĂRȚI COMPONENTE ALE PLUGURILOR

Plugul este format dintr-un cadru pe care se montează organele de lucru, mecanismele și dispozitivul de cuplare. In funcție de tipul plugului, acesta poate fi prevăzut cu organe de rulare sau roți de limitare a adâncimii.

Părțile componente ale plugurilor se împart în două grupe:

- organe de lucru - trupițe, antetrupite, cuțițe și scormonitori;
- organe ajutătoare – dispozitiv de prindere la tractor ,cadru, suport de grapă, roată, mecanisme de reglare.

2.3. SISTEME DE REGLARE A LĂȚIMII DE LUCRU

Plugurile cu lățime de lucru variabilă, sunt cele pe care le recomandăm, deoarece asigură productivitate optimă prin aratul cu o lățime maximă de lucru în orice condiții, ținând cont de puterea tractorului, tipul de sol, gradul de umiditate și densitatea de resturi vegetale.

Plugurile cu lățime de lucru variabilă sunt destinate executării lucrărilor de arat pe terenuri plane acoperite cu resturi vegetale. Aceste pluguri sunt echipate cu 2..5 trupițe, lățimea de lucru a unei trupițe fiind variabilă și cuprinsă între limitele 25...45 cm. Cadrul plugului 1 este realizat sub forma unui mecanism paralelogram deformabil.

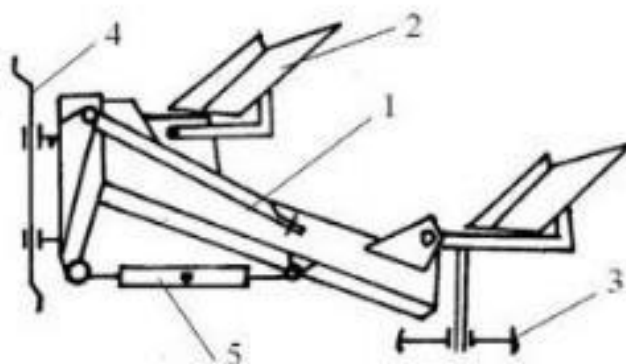


Fig. 2.19. Schema constructivă a unui plug cu lățime variabilă: 1-cadru reglabil; 2-trupiță; 3-roată de copiere; 4-dispozitiv de cuplare; 5-mecanism de reglaj a lățimii de lucru [32]

2.4. SOLUTII CONSTRUCTIVE DE PLUGURI CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILA

2.4.1 Consideratii generale

Cea mai mare răspandire au căpătat plugurile cu trupiță cu cormană, care sunt de fapt cele mai vechi unelte folosite în agricultură.

Plugurile cu lățime de lucru variabilă, au avantajul că poate asigura utilizarea în întregime a puterii tractorului, pe diferite tipuri de sol, menținând în același timp lățimea optimă de lucru pentru completa îngropare a resturilor vegetale. Configurația lor începe de la 3 trupițe pentru tractoarele de 80 CP, până la pluguri cu 6, 8 și chiar 10 trupițe, ce necesită puteri de 400-500 CP.

Reglarea lățimii de lucru se poate realiza hidraulic, din cabina tractorului, fără întreruperea lucrării, sau manual cu șuruburi de reglare, cu trei sau patru opțiuni. În acest scop, cadrul plugului este realizat sub forma unui mecanism paralelogram deformabil, reglarea realizându-se staționar sau în lucru. Prin intermediul reglării lățimii de lucru, ele se adaptează ușor și rapid diferitelor structuri de teren. Aceste pluguri oferă garanția flexibilității și eficienței în cultivarea terenurilor.

2.4.2. Pluguri purtate

Din multitudinea de categorii, cele mai utilizate sunt plugurile purtate, semipurtate și tractate.

Plugurile purtate, au cea mai mare răspândire, datorită multiplelor avantaje dintre care se pot enumera:

- adaptabilitatea la puterea tractorului prin modificarea lății de lucru (modificarea numărului de trupe);
- manevrabilitate ridicată a tractorului la deplasarea în gol, când plugurile sunt ridicate în poziție de transport;
- posibilitatea de reglare relativ ușoară a adâncimii de lucru;
- masa specifică (raportul dintre masa și lățimea de lucru) redusă comparativ cu plugurile tractate și semipurtate, la aceeași parametrii constructivi și funcționali ai organelor de lucru;
- greutatea plugului și componenta verticală a forței de rezistență la tracțiune se transferă pe corpul tractorului, parțial (la plugurile cu roată de copiere) sau integral (la plugurile fără roată de copiere), ceea ce determină creșterea greutății aderente și implicit, a parametrilor de tracțiune a tractoarelor[45].

2.4.3. Pluguri semipurtate

Plugurile semipurtate, se deosebesc de cele tractate prin faptul că atât în timpul lucrului cât și în poziție de transport, cadrul 1 al plugului se sprijină cu partea din față pe mecanismul de suspendare al tractorului. Partea anterioară a plugului este ridicată din brazdă la capătul parcelei sau pentru transport, cu ajutorul mecanismului de suspendare a tractorului.

2.4.4. Pluguri tractate

Plugurile tractate, sunt destinate în general pentru a lucra cu tractoare de putere mare. Plugurile tractate sunt alcătuite din următoarele părți componente:

- organe de lucru: trupea, antetrupea, cuțit disc, subsolier ;
- mecanisme pentru reglaj: sistemul hidraulic pentru reglarea adâncimii de lucru, mecanismul pentru reglarea orizontalității cadrului plugului ;
- cadrul plugului, care constituie suportul pe care sunt fixate organele active; triunghiul de tracțiune, roțile de transport și roată de sprijin și limitare a adâncimii de lucru .

Numărul de trupe al plugului tractat variază între 3...9 în funcție de puterea tractorului, de tipul de sol și de adâncimea de lucru iar în cazul arăturilor pe soluri grele se pot monta cuțite disc la toate trupele [3].

2.5. CONCLUZII

Plugurile cu lățime variabilă sunt cele care asigură o productivitate optimă prin aratul cu o lățime maximă de lucru ținând cont de: puterea tractorului, tipul de sol, gradul de umiditate și densitatea de resturi vegetale.

Ele au 3 trupe, pentru tractoare de 80 CP, până la pluguri cu 6,8 și chiar 10 trupite, și mai mult pentru tractoare ce necesită puteri de 400 – 500 CP.

Reglarea lăţimii de lucru se realizează manual, cu şuruburi de fixare, cu 3 şi 4 opţiuni de reglare între 25 şi 55 cm pe fiecare trupiţă şi hidraulic din cabina tractorului, fără întreruperea lucrării.

Sistemele de sigurantă cu care sunt dotate aceste pluguri, permit trecerea trupiţei peste eventualele obstacole în timpul procesului de arat. Principalele tipuri sunt cu bolţ de forfecare, cu arcuri elicoidale, hidraulic şi cu arcuri lamelare.

Setările pentru lăţimea de lucru a primei trupiţe şi pentru alinierea plugului sunt corectate automat pe măsură ce se schimbă lăţimea. Pentru reversarea plugului trupiţele se pliază automat la cea mai mică lăţime pentru cea mai bună degajare la sol posibilă. După reversare plugul se întoarce la lăţimea de lucru memorată.

Avantaje utile ale plugului cu lăţime de lucru variabilă:

- Adaptare la puterea de tracţiune disponibilă;
- Economie de timp şi reducere a consumului de combustibil;
- Menţinerea unei bune viteze de lucru pe pantele abrupte;
- Capacitatea de a gestiona diferite niveluri de resturi vegetale;
- Procesare de calitate a câmpului;
- Reducerea cheltuielilor pe unitatea de suprafaţă datorită eliminării curselor în gol;
- Se evită procesul de eroziune a solului pe terenuri în pantă;
- Evitarea obstacolelor şi curăţarea suprafeţelor nearate dificile;
- Tot sistemul pentru lăţimea de lucru variabilă este încorporat în structura plugului ce oferă protecţie maximă la apă, praf şi posibile şocuri;
- Asigură utilizarea în întregime a puterii tractorului pe diferite tipuri de sol, menţinând în acelaşi timp lăţimea optimă de lucru;
- Lăţimea de lucru este reglată mecanic sau hidraulic, cu posibilităţi de corectare din cabina tractorului;
- Gradul de acoperire a resturilor vegetale, creşte cu cât lăţimea de lucru pe trupiţă este mai mare;
- Gradul de mărunţire şi afânare a solului scade odată cu mărirea lăţimii de lucru;
- Capacitate de lucru orară creşte odată cu mărirea lăţimii de lucru;
- Viteza efectivă de lucru scade cu cât creşte lăţimea de lucru.

CAPITOLUL 3

CERCETĂRI TEORETICE ŞI EXPERIMENTALE PRIVIND AGREGATELE DE ARAT

3.1. CONSIDERAŢII TEORETICE PRIVIND PROCESUL DE LUCRU AL PLUGULUI

Organele active ale uneltelor pentru lucrarea solului sunt în formă de pană şi lucrează ca pene având suprafaţa dreaptă sau curbă. Drept exemple de pene simple pot constitui cuţitele lungi ale plugurilor, brăzdarele, cuţitele cultivatoarelor. Penele cu suprafaţa curbă sunt de diferite forme cum ar fi cormanele plugurilor, cuţitele disc, vârfurile brăzdarelor maşinilor de semănat, unele cuţite ale cultivatoarelor.

În afară de faptul că organele active pentru mașinile de lucrat solul sunt reprezentate printr-o formă sau alta de pană, unele organe active ale altor mașini sunt tot în formă de pană, de exemplu elementele tăietoare ale aparatelor de tăiere, cuțitele tocătorilor de paie, cuțitele aparatelor de treierat, etc [24].

Dacă se are în vedere faptul că proprietățile mecanice ale solului sunt determinate nu numai de textura acestuia (nisip, argilă, humus etc), ci și de starea acestuia (neomogenitate, umiditate, stare de înțelenire, etc), atunci caracterul deformațiilor solului sub acțiunea penei poate fi reprezentat, în general în următoarele variante:

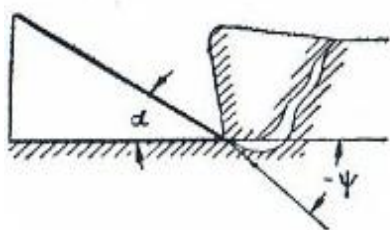


Fig. 3.2. Deformarea brazdei în cazul unui sol uscat și cu coeziune mare [32]

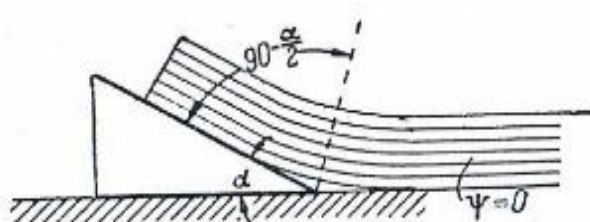


Fig. 3.3. Deformarea brazdei într-un sol înțelenit și cu umiditate ridicată [32]

3.1.1. Frecarea pe suprafața activă

Forța P necesară pentru deplasarea penei se poate determina, neglijând frecarea, ca fiind proiecția apăsării normale pe direcția de apăsare (fig.3.6).

$$(3.1) \quad P = N \sin \alpha$$

3.1.2. Pana oblică

Anterior s-a precizat că pana a cărei suprafață activă este dispusă oblic, necesită o forță mai mică pentru deplasarea acesteia în sol, decât o pană dreaptă. Această pană oblică îndeplinește anumite funcții suplimentare; înainte de toate este necesar să se scoată în evidență faptul că aceasta poate fi analizată ca o pană mai complexă, ea cuprinzând mai multe pene simple

3.1.3. Răsturnarea brazdei

Suprafața activă a trupiței plugului se compune din brăzdar, pieptul și aripa cormanei, brăzdarul fiind un element ce poate fi înlocuit. Înainte de a trece la caracterizarea suprafețelor active, se analizează de la început factorii care determină conturul transversal al cormanei. Aceștia rezidă din însăși procesul de lucru efectuat de plug.

Procesul decurge în următoarele faze:

1. Separarea brazdei sub forma unui strat de sol de o adâncime (a) și lățime (b) date.

Această separare este efectuată de brăzdar (care execută tăierea în plan orizontal) și de cuțit, care execută tăierea în plan vertical.

2. Ridicarea brazdei cu rotirea concomitentă a acesteia. Această fază este îndeplinită de pieptul cormanei.
3. Răsturnarea și deplasarea definitivă a brazdei este executată de aripa cormanei.

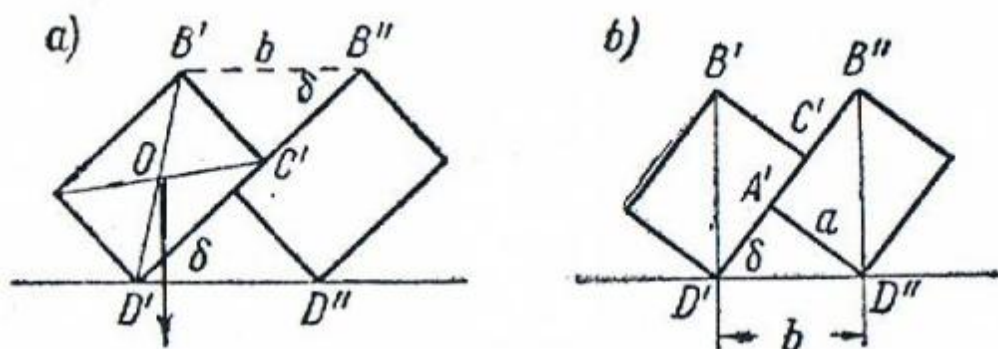


Fig. 3. 14. Poziția stabilă (a) și nestabilă (b) a brazdei răsturnate [32]

3.2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE PRIVIND PARAMETRII DE LUCRU AI PLUGURILOR

3.2.1. Calculul forței de tracțiune al plugului

Pentru determinarea cu exactitate a necesarului de energie pentru acționarea plugurilor, cât și pentru a urmării influențele diferiților factori ce intervin, trebuie cunoscute cauzele care determină forțele de rezistență ce apar în timpul lucrării de arat. Forța de rezistență la tracțiune reprezintă o sumă a tuturor forțelor ce rezultă ca urmare a interacțiunii organelor active și auxiliare cu solul, pe direcție orizontală, care este dependentă de foarte mulți factori, iar în urma studiilor efectuate, acești factori se pot grupa în trei categorii:

- factori dependenți de sol și anume: tipul solului; proprietățile fizico-mecanice ale solului (compoziție, textură, structură, etc.); starea solului (umiditate, grad de compactare, grad de îmburuienare, etc.); condițiile de relief; microrelieful suprafeței de rulare;
- factori constructivi: forma și tipul organelor active; calitatea suprafețelor organelor active (material, rugozitate, coeficient de frecare etc.); starea tehnică a muchiilor active (gradul de uzură a tăișului brăzdarului); forma, tipul și starea tehnică a organelor auxiliare; masa plugului;
- factori de exploatare: dimensiunile brazdei (adâncime, lățime); numărul de trupețe; viteza de lucru; modul de cuplare cu tractorul; corectitudinea reglajelor efectuate.

O serie de cercetători au încercat să elaboreze o relație analitică prin care să poată fi determinată forța de rezistență la arat, cunoscută sub denumirea de „formulă rațională”, dată de relația:

$$F_p = f \cdot G_p + n \cdot F_x = f \cdot G_p + n(k_0 \cdot a \cdot b + a \cdot b \cdot \varepsilon \cdot v^2) \quad (3.21)$$

unde: a - este adâncimea brazdei, în m.

b - lățimea brazdei, în m;

n - număr de trupețe;

k_0 - rezistență specifică globală a solului la arat, în N/m^2 ;

v - viteza de lucru, în m/s;

ε - coeficient care ține seama de forma organelor active și forțele de inerție ce acționează asupra brazdei, în $N \cdot s^2/m^4$.

$F_f = f \cdot G_p$ (unde G_p reprezintă greutatea plugului, iar f este un coeficient global de rezistență la deplasare), care înglobează rezistența la rulare a roții de copiere și forța de frecare a plazului cu peretele brazdei. Termenul $k = k_0 + \varepsilon \cdot v^2$ poate fi definit ca o rezistență specifică globală a plugului la arat și înglobează rezistența opusă la tăierea, desprinderea, deformarea și accelerarea masei de sol aflată la un moment dat pe trupiță [13].

3.3. CONCLUZII

- Forța de rezistență la tracțiune a plugurilor reprezintă o sumă a tuturor forțelor ce rezultă ca urmare a interacțiunii organelor active și auxiliare cu solul, pe direcția orizontală.
- Ea este dependentă de foarte mulți factori : dependenți de sol, constructivi și de exploatare.
- Adâncimea de lucru are o influență liniară asupra rezistenței la tracțiune. Rezistența solului la deformarea și răsturnarea brazdei, crește liniar cu adâncimea de lucru.
- Lățimea brazdei are o influență asupra rezistenței la tracțiune. În cazul brazdei cu lățime mică, rezultă și bulgări cu dimensiuni reduse, dar rezistențele specifice ating valori ridicate.
- Umiditatea solului are o influență directă asupra rezistenței la tracțiune. Variația rezistenței la tracțiune în funcție de umiditate, are o formă parabolică, având un minim pentru o anumită valoare a umidității. Prin creșterea umidității, scade coeziunea solului, producând reducerea rezistenței la tracțiune, ca urmare a micșorării necesarului de energie pentru deformarea solului.
- Rezistența specifică la arat, scade cu aproximativ până la 20% la plugurile cu cormane lamelare, deoarece scade coeficientul de frecare și forțele de adeziune, datorită reducerii suprafeței de contact dintre brazdă și sol.
- Calitatea și materialul din care este confecționată suprafața cormanei, reprezintă un element de mare importanță privind rezistența specifică. Dintre materialele plastice, teflonul reduce atât frecarea dintre sol și cormana cât și forțele de adeziune, ceea ce duce la scăderea rezistenței specifice la arat.
- Metoda de cuplare a plugului la tractor are o influență hotărâtoare asupra rezistenței la tracțiune și a consumului de combustibil. Deplasarea corectă și stabilă a agregatului de arat este asigurată când rezultanta forțelor de rezistență în lucru trece prin centrul instantaneu de rotație în plan orizontal al mecanismului de suspendare al tractorului.
- Starea tehnică a tăișului brăzdarului constituie un alt element de influență asupra rezistenței specifice la tracțiune ale plugurilor. Creșterea grosimii tăișului brăzdarului ca urmare a uzurii, pe lângă faptul că majorează rezistența la tracțiune, mai determină și destabilizarea plugului. Creșterea grosimii muchiei brăzdarului de la 1,0 mm la 3,0 mm duce la majorarea cu 20 % a rezistenței la tracțiune și cu 10 % a consumului de combustibil, ceea ce înseamnă că rezistența la tracțiune crește cu 10,8 % iar consumul de combustibil cu 5,88 % pe fiecare mm de uzură .

CAPITOLUL 4

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND PROCESUL DE LUCRU AL PLUGURILOR CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILĂ

4.1. OBIECTIVELE CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE

Incercările experimentale au fost efectuate pe câmpul experimental din incinta INMA București-Băneasa în scopul determinării comportamentului agregatului de arat în funcție de parametrii reglabili ai plugului (lățime de lucru, adâncime de lucru, viteză).

Agregatul de arat a fost format dintr-un tractor agricol pe roți New Holland de 80 CP și un plug de tip purtat cu lățime de lucru variabilă cu trei trupe.

Pentru analiza din punct de vedere dinamic și energetic, experimentele au avut drept scop determinarea forțelor care acționează asupra agregatului agricol la mersul în sarcină, atât asupra tractorului cât și a plugului, respectiv, a parametrilor dinamici și de exploatare (viteza de lucru, cantitatea de combustibil, forța de tracțiune, puterea de tracțiune, adâncimea de lucru, lățimea de lucru, patinarea) și indicilor calitativi de lucru (gradul de mărunțire a solului după lucrarea de arat și gradul de incorporare a resturilor vegetale).

Obiectivul principal al cercetărilor experimentale constă în comportarea dinamică și energetică a agregatului de arat, format din tractor pe roți și plug purtat cu lățime de lucru variabilă, pentru optimizarea parametrilor constructivi ai plugului și scoaterea în evidență a influenței sistemelor de reglare a lățimii de lucru, la deplasarea în lucru pe diferite tipuri de sol, în diverse condiții de teren și cu diferite adâncimi de lucru.

Pentru realizarea obiectivului principal, au fost efectuate următoarele determinări :

- determinarea caracteristicilor terenului pe care s-au efectuat probele;
- determinarea forței de tracțiune a plugului și a consumului de combustibil al tractorului la lucrarea de arat;
- determinarea gradului de mărunțire a solului după lucrarea de arat;
- determinarea gradului de incorporare a resturilor vegetale.

În cadrul cercetărilor experimentale, s-au stabilit pentru realizarea experimentărilor trei viteze de lucru, trei lățimi și trei adâncimi de lucru, rezultând un număr de 27 de experimente (probe). Pentru fiecare experiment a fost alocată o suprafață de sol cu lungimea de 50 m și lățimea corespunzătoare de lucru pe care au fost efectuate ulterior testele.

4.2. CARACTERISTICILE TERENULUI PE CARE S-AU EFECTUAT PROBELE

Tipul de sol pe care s-au făcut cercetările experimentale, este brun roscat de pădure [24].

Structura stratului arat al solului se caracterizează în primul rând prin repartiția după mărime a elementelor structurale, adică după alcătuirea structurală, denumire care sugerează un sens similar celui de alcătuire granulometrică folosit pentru repartiția după mărime a particulelor elementare și la definirea texturii solului.

4.2.1 Metodica, aparatura utilizată și rezultate privind determinarea experimentală a umidității solului

Conținutul de apă sau umiditatea masică sau gravimetrică se exprimă sub formă de procente din masa solului uscat: [29]

$$u = \frac{a}{s} \cdot 100 \quad (4.1)$$

unde : u este umiditatea masică (%);

a – cantitatea de apă din proba de sol analizată (g);

s – cantitatea de sol din proba de sol analizată (g).

Tabelul 4.3. Rezultate obținute pentru umiditatea a solului.

	Nr probă	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Adanci me preleva re probe (cm)	5	5	5	10	10	10	15	15	15	5	5	5	10	10	10	15	15	15	5	5	5	10	10	10	15	15	15
	Puncte masura																											
a ₁ [g]	Punct 1	2.5	2.5	2.5	2.7	2.9	2.9	3.1	3.1	3.1	2.5	2.5	2.6	2.8	2.8	2.9	2.8	3.0	3.0	2.5	2.5	2.6	2.8	2.7	2.8	3.0	3.0	3.0
s ₁ [g]		10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.8	10.1	9.8	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
u ₁ [%]		24.8	24.5	24.0	26.5	27.4	27.1	29.8	29.8	30.1	24.5	24.8	25.0	26.7	26.9	27.4	27.0	30.3	28.5	25.0	24.4	26.5	27.2	26.5	27.7	28.3	28.6	28.6
a ₂ [g]	Punct 2	2.7	2.5	2.6	2.8	2.9	2.9	2.8	3.1	3.1	2.5	2.4	2.3	2.9	2.7	2.6	3.1	2.8	3.1	2.4	2.5	2.6	2.8	2.6	2.9	2.7	3.1	3.1
s ₂ [g]		10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.8	10.1	10.1	9.7	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.9	10.1	9.4	10.1	10.1
u ₂ [%]		26.2	24.8	24.5	26.7	27.6	27.4	26.9	30.1	31.6	24.0	23.1	23.7	28.2	24.8	25.4	30.7	26.0	29.3	23.8	23.6	25.0	26.9	26.3	28.4	28.7	30.7	30.7
a ₃ [g]	Punct 3	2.5	2.5	2.5	2.8	2.8	2.8	3.3	3.3	3.2	2.4	2.4	2.6	2.7	2.6	3.1	3.0	2.9	3.1	2.6	2.7	2.4	2.8	2.9	2.8	3.2	2.9	3.0
s ₃ [g]		10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.9	10.1	10.1	9.5	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	11.1	10.1	10.1	10.1	9.9	10.1	10.1
u ₃ [%]		24.5	24.5	23.8	26.2	27.5	26.3	30.8	31.7	28.3	23.5	23.5	24.6	27.5	26.5	29.0	28.3	28.3	30.4	24.8	25.2	21.6	26.2	27.4	26.3	32.4	28.8	28.8
a ₄ [g]	Punct 4	2.4	2.6	2.7	2.9	2.9	2.7	2.9	3.1	3.1	2.5	2.6	2.7	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.2	2.4	2.5	2.4	2.9	2.8	2.7	2.9	3.1	2.9
s ₄ [g]		10.1	10.1	10.1	9.9	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.7	10.1	10.1	10.1	11.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
u ₄ [%]		23.1	24.5	25.2	29.3	27.0	26.4	28.0	29.0	27.4	24.2	25.0	26.5	26.8	26.9	31.4	29.0	29.0	22.9	22.4	23.0	28.4	28.0	25.2	28.0	29.5	28.4	28.4
a ₅ [g]	Punct 5	2.6	2.4	2.3	2.8	2.8	3.0	3.2	2.9	2.8	2.8	2.7	2.4	2.4	2.7	2.7	2.9	3.2	3.1	2.5	2.4	2.6	2.8	2.4	2.6	3.0	3.2	2.9
s ₅ [g]		10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.7	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.9	9.9	9.7	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	9.9	10.1	9.8	10.1	10.1	9.4	9.4
u ₅ [%]		25.5	24.0	22.3	26.2	26.9	28.0	33.4	28.7	27.4	26.2	25.7	22.4	24.2	28.1	27.8	31.4	29.2	23.8	23.3	26.1	27.2	24.5	26.9	29.4	31.4	30.9	30.9
Umiditate masică medie a solului	Valoa-re medie	24.3	24.3	24.3	26.9	26.9	26.9	29.4	29.4	29.4	24.3	24.3	24.3	26.9	26.9	26.9	29.4	29.4	29.4	24.3	24.3	24.3	26.9	26.9	26.9	29.4	29.4	29.4

Determinarea rezistenței la penetrare este o metodă simplă și eficientă de evaluare a stării de tasare a solului, corelată cu umiditatea solului. Determinarea rezistenței la penetrare reprezintă de asemenea o cale simplă de estimare indirectă a rezistenței la arat sau altor lucrări ale solului, precum și dezvoltarea și pătrunderea în sol a sistemului radicular. Este ușor de determinat, motiv pentru care ea a devenit unul din principalii indicatori de caracterizare mecanică a solului [38].

Nr probă	Adâncimea de măsurare [m]	Măsuratoare 1 [Pa]	Măsuratoare 2 [Pa]	Măsuratoare 3 [Pa]	Rezistența medie la penetrare r [Pa]
1	0.1	728740.6	728814.7	729679.7	729078.3
2	0.1	728605.3	729043	729726.2	729124.9
3	0.1	728450.1	729829	730273	729517.4
4	0.2	1155680	1157190	1157762	1156877
5	0.2	1155689	1156762	1156832	1156428
6	0.2	1155767	1157073	1157587	1156809
7	0.3	1572158	1573681	1574377	1573405
8	0.3	1572409	1572419	1573069	1572633
9	0.3	1572251	1572473	1573007	1572577
10	0.1	728784.2	729406.3	730258.8	729483.1
11	0.1	728543.4	729919.8	730554.8	729672.7
12	0.1	728444.2	728699.4	728992.6	728712.1
13	0.2	1155911	1156098	1156868	1156292
14	0.2	1155952	1157421	1158034	1157136
15	0.2	1155496	1156339	1157203	1156346
16	0.3	1572429	1573900	1574515	1573615
17	0.3	1572294	1573929	1573979	1573400
18	0.3	1571979	1572065	1572924	1572323
19	0.1	728835.1	730296.7	731072.3	730068
20	0.1	728689.3	729706.8	730269.4	729555.2
21	0.1	728829.3	728984.3	729365.1	729059.6
22	0.2	1155525	1156279	1156480	1156095
23	0.2	1155732	1156563	1156744	1156346
24	0.2	1155647	1155788	1155885	1155773
25	0.3	1571908	1573289	1573615	1572937
26	0.3	1572403	1573504	1573908	1573272
27	0.3	1572400	1573247	1573793	1573146

4.3. Caracteristicile constructive și funcționale ale agregatului de arat

Lucrarea de arat are ponderea cea mai mare din punct de vedere al consumului de energie și al fondului de timp de folosire a parcului de tractoare. Pentru executarea lucrării de arat, se consumă cea mai mare cantitate de energie mecanică, reprezentând circa 30-35% din totalul de energie consumată pentru executarea mecanizată a lucrărilor în producția vegetală [19].

În cadrul cercetărilor experimentale s-a folosit un tractor New Holland TD 80D (fig.4.6) de 80 CP și un plug cu lățime variabilă cu trei trupite (fig.4.8).

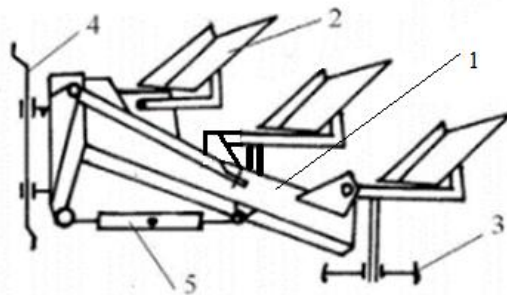


Fig. 4.8. Schema constructivă a plugului cu lățime variabilă:
1 – cadru reglabil; 2 – trupită; 3 - roată de copiere; 4 – dispozitiv de cuplare;
5 – tirant al mecanismului de reglaj a lățimii de lucru [24]

4.4. Metodica de efectuare a probelor și aparatura utilizată

Probele au fost efectuate în poligoanele destinate cercetărilor experimentale situate în incinta INMA București Băneasa.

Pentru efectuarea probelor experimentale, terenul a fost delimitat prin jaloane, obținându-se astfel sole de testare cu lungimea de 50 metri. Între sole s-a lăsat un spațiu de 10 m pe lungimea de lucru pentru a permite agregatului tractor-plug să atingă regimul de lucru impus.

Pentru realizarea încercărilor s-au impus următoarele condiții:

- adâncimea de lucru: s-au avut în vedere 3 valori pentru adâncimea de lucru, 10, 20 și 30 cm;
- adâncimile de lucru alese corespund valorilor minimă, maximă și medie reglate pentru efectuarea experimentărilor;
- viteza de deplasare: încercările s-au efectuat la trei viteze de deplasare, stabilite în funcție de condițiile concrete de exploatare și de caracteristicile cutiei de viteze a tractorului la turația nominală a motorului de 2200 rot/min (treapta I – 0.9 m/s, treapta II – 1.5 m/s și treapta III – 1.9 m/s), reprezentând vitezele uzuale care se folosesc în practică la arat;
- lățimea de lucru: s-au avut în vedere 3 reglaje ale lățimii de lucru, respectiv 80, 100 și 120 cm;
- lățimile de lucru alese corespund valorilor minimă, maximă și medie reglate pentru efectuarea experimentărilor;

Înainte de începerea încercărilor s-au efectuat următoarele activități:

- s-a efectuat expertiza tehnică a principalelor organe și a tuturor îmbinărilor demontabile și nedemontabile în scopul verificării funcționării corespunzătoare a acestora; [7]
- s-a verificat modul de cuplare și asigurare la tiranții tractorului pentru evitarea deconectării accidentale în timpul lucrului;

- s-a verificat modul de funcționare a dispozitivelor, instalației hidraulice și mecanismelor, reglarea acestora, pe platformă betonată, cu reproducerea efectivă a condițiilor de lucru;
- s-au verificat mijloacele de măsurare și încercare dacă sunt conforme metrologic și sunt în stare de funcționare, examinând totodată perioada de valabilitate inscripționată pe eticheta de verificare aplicată pe aparat;
- s-au verificat reglajele organelor active de lucru;
- plugul cu lățime variabilă, a fost dotat cu roată de copiere [22].

În tabelul următor se prezintă programul de realizare a celor 27 de probe și modul de combinare a lățimilor, adâncimilor și vitezelor de lucru impuse.

Tabelul 4.5. Valorile mărimilor reglate la fiecare probă.

Număr identificare probă	Lățime de lucru [m]	Adâncime de lucru [m]	Treaptă viteză de lucru	Viteza teoretică (m/s)
1.	0.8	0.1	I	0.9
2.	0.8	0.1	II	1.5
3.	0.8	0.1	III	1.9
4.	0.8	0.2	I	0.9
5.	0.8	0.2	II	1.5
6.	0.8	0.2	III	1.9
7.	0.8	0.3	I	0.9
8.	0.8	0.3	II	1.5
9.	0.8	0.3	III	1.9
10.	1	0.1	I	0.9
11.	1	0.1	II	1.5
12.	1	0.1	III	1.9
13.	1	0.2	I	0.9
14.	1	0.2	II	1.5
15.	1	0.2	III	1.9
16.	1	0.3	I	0.9
17.	1	0.3	II	1.5
18.	1	0.3	III	1.9
19.	1.2	0.1	I	0.9
20.	1.2	0.1	II	1.5
21.	1.2	0.1	III	1.9
22.	1.2	0.2	I	0.9
23.	1.2	0.2	II	1.5
24.	1.2	0.2	III	1.9
25.	1.2	0.3	I	0.9
26.	1.2	0.3	II	1.5
27.	1.2	0.3	III	1.9

4.4.1. Metodica și aparatură utilizată pentru determinarea vitezei de lucru

Viteza de lucru a fost determinată prin cronometrarea timpului necesar parcurgerii distanței de 50 m dintre două jaloane, situate în zona de determinare efectivă. Distanța a fost măsurată cu ruleta, iar timpul a fost măsurat cu cronometrul [24] .

$$v = \frac{s}{t} \quad (4.2)$$

unde:

s – spațiul parcurs (în cazul de față 50 m);

t – timpul de lucru (s).

Determinarea vitezei de lucru s-a făcut pentru fiecare din cele 27 de probe din programul de încercare prezentat în tabelul 4.6.

Tabel 4.6. Viteza medie de lucru la fiecare probă.

Nr identificare probă	Lățime reglată de lucru L [m]	Adâncime reglată de lucru a [m]	Timp [s]	Viteza medie v [m/s]
1	0.8	0.1	53.19	0.94
2	0.8	0.1	31.85	1.57
3	0.8	0.1	26.46	1.89
4	0.8	0.2	54.95	0.91
5	0.8	0.2	37.04	1.35
6	0.8	0.2	27.47	1.82
7	0.8	0.3	56.18	0.89
8	0.8	0.3	40.00	1.25
9	0.8	0.3	34.01	1.47
10	1	0.1	56.18	0.89
11	1	0.1	34.01	1.47
12	1	0.1	26.88	1.86
13	1	0.2	56.82	0.88
14	1	0.2	38.76	1.29
15	1	0.2	28.90	1.73
16	1	0.3	61.73	0.81
17	1	0.3	42.02	1.19
18	1	0.3	31.25	1.60
19	1.2	0.1	57.47	0.87
20	1.2	0.1	34.48	1.45
21	1.2	0.1	28.74	1.74
22	1.2	0.2	56.82	0.88
23	1.2	0.2	39.37	1.27
24	1.2	0.2	29.59	1.69
25	1.2	0.3	62.50	0.80
26	1.2	0.3	43.86	1.14
27	1.2	0.3	28.74	1.74

Se observă că rezultatele obținute pentru viteza de lucru au valori diferite deși încercările au fost făcute conform programului de încercare din tabelul 4.6 unde au fost stabilite vitezele teoretice de lucru. Aceste diferențe se datorează fenomenului de patinare.

4.4.2. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea patinării tractorului

În punctul de contact dintre roata motoare și sol, apare o mișcare relativă care are sensul contrar deplasării roții.

Patinarea se apreciază prin coeficientul de patinare δ (%), definit prin relația:[28]

$$\delta = \frac{n_s - n_t}{n_s} \times 100 \quad (4.3)$$

unde:

δ – coeficientul de patinare (%);

n_t – numărul de rotații al roții libere;

n_s – numărul de rotații al roții în sarcină.

Prin măsurare s-a determinat raza dinamică a roții motoare a tractorului folosit la experimentări care are o valoare de 0,71m astfel încât $n_t = 11,21$ rot, pentru parcurgerea a 50 m.

Patinarea stînga - dreapta s-a obținut după înregistrarea numărului de rotații pentru fiecare roată în parte pentru distanța de 50 m și compararea cu numărul de rotații teoretice de 11.21 rotații. Ulterior s-a calculat media patinărilor obținute pentru roțile motoare ale tractorului (stînga și dreapta) și s-a obținut patinarea medie.

În tabelul 4.7, se prezintă rezultatele măsurătorilor efectuate în cadrul patinării.

Tabel 4.7. Rezultatele obținute pentru patinare.

Nr identificare probă	Numărul de rotații roată stînga	Numărul de rotații roată dreapta	Patinare stînga δ_s [%]	Patinare dreapta δ_d [%]	Patinare medie δ [%]
1	12.9	13.1	13.1	14.43	13.8
2	13.2	13.25	15.08	15.4	15.2
3	13.3	13.6	15.71	17.57	16.7
4	13	13.2	13.77	15.08	14.4
5	13.4	13.45	16.34	16.65	16.5
6	13.7	13.55	18.18	17.27	17.7
7	13.05	13.6	14.1	17.57	15.8
8	13.3	13.8	15.71	18.77	17.2
9	13.7	13.9	18.18	19.35	18.8
10	12.85	13.4	12.76	16.34	14.6
11	12.95	13.7	13.44	18.18	15.8
12	13.6	13.7	17.57	18.18	17.9
13	13.25	13.2	15.4	15.08	15.2
14	13.55	13.7	17.27	18.18	17.7
15	13.7	13.75	18.18	18.47	18.3
16	13.3	13.45	15.71	16.65	16.2
17	14	14.15	19.93	20.78	20.4
18	14.7	14.7	23.74	23.74	23.7
19	13	13.6	13.77	17.57	15.7
20	13.6	13.75	17.57	18.47	18
21	13.8	13.9	18.77	19.35	19.1
22	13.3	13.65	15.71	17.88	16.8
23	13.8	13.85	18.77	19.06	18.9
24	14.1	13.85	20.5	19.06	19.8

Nr identificare probă	Numărul de rotații roată stânga	Numărul de rotații roată dreapta	Patinare stânga δ_s [%]	Patinare dreapta δ_d [%]	Patinare medie δ [%]
25	13.45	13.7	16.65	18.18	17.4
26	14	14.1	19.93	20.5	21.2
27	14.65	14.95	23.48	25.02	24.2

4.4.3. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea lățimii de lucru și a unghiului trupaței

Pentru determinarea lățimii reale de lucru pentru fiecare din cele 27 de experimente s-au făcut determinări ale acestora, pe brazdele nou create.

Mai întâi s-a reglat utilajul pentru lățimea de lucru aleasă fig 4.9, în felul următor:

- utilizând o riglă s-a materializat direcția paralelă cu axa de înaintare a tractorului pe care calcă roata de copiere a plugului cu lățime de lucru variabilă;

- s-a acționat șurubul de reglare a lățimii de lucru până când distanța dintre riglă și direcția paralelă a vârfului exterior al brăzdarului ultimei trupațe a plugului a corespuns reglajului impus, respectiv 0.8, 1 și 1.2 metri.

- pentru fiecare lățime de lucru reglată s-a măsurat folosind raportorul optic unghiul trupaței față de direcția de înaintare.

După trecerea utilajului s-a măsurat distanța de la fiecare țaruș la peretele brazdei, iar lățimea de lucru s-a determinat prin diferența între rezultatele obținute înainte și după trecerea utilajului. Pe baza măsurătorilor lățimii de lucru efective făcute în diferitele puncte ale brazdei s-au calculat, următorii indici:[32][55]

- lățimea medie de lucru, B [cm]:

$$B = \frac{\sum_i^n B_i}{n} \quad (4.4)$$

unde: B_i = lățimea de lucru [cm];

n - numărul măsurătorilor efectuate.

- abaterea medie pătratică a lățimii de lucru, σ_B [cm]:
$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_i^n (B_i - B)^2}{n-1}} \quad (4.5)$$

- indicele de variație a lățimii de lucru, V_B [%]:

$$V_B = \frac{\sigma_B}{B} \times 100 \quad (4.6)$$

Tabel 4.8. Rezultatele măsurătorilor pentru lățimea de lucru reglată de 0,8 m

	Nr identificare probă								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr punctului de măsurare	Lățimea de lucru (m)								
1	0.801	0.84	0.80	0.83	0.81	0.83	0.81	0.81	0.81
2	0.804	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.83	0.81	0.85

3	0.809	0.83	0.84	0.82	0.82	0.85	0.81	0.85	0.84
4	0.805	0.85	0.82	0.82	0.83	0.85	0.84	0.82	0.85
5	0.8	0.80	0.85	0.83	0.83	0.82	0.83	0.84	0.84
6	0.78	0.78	0.79	0.78	0.82	0.80	0.81	0.78	0.79
7	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.80	0.78	0.80
8	0.8	0.83	0.82	0.83	0.84	0.83	0.82	0.83	0.81
9	0.845	0.87	0.87	0.89	0.88	0.86	0.85	0.87	0.86
10	0.8	0.82	0.84	0.81	0.83	0.81	0.80	0.84	0.84
11	0.83	0.86	0.85	0.85	0.86	0.87	0.83	0.84	0.88
12	0.807	0.83	0.84	0.81	0.81	0.83	0.83	0.82	0.81
13	0.818	0.84	0.86	0.86	0.83	0.86	0.83	0.86	0.85
14	0.81	0.82	0.81	0.83	0.82	0.81	0.83	0.85	0.86
15	0.815	0.86	0.84	0.82	0.84	0.83	0.85	0.84	0.86
16	0.81	0.83	0.85	0.83	0.86	0.82	0.85	0.86	0.86
17	0.772	0.81	0.82	0.78	0.79	0.80	0.79	0.79	0.80
18	0.797	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.84
19	0.8	0.81	0.81	0.83	0.81	0.84	0.82	0.81	0.80
20	0.804	0.82	0.83	0.80	0.83	0.85	0.81	0.82	0.81
Lățimea medie de lucru B (m)	0.80	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.83	0.83
σ_B (m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
V_B (%)	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03

Tabel 4.9. Rezultatele măsurătorilor pentru lățimea de lucru reglată de 1 m

	Nr identificare probă								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nr repetitii	Lățimea de lucru (m)								
1	1.01	1.05	1.03	1.05	1.05	1.05	1.04	1.06	1.02
2	1.02	1.06	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02	1.07	1.04
3	1.04	1.05	1.04	1.07	1.07	1.07	1.04	1.07	1.08
4	1.03	1.04	1.03	1.07	1.08	1.04	1.06	1.04	1.03
5	1.02	1.07	1.03	1.03	1.05	1.03	1.05	1.03	1.05
6	1.02	1.05	1.03	1.06	1.04	1.03	1.06	1.04	1.05
7	1.05	1.10	1.10	1.10	1.08	1.05	1.08	1.09	1.09
8	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.04	1.03	1.02	1.05
9	1.10	1.13	1.10	1.11	1.11	1.12	1.14	1.11	1.10
10	1.05	1.06	1.05	1.06	1.09	1.09	1.05	1.07	1.09
11	1.01	1.01	1.04	1.03	1.03	1.01	1.02	1.03	1.05
12	0.95	0.98	0.99	0.99	0.98	0.96	0.98	0.99	0.98
13	0.95	0.99	0.98	0.97	1.00	0.98	1.00	0.96	0.96
14	1.10	1.13	1.11	1.10	1.11	1.11	1.13	1.13	1.13
15	1.10	1.11	1.12	1.13	1.11	1.14	1.11	1.11	1.15
16	1.02	1.03	1.02	1.02	1.04	1.02	1.04	1.02	1.04

	Nr identificare probă								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nr repetitii	Lăţimea de lucru (m)								
17	1.02	1.07	1.06	1.04	1.07	1.04	1.03	1.06	1.05
18	0.93	0.96	0.97	0.96	0.98	0.97	0.97	0.93	0.97
19	0.95	0.98	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00	0.98	0.97
20	0.93	0.94	0.95	0.97	0.95	0.97	0.95	0.97	0.98
Lăţimea medie de lucru B (m)	1.01	1.04	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
$\sigma_B(m)$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$V_B (\%)$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Tabel 4.10. Rezultatele măsurătorilor pentru lăţimea de lucru reglată de 1,2 m

	Nr identificare probă								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Nr repetitii	Lăţimea de lucru (m)								
1	1.20	1.22	1.21	1.21	1.25	1.23	1.25	1.23	1.24
2	1.21	1.23	1.23	1.25	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23
3	1.25	1.27	1.27	1.25	1.25	1.28	1.25	1.29	1.27
4	1.24	1.26	1.27	1.27	1.26	1.24	1.25	1.26	1.24
5	1.24	1.26	1.24	1.28	1.27	1.25	1.26	1.29	1.27
6	1.21	1.22	1.21	1.23	1.22	1.22	1.24	1.22	1.25
7	1.12	1.14	1.17	1.13	1.13	1.15	1.13	1.13	1.16
8	1.15	1.18	1.16	1.16	1.16	1.17	1.19	1.19	1.16
9	1.21	1.25	1.24	1.26	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25
10	1.21	1.25	1.26	1.26	1.22	1.21	1.21	1.25	1.22
11	1.21	1.25	1.21	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25
12	1.13	1.14	1.16	1.16	1.14	1.17	1.15	1.14	1.15
13	1.13	1.16	1.17	1.16	1.15	1.15	1.15	1.17	1.13
14	1.13	1.13	1.14	1.13	1.18	1.18	1.16	1.16	1.16
15	1.23	1.25	1.28	1.27	1.28	1.23	1.28	1.25	1.24
16	1.13	1.15	1.18	1.14	1.17	1.14	1.15	1.16	1.15
17	1.29	1.31	1.31	1.34	1.31	1.31	1.34	1.32	1.31
18	1.29	1.29	1.31	1.31	1.33	1.31	1.33	1.32	1.30
19	1.28	1.30	1.29	1.28	1.29	1.28	1.29	1.31	1.30
20	1.21	1.25	1.24	1.22	1.21	1.22	1.25	1.22	1.24
Lăţimea medie de lucru B (m)	1.20	1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.23	1.23	1.23
$\sigma_B(m)$	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
$V_B (\%)$	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05

În figura 4.11, se prezintă variația lățimii de lucru măsurate în cele 20 de puncte de măsură pentru probele cu lățimea de lucru impusă de 0.8 m (proba 1), 1 m (proba 10) respectiv 1.2 m (proba 19). Se poate observa că în toate cazurile nu există variații mari ale lățimii de lucru, fapt care confirmă realizarea unei lucrări de arătură uniformă pe parcursul întregii sole experimentale.

4.4.4. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea adâncimii de lucru

Pentru determinarea adâncimii de lucru, pentru fiecare din cele 27 de probe s-au făcut determinări ale acesteia, pe brazdele nou create.

Mai întâi s-a reglat utilajul pentru adâncimea de lucru aleasă în felul următor:

- pe o suprafață betonată s-a acționat șurubul de reglare a adâncimii de lucru până când distanța dintre vârful brazdarelor și baza roții de stabilire a adâncimii de lucru a corespuns reglajului impus, respectiv 0.1, 0.2 și 0.3 metri.

Pentru fiecare probă efectuată, adâncimea de lucru s-a determinat măsurând cu ajutorul riglei și a ruletei distanța dintre suprafața câmpului și fundul de brazdă lăsat de plug în 20 de puncte, la interval de 2 m între punctele de măsurare (fig 4.12). Pe baza măsurătorilor efectuate s-au calculat : [32][55]

- adâncimea medie de lucru, a [cm]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (4.7)$$

unde: a_i = adâncimea de lucru [cm];

n - numărul măsurătorilor efectuate.

- abaterea medie pătratică a adâncimii de lucru, σ_a [cm];[32]

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - a)^2}{n-1}} \quad (4.8)$$

- indicele de variație a adâncimii de lucru, V_a [%];[32]

$$V_a = \frac{\sigma_a}{a} \times 100 \quad (4.9)$$

În figura următoare se prezintă variația adâncimii de lucru măsurate în cele 20 de puncte de măsură pentru probele cu adâncimea de lucru de 0,10 m (proba 1), adâncimea de lucru de 0,20 m (proba 10) respectiv adâncimea de lucru de 0,30 m (proba 19). Se poate observa că în toate cazurile nu există variații mari ale adâncimii de lucru, fapt care confirmă realizarea unei lucrări de arat uniformă pe parcursul întregii sole experimentale.

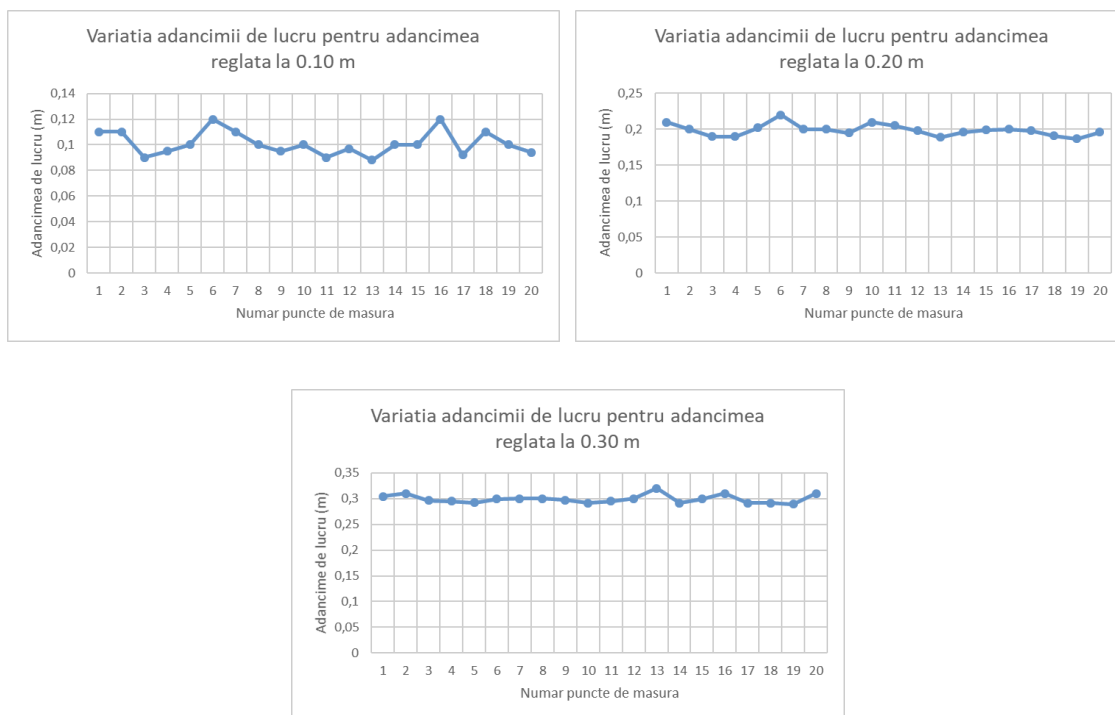


Fig. 4.13. Variația adâncimii efective de lucru pentru adâncimi reglate la 0.1m (proba 1), 0.2m (proba 10), respectiv 0.3 m (proba 19)

4.4.5. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea forței de tracțiune

Pentru determinarea experimentală prin măsurători a forțelor care acționează în elementele de cuplare dintre tractor și mașină, s-a realizat un sistem de măsurare format dintr-un cadru (rama tensometrică), montată între tiranții mecanismelor de suspendare și mașina cuplată (plug).

Rama tensometrică este o construcție rigidă de care se prind cadrele port inele, cu posibilități de alegere a pozițiilor relative față de ramă (șuruburi și orificii alungite) în funcție de sistemul de cuplare al mașinii agricole la tractor; măsoară eforturi în plan orizontal și vertical; domeniul de măsură al forțelor: 50-1500 daN/ cadru port inel [24].

- forța de tracțiune medie, F [N]:

$$F_I = \frac{\sum_i^n F_i}{n} \quad (4.10)$$

Unde F_i reprezintă valoarea forței măsurată la fiecare probă;

n – reprezintă numărul maxim de eșantioane,

$n = ft$, în care t este timpul de lucru.

În figura 4.17, este prezentat pentru exemplificare, graficul forței de tracțiune funcție de timp.

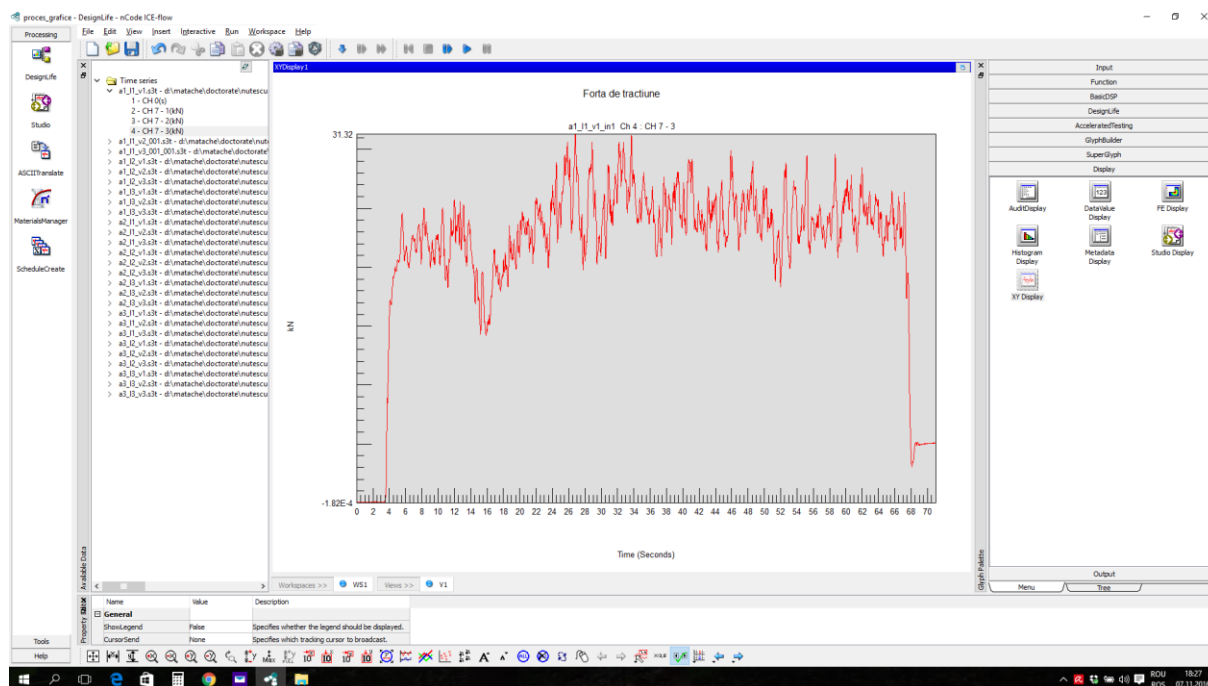


Fig. 4.17. Evoluția în timp a forței de tracțiune (anexa)

4.4.6. Metodica și aparatura utilizată pentru determinarea consumului de combustibil

Pentru determinarea consumului de combustibil, s-a ales metoda volumetrică. Consumul de combustibil s-a determinat prin raportarea cantității de combustibil consumat în timpul unei probe la suprafața lucrată. Astfel tractorul a fost alimentat dintr-un cilindru gradat (fig 4.18) și pentru fiecare din cele 27 de probe s-a înregistrat volumul de combustibil consumat.

Pe baza măsurătorilor efectuate s-a calculat:

$$C = \frac{V}{S} \quad [l/ha] \quad (4.12)$$

Unde:

V – volum de combustibil consumat (l)

S – suprafața de lucru (ha)

Pentru toate cele 27 de probe, lungimea poligonului de probă a fost fixă, respectiv 50 m iar lățimea B a fost de 0.8, 1, respectiv 1.2 m.

Astfel

$$S = 0.005 B \quad [ha] \quad (4.13)$$

Unde B – lățimea de lucru (m)

4.4.7. Metodica și aparatura utilizată privind determinarea gradului de mărunțire a solului .

Determinarea gradului de mărunțire a solului, reprezintă proporția în greutate a fracțiunilor de sol cu dimensiuni ale bulgărilor mai mici de 20, cuprinși între 20 și 50 mm, între 50 și 100 mm și respectiv mai mari de 100 mm, raportată la masa a probei de sol. Gradul de mărunțire se calculează în % cu relația:[32]

$$G_{xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M_{cxi}}{M_{ti}}}{n} \times 100 \quad (4.14)$$

în care:

x reprezintă dimensiunea de referință a bulgărilor mai mici de 20 mm (x=1), cuprinși între 20 și 50 mm (x=2), între 50 și 100 mm (x=3) și respectiv mai mari de 100 mm (x=4) iar i reprezintă măsurătoarea curentă;

M_{cxi} - masa bulgărilor de sol cu dimensiunea de referință a bulgărilor mai mici de 20 mm, cuprinși între 20 și 50 mm, între 50 și 100 mm și respectiv mai mari de 100 mm din proba de sol luată exprimată în Kg;

M_{ti} - masa întregii probe de sol exprimată în Kg;

n - numărul repetițiilor efectuate.

Determinările se efectuează prin cântărire cu balanța. Astfel, se jalonează o zonă cu suprafața de 1 m², aleasă aleator pe suprafața deja arată în urma probelor efectuate (fig.4.19). Se decopertează stratul de sol arat până la adâncimea aleasă de lucru și se trece prin site cu diametrul găurilor standard de 20, 50 și 100 mm.

4.4.8. Metodica și aparatura utilizată privind determinarea gradului de încorporare a resturilor vegetale după lucrarea de arat

Gradul de încorporare sau de acoperire a resturilor vegetale, G_v [%] conform SR 13230-94, pct. 2.3.8 reprezintă raportul dintre cantitatea de masă vegetală rămasă pe suprafața arăturii și masa vegetală existentă pe suprafața câmpului înainte de trecerea utilajului (se exprimă în procente). Determinările se execută la cel puțin 20 cm de capetele poligonului [32].

Pentru determinarea gradului de încorporare a resturilor vegetale, se efectuează următoarele operații: înainte și după efectuarea probelor de arat se recoltează pe diagonalele poligonului experimental un număr de 5 repetiții prin adunarea în pungi de plastic a tuturor resturilor vegetale ce se găsesc pe suprafața solului (dacă sunt prinse parțial în sol se taie la nivelul solului). Cele 5x2 probe se usucă la aer, se cântăresc și apoi se calculează valorile medii ale masei vegetale existente pe un metru pătrat al parcelei, în cele două situații: înainte și după trecerea agregatului.

Prin raportarea acestor valori medii la valoarea masei vegetale existente pe un metru pătrat înainte de trecerea plugului, se obține gradul de acoperire a resturilor vegetale G_v , cu ajutorul relației:[3]

$$G_{vi} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{G_{ti} - G_{si}}{G_{ti}}}{n} \times 100 \quad (4.15)$$

unde: G_{si} - greutatea masei vegetale, rămasă pe suprafața solului, pe proba luată, după trecerea agregatului [g];

G_{ti} - greutatea totală a masei vegetale de la suprafața solului, pe proba luată înainte de trecerea agregatului [g].

În tabelul 4.20 se prezintă valorile obținute pentru gradul de încorporare a resturilor vegetale pentru cele 27 de experimente efectuate

Tabelul 4.20. Rezultate obținute la determinarea gradului de încorporare a resturilor vegetale după lucrarea de arat

Nr identificare proba	G_{t1} [g]	G_{t2} [g]	G_{t3} [g]	G_{t4} [g]	G_{t5} [g]	G_{s1} [g]	G_{s2} [g]	G_{s3} [g]	G_{s4} [g]	G_{s5} [g]	G_v [%]
1	470	423	447	482	483	54	57	62	66	54	87.26

Nr identificare proba	G _{t1} [g]	G _{t2} [g]	G _{t3} [g]	G _{t4} [g]	G _{t5} [g]	G _{s1} [g]	G _{s2} [g]	G _{s3} [g]	G _{s4} [g]	G _{s5} [g]	G _v [%]
2	471	423	447	483	484	56	59	63	69	55	86.85
3	469	426	449	486	485	59	59	64	72	58	86.46
4	468	423	449	484	484	41	42	44	43	38	90.96
5	465	421	446	481	482	39	41	43	41	37	91.20
6	462	418	443	478	480	37	39	40	41	35	91.55
7	459	415	439	476	477	24	20	26	22	19	95.09
8	456	412	437	476	477	22	19	24	21	17	95.47
9	455	410	434	472	396	21	17	22	19	16	95.63
10	452	408	433	469	396	58	61	62	68	64	85.45
11	451	407	430	468	393	59	65	65	71	64	84.89
12	449	404	428	465	390	61	66	65	71	65	84.53
13	447	402	424	464	387	43	45	48	42	40	89.70
14	445	400	424	464	384	40	44	47	40	38	90.13
15	443	399	422	461	466	38	43	46	39	37	90.69
16	441	466	419	458	465	25	22	27	24	21	94.68
17	438	396	418	456	462	23	21	27	22	21	94.77
18	435	393	414	455	460	21	20	25	21	20	95.00
19	431	390	413	453	456	63	64	64	66	58	85.24
20	430	477	410	452	453	64	66	67	66	61	85.36
21	428	477	409	449	452	65	67	69	68	62	85.01
22	427	475	408	448	451	44	46	49	44	42	89.78
23	425	473	405	446	449	42	46	48	41	40	90.09
24	424	472	403	444	446	41	45	48	40	37	90.33
25	420	472	400	442	445	24	26	28	24	22	94.28
26	419	469	399	441	444	23	25	27	23	22	94.48
27	417	468	398	439	444	23	24	25	22	21	94.68

În tabelul 4.21 se regăsesc grupați parametrii măsurați în timpul încercărilor experimentale.

Tabelul 4.21. Rezultate experimentale generale.

Nr proba	Latime de lucru B [m]	Adancime de lucru a [m]	Viteza medie v [m/s]	Unghiul trupelei $\gamma [^\circ]$	Coefficient de patinare δ_v [%]	Fora de tractiune medie F [N]	Umiditate [%]	Consum de combustibil C [l/ha]	Grad de acoperire a resturilor vegetale [%]
1	0.80	0.10	0.94	36.65	13.80	17150	24.3	27.50	87.26
2	0.83	0.12	1.57	36.65	15.20	17560	24.3	25.20	86.85
3	0.83	0.13	1.89	36.65	16.70	17590	24.3	23.00	86.46
4	0.83	0.20	0.91	36.65	14.40	20960	26.9	28.70	90.96
5	0.83	0.22	1.35	36.65	16.50	21170	26.9	26.50	91.20
6	0.83	0.23	1.82	36.65	17.70	22100	26.9	24.30	91.55
7	0.82	0.30	0.89	36.65	15.80	23530	29.43	29.60	95.09
8	0.83	0.33	1.25	36.65	17.20	23850	29.43	28.30	95.47
9	0.83	0.32	1.47	36.65	18.80	24130	29.43	26.50	95.63
10	1.01	0.10	0.89	38.89	14.60	18240	24.3	29.80	85.45
11	1.04	0.12	1.47	38.89	15.80	19150	24.3	27.70	84.89
12	1.03	0.13	1.86	38.89	17.90	19970	24.3	25.40	84.53
13	1.04	0.20	0.88	38.89	15.20	21760	26.9	28.30	89.70
14	1.04	0.21	1.29	38.89	17.70	22060	26.9	27.10	90.13
15	1.04	0.23	1.73	38.89	18.30	22950	26.9	26.70	90.69
16	1.04	0.30	0.81	38.89	16.20	23560	29.43	30.40	94.68
17	1.04	0.31	1.19	38.89	20.40	24320	29.43	28.60	94.77
18	1.04	0.32	1.60	38.89	23.70	24480	29.43	27.70	95.00
19	1.20	0.10	0.87	41.13	15.70	20980	24.3	31.10	85.24
20	1.23	0.12	1.45	41.13	18.00	21160	24.3	28.20	85.36
21	1.23	0.11	1.74	41.13	19.10	21440	24.3	27.40	85.01
22	1.23	0.20	0.88	41.13	16.80	24280	26.9	30.70	89.78
23	1.23	0.21	1.27	41.13	18.90	24320	26.9	28.80	90.09
24	1.22	0.20	1.69	41.13	19.80	24720	26.9	28.40	90.33
25	1.23	0.30	0.80	41.13	17.40	26240	29.43	30.60	94.28
26	1.23	0.31	1.14	41.13	21.20	26840	29.43	29.30	94.48
27	1.23	0.30	1.74	41.13	24.20	28130	29.43	29.00	94.68

4.5. Concluzii

Caracteristicile solului variaza de la o zona la alta in functie de numerosi factori, cum ar fi clima si altitudinea. Tipul de sol pe care s-au facut cercetarile experimentale, este brun roscat de padure. Pentru efectuarea probelor experimentale, terenul a fost delimitat prin jaloane, obtinandu-se astfel sole de testare cu lungimea de 50 metri. Intre sole s-a lasat un spatiu de 10 m pe lungimea de lucru pentru a permite agregatului tractor - plug sa atinga regimul de lucru impus.

Pentru realizarea incercarilor s-au impus urmatoarele conditii:

- Adancimea de lucru: s-au avut in vedere 3 valori pentru adancimea de lucru, 10, 20 si 30 cm; Adancimile de lucru alese corespund valorilor minima, maxima si medie reglate pentru efectuarea experimentarilor.
- Viteza de deplasare: incercarile s-au efectuat la trei viteze de deplasare, stabilite in functie de conditiile concrete de exploatare si de caracteristicile cutiei de viteze a tractorului la turatia nominala a motorului de 2200 rot/min (treapta I – 0.9 m/s, treapta II – 1.5 m/s si treapta III – 1.9 m/s), reprezentand vitezele uzuale care se folosesc in practica la arat;
- Latimea de lucru: s-au avut in vedere 3 reglaje ale latimii de lucru, respectiv 80, 100 si 120 cm;
- Latimile de lucru alese corespund valorilor minima, maxima si medie reglate pentru efectuarea experimentarilor.

In cadrul cercetarilor experimentale s-a folosit un tractor New Holland TD 80D de 80 CP si un plug cu latime variabila cu trei trupe.

Plugul cu lățime de lucru variabilă a fost echipat cu 3 trupițe cu lățimea de lucru a unei trupite, cuprinsă între limitele 26...40 cm, iar cadrul plugului, este realizat sub forma unui mecanism paralelogram deformabil. Forma paralelogramului cadrului și implicit lățimea de dispunere a trupițelor se poate modifica prin modificarea lungimii tirantului central.

Plugul purtat cu lățime variabilă de lucru, cu trei trupițe folosit la experimentări este recomandat terenurilor de șes și solurilor cu o rezistență specifică de până la 1 daN/cm^2 .

În urma experimentărilor au fost obținuți indicii care au caracterizat procesul de lucru (forța și puterea de tracțiune, consum de combustibil, patinare, adâncime de lucru, lățime de lucru și viteză de lucru) cât și indicii calitativi (grad de mărunțire și grad de încorporare a resturilor vegetale).

CAPITOLUL 5

PRELUCRAREA ȘI INTERPRETAREA DATELOR EXPERIMENTALE OBTINUTE LA INCERCAREA PLUGULUI CU LĂȚIME DE LUCRU VARIABILĂ

5.1. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILE

Prelucrarea datelor experimentale se face în vederea obținerii unor funcții de regresie multivariabile de forma politropică sau polinomială care să permită aprecierea indicilor funcționali, energetici și calitativi ai plugului cu lățime de lucru variabilă. În timpul încercărilor experimentale s-au modificat următoarele variabile independente:

- Viteza de deplasare;
- Adâncimea de lucru;
- Lățimea de lucru;

Ne-am propus să determinăm funcțiile de regresie multivariabile pentru următorii parametri:

- Forța de tracțiune a plugului cu lățime de lucru variabilă;
- Patinarea roților motoare ale tractorului;
- Gradul de mărunțire a solului;
- Gradul de încorporare a resturilor vegetale;
- Variația adâncimii de lucru;
- Variația lățimii de lucru;
- Consumul de combustibil raportat la suprafața prelucrată.

Pentru calculul acestora vom determina expresiile analitice ale unor funcții multivariabile definite ca o funcție de tipul:

$$y = f(x_i, a_0, a_i, a_{ii}, a_{ij}) \quad (5.1)$$

care să exprime dependența funcției y de variabilele independente x_i și de constantele a_0, a_i, a_{ii}, a_{ij} . Datorită complexității rezolvării problemei este necesară parcurgerea mai multor etape. Acestea sunt următoarele:

- Întocmirea unui program adecvat de organizare a experiențelor;
- Determinarea valorilor constantelor;
- Testarea semnificației variabilelor;
- Testarea adecvanței formei funcției [7].

5.2. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE PENTRU FORȚA DE TRACȚIUNE

5.2.1. Determinarea funcțiilor multivariabile de forma polinomială

Pentru determinarea coeficienților funcțiilor multivariabile s-au ales variabilele independente ce influențează variabila dependentă și intervalul de variație a acestora:

- Adâncimea de lucru: $a = 0.1 - 0.3$ m;
- Viteza de lucru: $v = 0.9 - 1.9$ m/s;
- Lățimea de lucru $0.8 - 1.2$ m ceea ce corespunde unei lățimi de lucru a trupeții $b=0.2 - 0.4$ m.

Programul experimental de încercări pentru determinarea funcțiilor multivariabile pentru forța de tracțiune este prezentat în tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Programul de experimentări pentru determinarea forței de tracțiune

Nr probă	Coeficient de patinare δ_i [%]	Lățime de lucru B [m]	Adâncime de lucru a_i [m]	Viteza v_i [m/s]	Forța de tracțiune medie F_t [N]
1	13.80	0.80	0.10	0.938889	17150
2	15.20	0.83	0.12	1.569444	17560
3	16.70	0.83	0.13	1.886111	17590
4	14.40	0.83	0.20	0.908333	20960
5	16.50	0.83	0.22	1.347222	21170
6	17.70	0.83	0.23	1.816667	22100
7	15.80	0.82	0.30	0.886111	23530
8	17.20	0.83	0.33	1.25	23850
9	18.80	0.83	0.32	1.469444	24130
10	14.60	1.01	0.10	0.891667	18240
11	15.80	1.04	0.12	1.472222	19150
12	17.90	1.03	0.13	1.861111	19970
13	15.20	1.04	0.20	0.877778	21760
14	17.70	1.04	0.21	1.294444	22060
15	18.30	1.04	0.23	1.733333	22950
16	16.20	1.04	0.30	0.805556	23560
17	20.40	1.04	0.31	1.188889	24320
18	23.70	1.04	0.32	1.597222	24480
19	15.70	1.20	0.10	0.869444	20980
20	18.00	1.23	0.12	1.447222	21160
21	19.10	1.23	0.11	1.741667	21440
22	16.80	1.23	0.20	0.875	24280
23	18.90	1.23	0.21	1.269444	24320
24	19.80	1.22	0.20	1.694444	24720
25	17.40	1.23	0.30	0.797222	26240
26	21.20	1.23	0.31	1.138889	26840
27	24.20	1.23	0.30	1.744444	28130

Matricea corelațiilor parametrilor de proces mășurați în timpul experiențelor, este dată în tabelul 5.2. Aceasta a fost construită calculându-se coeficientul de corelație pentru fiecare pereche de șiruri de date reprezentând coloanele tabelului 5.1.

Coeficientul de corelație este o măsură a gradului de legătură statistică dintre variabilele cantitative și este definit prin formula următoare:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (5.12)$$

Unde x și y reprezintă șirurile de date pentru care se calculează corelația iar $\bar{x}$ și $\bar{y}$ reprezintă valorile medii ale șirurilor de date.

Aplicând formula de mai sus s-au calculat datele prezentate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2 Matricea coeficienților de corelație a parametrilor mășurați în cadrul experimentărilor

	F [N]	a [m]	b [m]	v [m/s]	δ_v [%]
F [N]	1.000	0.839	0.486	-0.073	-0.717
a [m]	0.839	1.000	0.000	-0.223	-0.504
b [m]	0.486	0.000	1.000	-0.061	-0.449
v [m/s]	-0.073	-0.223	-0.061	1.000	-0.487
δ_v [%]	-0.717	-0.504	-0.449	-0.487	1.000

Valorile elementelor matricii corelațiilor de corelație conduc la concluzii foarte importante pentru analiza datelor experimentale.

- Forța de tracțiune este puternic corelată (în sens direct) cu adâncimea de lucru și este semnificativ corelată (în sens direct) cu lățimea de lucru, și puternic corelată (în sens invers) cu patinarea;
- Forța de tracțiune nu este corelată semnificativ cu viteza de lucru, cel puțin în intervalul experimental.

5.2.2. Determinarea funcțiilor multivariabile de formă politropică

Pentru determinarea coeficienților funcțiilor multivariabile s-au ales variabilele independente ce influențează variabila dependentă și intervalul de variație a acestora:

- Adâncimea de lucru: $a_d = 0.1 - 0.3$ m;
- Viteza de lucru: $v = 0.9 - 1.9$ m/s;
- Lățimea de lucru a plugului B = $0.8 - 1.2$ m.

Pentru fiecare variabilă independentă s-a ales un nivel inferior și unul superior situat la distanțe egale de un nivel central luat drept origine.

Structura programelor experimentale de cercetare utilizate pentru determinarea funcției y este dat de următoarele elemente [55]:

- Numarul $n^* = 14$ de experiențe efectuate pentru valori diferite ale variabilelor independente, necesare pentru determinarea coeficienților;
- Numarul $n_o = 4$ de experiențe efectuate pentru valori identice ale variabilelor independente, necesare pentru determinarea erorii experimentale;

Numărul total de experiențe $n = n_* + n_o = 18$

În tabelul 5.9 se prezintă valorile calculate cu relația 5.47 pentru forța de tracțiune în funcție de lățimea de lucru și trei valori ale adâncimii de lucru.

Tabelul 5.9. Forța de tracțiune calculată cu relația 5.47

Lățimea de lucru B [m]	Forța de tracțiune [daN]		
	a = 0.1m	a = 0.2m	a = 0.3m
0.8	1693	2016	2232
0.85	1735	2066	2288
0.9	1776	2115	2342
0.95	1815	2162	2394
1	1854	2207	2444
1.05	1891	2252	2494
1.1	1927	2295	2541
1.15	1962	2336	2587
1.2	1996	2377	2633

Cu datele din tabelul 5.9 s-a reprezentat graficul variației forței de tracțiune în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.8.

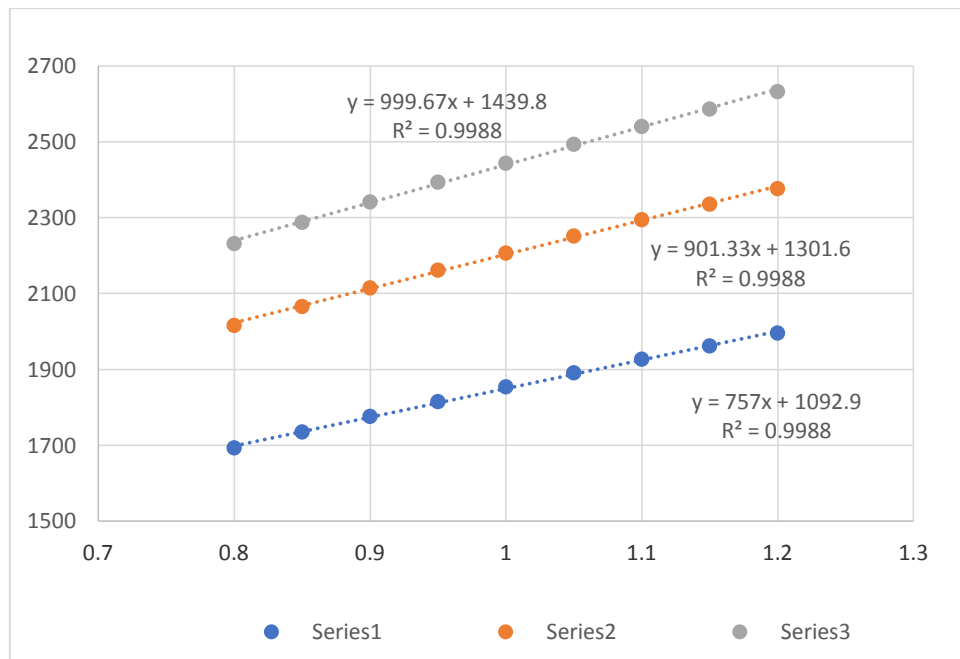


Figura 5.8. Variația forței de tracțiune în funcție de lățimea de lucru B, pentru trei valori ale adâncimii de lucru: a = 0.1 m (seria 1), a = 0.2 m (seria 2) și a = 0.3 m (seria 3)

Din figura 5.8 se constată că forța de tracțiune crește odată cu creșterea adâncimii de lucru și a lățimii de lucru a plugului. Relațiile prezentate în figura 5.8 permit calcul forței de tracțiune pentru una din adâncimile de lucru pentru oricare valoare a lățimii de lucru $B = 0.8 - 1.2$ m.

5.3. DETERMINAREA FUNCȚIILOR MULTIVARIABILE PENTRU GRADUL DE MĂRUNȚIRE

5.3.1. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabile pentru gradul de mărunțire G_1

Gradul de mărunțire este unul din indicii de calitate a lucrării de arat, foarte important. În aceste experiențe, gradul de mărunțire se exprimă prin distribuția procentuală a dimensiunii particulelor de sol rezultate în urma aratului în patru intervale de lungimi diferite ale diametrului generalizat. Deoarece nu există modele matematice deterministe pentru caracterizarea gradului de mărunțire, în continuare se prezintă gradul de mărunțire ca o funcție polinomială de gradul al doilea, dependentă de adâncimea și lățimea de lucru, de viteză și umiditatea solului pentru fiecare din cele 4 dimensiuni de referință: bulgări mai mici de 20 mm, între 20 și 50 mm, între 50 și 100 mm și mai mari de 100 mm.

În tabelul 5.10 se prezintă valorile măsurate ale gradului de mărunțire G_1 , valorile calculate G_{c1} folosind relația 5.50 și eroarea de măsură.

Tabelul 5.10. Valorile variabilelor independente a , B , u , v și dependente G_1 , G_2 , G_3 , G_4

Nr probă	Umiditate sol u_i [%]	Lățime de lucru B_i [m]	Adâncime de lucru a_i [m]	Viteza v_i [m/s]	G_{4i} >100 mm [%]	G_{3i} 100-50 mm [%]	G_{2i} 50-20 mm [%]	G_{1i} <20 mm [%]
1	24.3	0.80	0.10	0.938889	20.70	23.00	34.20	22.10
2	24.3	0.83	0.12	1.569444	20.70	23.70	34.40	21.20
3	24.3	0.83	0.13	1.886111	20.80	23.40	34.70	21.10
4	26.9	0.83	0.20	0.908333	21.70	22.80	32.80	22.70
5	26.9	0.83	0.22	1.347222	22.00	25.10	32.40	20.50
6	26.9	0.83	0.23	1.816667	22.80	23.90	33.70	19.60
7	29.43	0.82	0.30	0.886111	22.60	25.20	32.10	20.10
8	29.43	0.83	0.33	1.25	23.10	24.10	31.10	21.70
9	29.43	0.83	0.32	1.469444	23.40	24.70	30.80	21.10
10	24.3	1.01	0.10	0.891667	21.60	24.20	29.90	24.30
11	24.3	1.04	0.12	1.472222	21.90	25.40	29.40	23.30
12	24.3	1.03	0.13	1.861111	22.40	25.30	28.60	23.70
13	26.9	1.04	0.20	0.877778	23.70	24.70	28.80	22.80
14	26.9	1.04	0.21	1.294444	24.50	25.30	28.90	21.30
15	26.9	1.04	0.23	1.733333	25.30	24.20	29.10	21.40
16	29.43	1.04	0.30	0.805556	26.40	24.30	27.20	22.10
17	29.43	1.04	0.31	1.188889	26.40	24.20	28.30	21.10
18	29.43	1.04	0.32	1.597222	26.80	24.60	27.90	20.70
19	24.3	1.20	0.10	0.869444	22.70	24.20	29.90	23.20
20	24.3	1.23	0.12	1.447222	22.70	25.40	29.40	22.50
21	24.3	1.23	0.11	1.741667	23.60	25.30	28.60	22.50
22	26.9	1.23	0.20	0.875	28.00	24.70	27.40	19.90
23	26.9	1.23	0.21	1.269444	28.30	25.30	27.70	18.70
24	26.9	1.22	0.20	1.694444	29.40	24.20	26.80	19.60
25	29.43	1.23	0.30	0.797222	30.50	24.30	27.80	17.40
26	29.43	1.23	0.31	1.138889	30.80	24.20	26.90	18.10

Nr probă	Umiditate sol u_i [%]	Lățime de lucru B_i [m]	Adâncime de lucru a_i [m]	Viteza v_i [m/s]	G_{4i} >100 mm [%]	G_{3i} 100-50 mm [%]	G_{2i} 50-20 mm [%]	G_{1i} <20 mm [%]
27	29.43	1.23	0.30	1.744444	31.20	24.60	26.20	18.00

Eroarea maximă determinată astfel între datele experimentale și datele calculate a fost de 5.933%, rezultând astfel o precizie bună a modelului propus. Coeficientul de corelare calculat a fost de 0.966, demonstrând o corelație foarte puternică între cele două șiruri.

Pentru umiditatea solului $u = 26\%$, viteza de lucru $v = 0.9$ m/s și trei valori ale adâncimii de lucru s-a calculat cu relația 5.50 gradul de mărunțire G_1 . În tabelul 5.12 se prezintă valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_1 .

Tabelul 5.12. Valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_1 pentru $u = 26\%$ și $v = 0.9$ m/s

Gradul de mărunțire G_1 [%]			
Lățimea de lucru B [m]	$a = 0.1$ m	$a = 0.2$ m	$a = 0.3$ m
0.8	30.3	23.5	55.5
0.85	30.6	24.5	57.1
0.9	29.6	26.1	61.5
0.95	30.5	25.8	59.8
1	30.1	26.1	60.8
1.05	29.4	26.17	61.6
1.1	28.6	26	62.1
1.15	27.5	25.6	62.4
1.2	26.2	25	62.5

Cu datele din tabelul 5.12 s-a reprezentat graficul variației gradului de mărunțire G_1 în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.10.

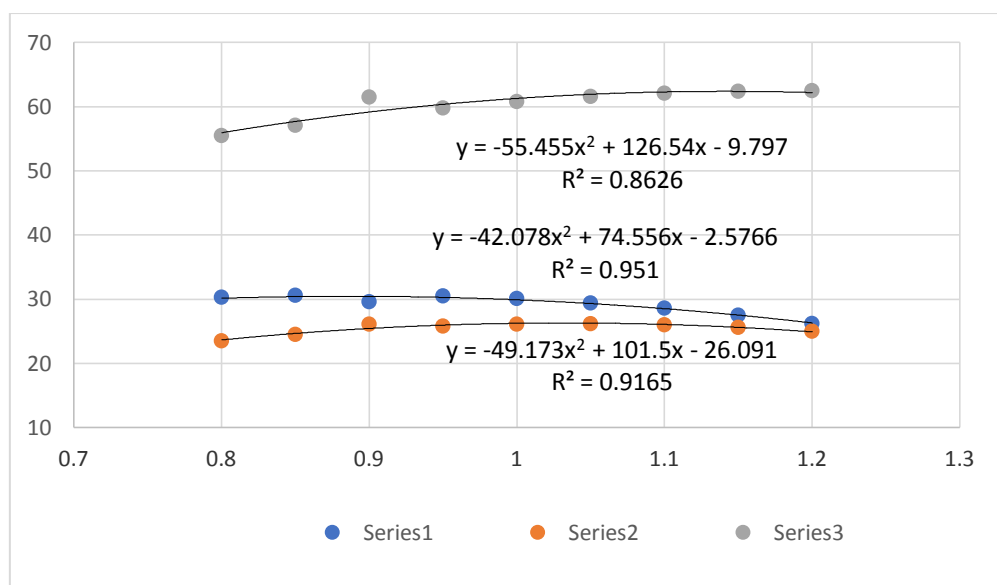


Figura 5.10. Variația gradului de mărunțire G_1 în funcție de lățimea de lucru B , pentru viteza $v = 0.9$ m/s și pentru trei valori ale adâncimii de lucru:

$a = 0.1\text{m}$ (seria 1), $a = 0.2\text{m}$ (seria 2) și $a = 0.3\text{m}$ (seria 3)

Din figura 5.10 se constată că la umiditatea de 26 % și viteza de lucru $v = 0.9\text{ m/s}$ gradul de mărunțire G_1 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are diametrul echivalent mai mic de 20 mm, este maxim pentru adâncimea de lucru $a = 0.3\text{m}$ și lățimea de lucru $B > 1\text{m}$. Pentru adâncimea medie și adâncimea minimă gradul de mărunțire G_1 are valori apropiate, valorile maxime obținându-se pentru lățimi de lucru $B = 0.8 - 1\text{m}$.

5.3.2. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabile pentru gradul de mărunțire G_2

În continuare se prezintă formula de calcul a gradului de mărunțire G_{c2} obținută în urma operației de regresie matematică pentru bulgării cu dimensiuni cuprinse între 50 și 20 mm.

Pentru determinarea coeficientilor funcției multivariabile s-au utilizat datele experimentale prezentate în tabelul 5.10 și s-au ales variabilele independente ce influențează variabila dependentă și intervalul de variație al acestora:

- Adâncimea de lucru: $a = 0.1 - 0.3\text{ m}$;
- Viteza de lucru: $v = 0.9 - 1.9\text{ m/s}$;
- Lățimea de lucru $B = 0.8 - 1.2\text{ m}$ ceea ce corespunde unei lățimi de lucru a trupeții $b = 0.2 - 0.4\text{m}$;
- Umiditatea solului $u = 24.3 - 29.43\%$.

Pentru viteza de lucru $v = 0.9\text{m/s}$ și trei valori ale adâncimii de lucru s-a calculat cu relația 5.51 gradul de mărunțire G_2 . În tabelul 5.19 se prezintă valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_2 .

Tabelul 5.19. Valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_2 pentru $v = 0.9\text{ m/s}$

Lățimea de lucru $B\text{ [m]}$	Gradul de mărunțire $G_2\text{ [%]}$		
	$a = 0.1\text{ m}$	$a = 0.2\text{ m}$	$a = 0.3\text{ m}$
0.8	31.7	30.8	32.2
0.85	27.4	27.6	30.8
0.9	23.3	24.5	29.6
0.95	19.3	21.6	28.6
1	15.6	18.9	27.8
1.05	12	16.4	27.2
1.1	8.7	14.2	26.8
1.15	5.6	12.1	26.6
1.2	2.7	10.2	26.6
$u\text{ [%]}$	0.261	0.28	32.2

Cu datele din tabelul 5.19 s-a reprezentat graficul variației gradului de mărunțire G_2 în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.17.

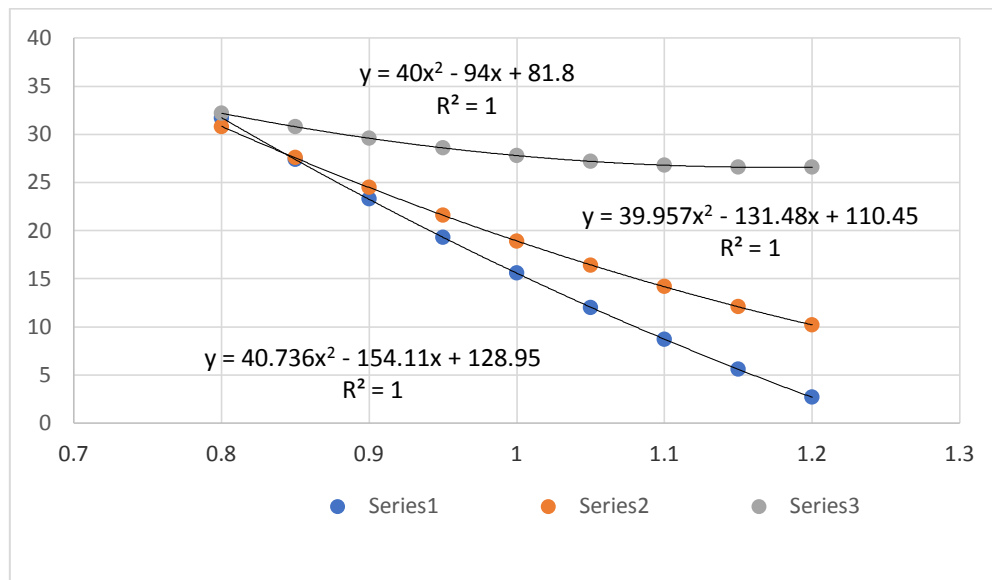


Figura 5.17. Variația gradului de mărunțire G_2 în funcție de lățimea de lucru B , pentru viteza $v = 0.9$ m/s și pentru trei valori ale adâncimii de lucru: $a = 0.1$ m (seria 1), $a = 0.2$ m (seria 2) și $a = 0.3$ m (seria 3)

Din figura 5.17 se constată că la viteza de lucru $v = 0.9$ m/s gradul de mărunțire G_2 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 50 și 20 mm, este maxim pentru adâncimea de lucru $a = 0.3$ m și lățimea de lucru $B = 0.8$ m. Pentru adâncimea medie și adâncimea minimă gradul de mărunțire G_2 are valori apropiate, valorile maxime obținându-se pentru lățimea de lucru $B = 0.8$ m. Gradul de mărunțire G_2 scade odată cu creșterea lățimii de lucru pentru toate adâncimiile de lucru a .

5.3.3. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabile pentru gradul de mărunțire G_3

În continuare se prezintă formula de calcul a gradului de mărunțire G_{c3} obținută în urma operației de regresie matematică pentru bulgării cu dimensiuni cuprinse între 50 și 100 mm.

Pentru determinarea coeficienților funcției multivariabile s-au utilizat datele experimentale prezentate în tabelul 5.10 și s-au ales variabilele independente ce influențează variabila dependentă și intervalul de variație al acestora:

- Adâncimea de lucru: $a = 0.1 - 0.3$ m;
- Viteza de lucru: $v = 0.9 - 1.9$ m/s;
- Lățimea de lucru $B = 0.8 - 1.2$ m ceea ce corespunde unei lățimi de lucru a trupeței $b = 0.2 - 0.4$ m;
- Umiditatea solului $u = 24.3 - 29.4\%$.

Pentru viteza de lucru $v = 0.9$ m/s și trei valori ale adâncimii de lucru s-a calculat cu relația 5.52 gradul de mărunțire G_3 . În tabelul 5.25 se prezintă valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_3 .

Tabelul 5.25. Valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_3 pentru $v = 0.9$ m/s

Lățimea de lucru B [m]	Gradul de mărunțire G_3 [%]		
	a = 0.1 m	a = 0.2 m	a = 0.3 m
0.8	7	1.16	21
0.85	8.6	3.1	19.8
0.9	10.1	5	18.6
0.95	11.6	6.9	17.4
1	13.1	8.7	16.1
1.05	14.6	10.6	14.8
1.1	16	12.4	13.4
1.15	17.5	14.1	12
1.2	18.8	15.9	10.7

Cu datele din tabelul 5.25 s-a reprezentat graficul variației gradului de mărunțire G_3 în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.23.

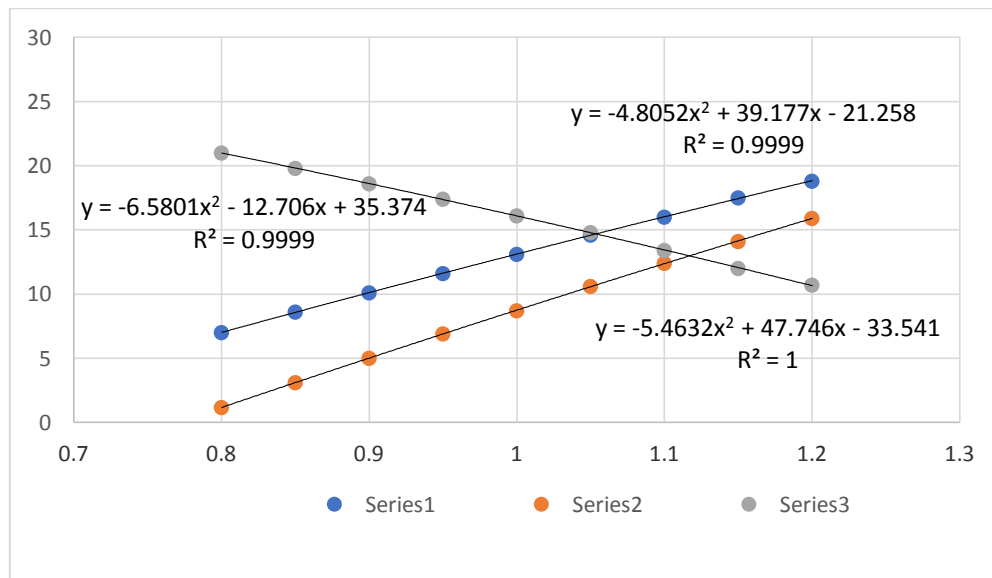


Figura 5.23. Variația gradului de mărunțire G_3 în funcție de lățimea de lucru B , pentru viteza $v = 0.9$ m/s și pentru trei valori ale adâncimii de lucru: $a = 0.1$ m (seria 1), $a = 0.2$ m (seria 2) și $a = 0.3$ m (seria 3)

Din figura 5.23 se constată că la viteza de lucru $v = 0.9$ m/s și adâncimea de lucru $a = 0.1$ m gradul de mărunțire G_3 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 100 și 50 mm, crește de la 7 % la lățimea de lucru $B = 0.8$ m la 18.8% pentru lățimea de lucru

$B = 1.2$ m. Pentru o adâncime de lucru de 0.2 m, gradul de mărunțire G_3 variază direct proporțional cu lățimea de lucru B , având o valoare maximă de 16 % pentru o lățime de lucru de 1.2 m. Pentru adâncimea de lucru de 0.3 m, gradul de mărunțire G_3 variază invers proporțional cu adâncimea de lucru, având valoarea maximă de 21% pentru o lățime de lucru $B = 0.8$ m și o valoare minimă de 10.7 pentru lățimea de lucru $B = 1.2$ m.

Având în vedere că gradul de mărunțire G_3 trebuie să aibă o valoare cât mai mică se recomandă lățimea de lucru $B = 1.2$ m, adâncimea de lucru $a = 0.3$ m pentru umiditatea solului $u = 24.3$ -29.4 % și viteza de lucru este $v = 0.9$ m/s.

5.3.4. Determinarea funcțiilor de regresie multivariabile pentru gradul de mărunțire G_4

În continuare se prezintă formula de calcul a gradului de mărunțire G_{c4} obținută în urma operației de regresie matematică pentru bulgării cu dimensiuni mai mari de 100 mm. Pentru determinarea coeficienților funcției multivariabile s-au utilizat datele experimentale prezentate în tabelul 5.10 și s-au ales variabilele independente ce influențează variabila dependentă și intervalul de variație al acestora:

- Adâncimea de lucru: $a = 0.1 - 0.3$ m;
- Viteza de lucru: $v = 0.9 - 1.9$ m/s;
- Lățimea de lucru $B = 0.8 - 1.2$ m ceea ce corespunde unei lățimi de lucru a trupeții $b = 0.2 - 0.4$ m;
- Umiditatea solului $u = 24.3 - 29.4\%$.

Pentru viteza de lucru $v = 0.9$ m/s și trei valori ale adâncimii de lucru s-a calculat cu relația 5.53 gradul de mărunțire G_4 . În tabelul 5.32 se prezintă valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_4 .

Tabelul 5.32. Valorile calculate pentru gradul de mărunțire G_4 pentru $v=0.9$ m/s

Lățimea de lucru B [m]	Gradul de mărunțire G_4 [%]		
	a = 0.1 m	a = 0.2 m	a = 0.3 m
0.8	20.2	16.54	19.7
0.85	20.3	16.56	20.4
0.9	20.5	17.1	21
0.95	20.8	16.76	22
1	21.2	16.94	22.8
1.05	21.6	17.1	23.7
1.1	22	17.4	24.6
1.15	22.5	17.8	25.6
1.2	23.1	18.19	26.7

Cu datele din tabelul 5.32 s-a reprezentat graficul variației gradului de mărunțire G_4 în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.30.

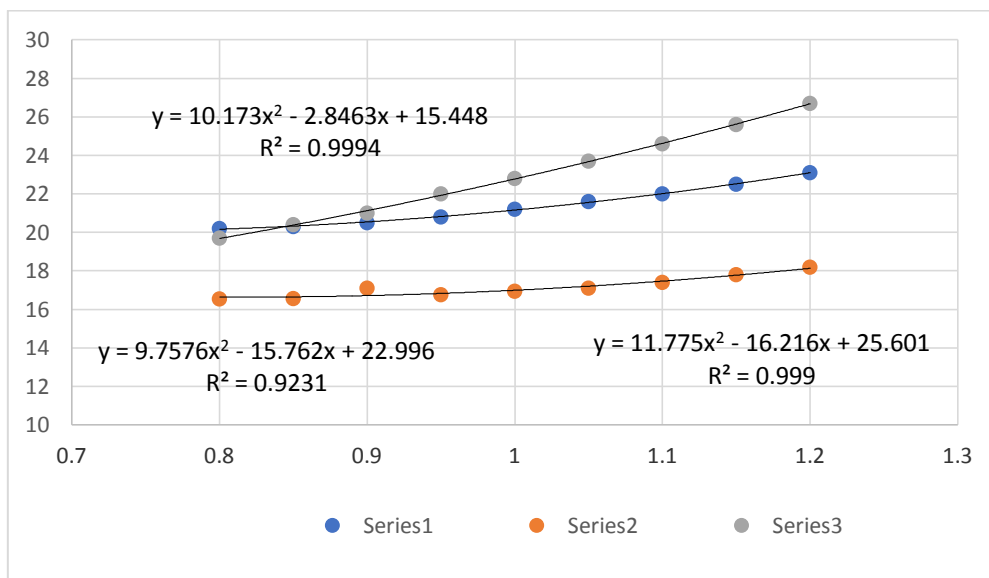


Figura 5.30. Variația gradului de mărunțire G_4 în funcție de lățimea de lucru B , pentru viteza $v=0.9$ m/s și pentru trei valori ale adâncimii de lucru: $a=0.1$ m (seria 1), $a=0.2$ m (seria 3) și $a=0.3$ m (seria 3)

Din figura 5.30 se constată că la viteza de lucru $v=0.9$ m/s gradul de mărunțire pentru care dimensiunea bulgărilor de sol mai mari de 100 mm, este $G_4 = 20.2 - 23.1\%$ pentru adâncimea de lucru $a=0.1$ m și lățimea de lucru $B=0.8 - 1.2$ m. Pentru adâncimea de lucru $a=0.2$ m, gradul de mărunțire este $G_4 = 16.5 - 18.2\%$ iar pentru adâncimea de lucru $a = 0.3$ m gradul de mărunțire este $G_4 = 19.7 - 26.7\%$ atunci când lățimea de lucru este $B = 0.8-1.2$ m.

5.4. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILE PENTRU GRADUL DE INCORPORARE A RESTURILOR VEGETALE ÎN SOL

Gradul de încorporare a resturilor vegetale după lucrarea de arătură este un indice deosebit de important care poate caracteriza calitatea lucrării .

Pentru viteza de lucru $v = 0.9$ m/s și trei valori ale adâncimii de lucru s-a calculat cu relația 5.56 gradul de încorporare a resturilor vegetale G_v . În tabelul 5.40 se prezintă valorile calculate pentru gradul de încorporare G_v .

Tabelul 5.40. Valorile calculate pentru gradul de încorporare G_v pentru $v = 0.9$ m/s

Lățimea de lucru B [m]	Gradul de încorporare G_v [%]		
	$a = 0.1$ m	$a = 0.2$ m	$a = 0.3$ m
0.8	87.5	92.1	95.2
0.85	86.8	91.2	94.6
0.9	86.2	90.4	93.2
0.95	85.7	89.7	93.7
1	85.3	89	93.4
1.05	84.9	88.4	93.1
1.1	84.6	87.8	93
1.15	84.3	87.4	92.8
1.2	84.1	86.9	93.7

Cu datele din tabelul 5.40 s-a reprezentat graficul variației gradului de încorporare a resturilor vegetale G_v în funcție de lățimea de lucru a plugului în figura 5.38.

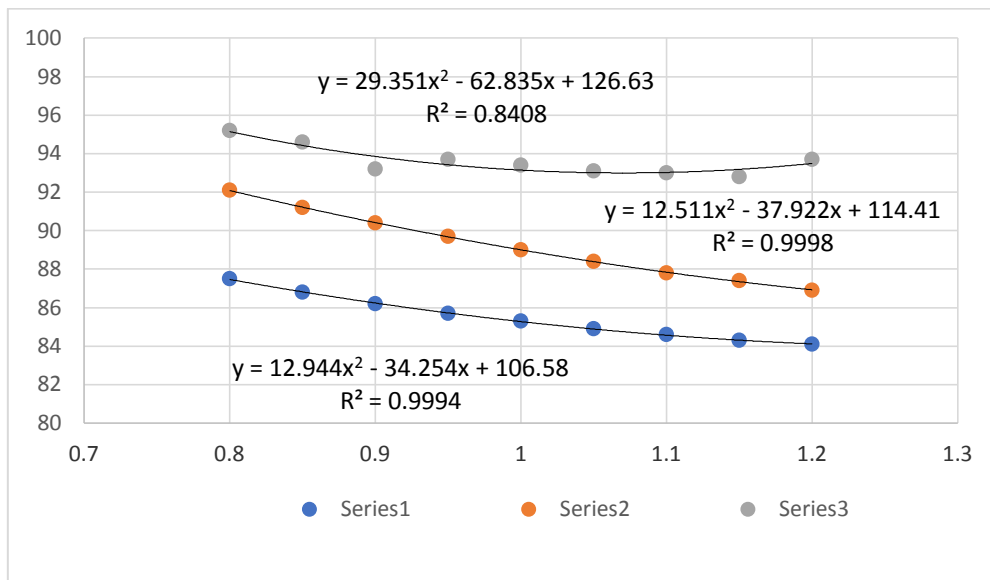


Figura 5.38. Variația gradului de incorporare G_v în funcție de lățimea de lucru B, pentru viteza $v = 0.9$ m/s și pentru trei valori ale adâncimii de lucru: $a = 0.1$ m (seria 1), $a = 0.2$ m (seria 2) și $a = 0.3$ m (seria 3)

Din figura 5.38 se constată că la viteza de lucru $v = 0.9$ m/s gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v , are o variație de la 87.5% pentru lățimea de lucru $B = 0.8$ m la 84.1% pentru lățimea de lucru $B = 1.2$ m pentru o adâncime de lucru $a = 0.1$ m.

Pentru o adâncime de lucru $a = 0.2$ m și pentru o lățime de lucru $B = 0.8$ m gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v , are o valoare de 92.1% iar pentru lățimea de lucru $B = 1.2$ m acesta scade la 86.9%. Pentru adâncimea de lucru $a = 0.3$ m, gradul de incorporare G_v variază mai puțin, de la 95.2% pentru lățimea de lucru $B = 0.8$ m la 93.7% pentru lățimea de lucru $B = 1.2$ m.

5.5. DETERMINAREA FUNCȚIILOR DE REGRESIE MULTIVARIABILE PENTRU CONSUMUL DE COMBUSTIBIL

Consumul de combustibil la lucrarea de arat este un indice deosebit de important care poate caracteriza costul lucrării. Deoarece modelele matematice deterministe pentru caracterizarea consumului de combustibil se referă la caracteristicile motorului tractorului care poate fi diferit de la utilaj la utilaj, în continuare se prezintă consumul de combustibil raportat la suprafața de referință 1a hectar ca o funcție polinomială de gradul întâi, dependentă de lățimea de lucru, de viteză și forța de tracțiune.

$$q = c_0 + c_1 F + c_2 B + c_3 v \quad (5.57)$$

în care notăm:

$c_0 \div c_3$ sunt coeficienții modelului polinomial;

F reprezintă forța de tracțiune;

v este viteza de lucru.

B lățimea de lucru.

Pentru viteza de lucru $v = 1.4$ m/s și trei adâncimi de lucru $B = 0.8$ m, $B = 1$ m și $B = 1.2$ m s-au calculat cu relația 5.58 consumul de combustibil q în funcție de forța de tracțiune F. În tabelul 5.47 se prezintă valorile calculate ale consumului de combustibil q.

Tabelul 5.47. Valorile calculate pentru consumul de combustibil pentru $v = 1.4$ m/s in funcție de forța de tracțiune

Forța de tracțiune [N]	Consumul de combustibil q [l/ha]		
	B=0.8 m	B=1 m	B=1.2 m
17000	25.7	26.6	27.6
18000	25.8	26.8	27.8
19000	26	26.9	27.9
20000	26.1	27.1	28
21000	26.3	27.2	28.2
22000	26.4	27.4	28.3
23000	26.6	27.5	28.5
24000	26.7	27.7	28.6
25000	26.9	27.8	28.8
26000	27	28	28.9
27000	27.2	28.1	29.1
28000	27.3	28.3	29.2

Cu datele din tabelul 5.47 s-a reprezentat graficul variației consumului de combustibil q in funcție de forța de tracțiune a plugului in figura 5.43.

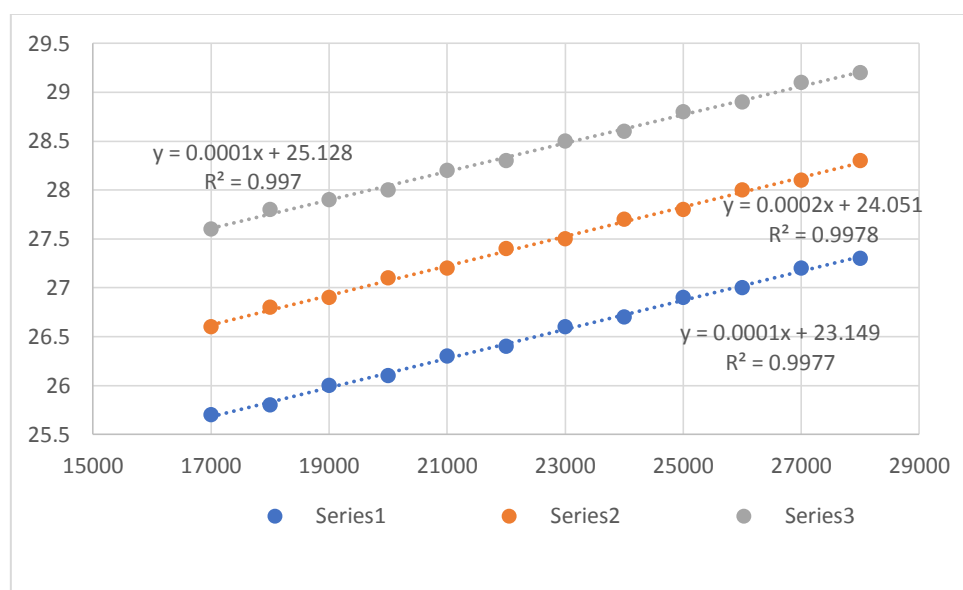


Figura 5.43. Variația consumului de combustibil q in funcție de forța de tracțiune F, pentru viteza de lucru $v=1.4$ m/s și pentru adâncimi de lucru : B=0.8 m (seria 1), B=1 m (seria 2) și B=1.2 m (seria 3)

Din figura 5.43 se constată că consumul de combustibil q, pentru o viteză de lucru de 1.4 m/s, variază direct proporțional cu forța de tracțiune F pentru toate adâncimile de lucru $B = 0.8$ m, $B = 1$ m și $B = 1.2$ m având valori de 25-27 l/ha pentru $B = 0.8$ m, 26-28 l/ha pentru $B = 1$ m și 27-29 l/ha pentru $B = 1.2$ m. De asemenea putem observa că consumul de combustibil q, are o creștere proporțională cu lățimea de lucru B pentru aceeași forță de tracțiune F.

5.6 CONCLUZII

Prelucrarea datelor experimentale s-a făcut în vederea obținerii unor funcții de regresie multivariabile de forma politropică sau polinomială care să permită aprecierea indicilor funcționali, energetici și calitativi ai plugului cu lățime de lucru variabilă. În timpul încercărilor experimentale s-au modificat următoarele variabile independente:

- Viteza de deplasare ($v = 0.9 - 1.9 \text{ m/s}$);
- Adâncimea de lucru ($a = 0.1 - 0.3 \text{ m}$);
- Lățimea de lucru ($B = 0.8 - 1.2 \text{ m}$, ceea ce corespunde unei lățimi de lucru a trupitei $b = 0.2 - 0.4 \text{ m}$).

S-au determinat funcțiile de regresie multivariabile pentru următorii parametri:

- Forța de tracțiune a plugului cu lățime de lucru variabilă;
- Patinarea roților motoare ale tractorului;
- Gradul de mărunțire a solului;
- Gradul de incorporare a resturilor vegetale;
- Variația adâncimii de lucru;
- Variația lățimii de lucru;
- Consumul de combustibil raportat la suprafața prelucrată.

S-a constatat că forța de tracțiune nu depinde de viteza de lucru pentru domeniul de viteze din timpul încercărilor experimentale ($v = 0.9 - 1.2 \text{ m/s}$)

Pentru patinarea roților motoare ale tractorului de 15%, viteza de lucru $v = 1.4 \text{ m/s}$ și trei valori ale adâncimii de lucru se constată că forța de tracțiune crește odată cu creșterea adâncimii de lucru și a lățimii de lucru a plugului.

Forța de tracțiune maximă $F_t = 2813 \text{ daN}$ se obține pentru adâncimea maximă de lucru $a = 0.3 \text{ m}$, lățimea maximă de lucru $L = 1.2 \text{ m}$, umiditatea solului $u = 29.43\%$ și coeficientul de rezistență la penetrare 1571 kPa .

Forța de tracțiune minimă $F_t = 1715 \text{ daN}$ se obține pentru adâncimea de lucru minimă $a = 0.1 \text{ m}$, lățimea minimă de lucru $L = 0.8 \text{ m}$, umiditatea solului $u = 24.3\%$ și coeficientul de rezistență la penetrare 728 kPa .

- Se constată că la umiditatea solului de 26% și viteza de lucru $v = 0.9 \text{ m/s}$ gradul de mărunțire pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are diametrul echivalent mai mic de 20 mm , este maxim $G_1 = 62.5\%$ pentru adâncimea de lucru $a = 0.3 \text{ m}$ și lățimea de lucru $B = 1.2 \text{ m}$. Gradul de mărunțire este minim pentru viteza de lucru $v = 1.9 \text{ m/s}$ ($G_1 = 52.7\%$) și o valoare mai mare ($G_1 = 62.5\%$) pentru viteza $v = 1.4 \text{ m/s}$, lățimea de lucru fiind maxim $B = 1.2 \text{ m}$.
- Se constată că gradul de mărunțire G_2 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 50 și 20 mm , este maxim $G_2 = 33.3\%$ pentru lățimea de lucru $B = 1.2 \text{ m}$ și pentru viteza de lucru $v = 1.4 \text{ m/s}$. Pentru viteza de lucru $v = 0.9 \text{ m/s}$ gradul de mărunțire scade odată cu creșterea lățimii de lucru de la 32.2% ($B = 0.8 \text{ m}$) la 26.6% ($B = 1.2 \text{ m}$). Pentru viteza de lucru $v = 1.9 \text{ m/s}$ gradul de mărunțire scade odată cu creșterea lățimii de lucru de la 27.5% ($B = 0.8 \text{ m}$) la 26.1% ($B = 1.2 \text{ m}$).
- Se constată că la adâncimea de lucru $a = 0.3 \text{ m}$, gradul de mărunțire G_3 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 100 și 50 mm , are valoarea maximă de 24% pentru viteza de lucru de 1.4 m/s și 1.9 m/s și lățimea de lucru $B = 0.8 \text{ m}$. Pentru viteza de lucru de 0.9 m/s , gradul de mărunțire G_3 variază invers proporțional cu lățimea de lucru având o valoare maximă de 21% pentru o lățime de lucru $B = 0.8 \text{ m}$ și valoarea minimă de 10.7% pentru $B = 1.2 \text{ m}$. Gradul de mărunțire $G_3 = 24.3 - 18.6\%$ pentru viteza de lucru $v = 1.4 \text{ m/s}$ și $G_3 = 23.5 - 22.5\%$ pentru viteza de lucru $v = 1.9 \text{ m/s}$ atunci când lățimea de lucru $B = 0.8 - 1.2 \text{ m}$.

- Se constată că la adâncimea de lucru $a = 0.3$ m gradul de mărunțire G_4 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol sunt mai mari de 100 mm, are valoarea maximă de 29.8% pentru viteza de lucru $v = 1.4$ m/s și lățimea de lucru $B = 1.2$. Pentru viteza de lucru 0.9 m/s, gradul de mărunțire G_4 variază în funcție de lățimea de lucru având valori cuprinse între 19.7 – 26.7 %, iar pentru viteza de lucru 1.4 m/s, gradul de mărunțire G_4 variază în funcție de lățimea de lucru având valori cuprinse între 22.3 -29.8 %. Pentru viteza de lucru $v = 1.9$ m/s, gradul de mărunțire G_4 variază cu lățimea de lucru având valori cuprinse între 19.4 - 28.4 %.
- La adâncimea de lucru $a = 0.3$ m gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v are valori mari pentru viteza de lucru $v = 1.9$ m/s și scade atunci când viteza de lucru scade la 1.4 m/s la 0.9 m/s. Gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v variază invers proporțional cu lățimea de lucru.
- Se observă că evoluția consumului de combustibil este corelată cu evoluția celorlalți parametri de lucru: forța de tracțiune, viteza de lucru și lățimea de lucru. Din analiza, se observă că lățimea de lucru are cea mai mare pondere în calculul consumului de combustibil, o lățime mai mare de lucru însemnând și consum mai mare.
- Se constată consumul de combustibil q , pentru o viteză de lucru de 1.9 m/s, variază direct proporțional cu forța de tracțiune F pentru toate adâncimile de lucru $B = 0.8$ m, $B = 1$ m și $B = 1.2$ m având valori de 24-25 l/ha pentru $B = 0.8$ m, 24-26 l/ha pentru $B = 1$ m și 25-27 l/ha pentru $B = 1.2$ m. De asemenea putem observa că consumul de combustibil q , are o creștere proporțională cu lățimea de lucru B pentru aceeași forța de tracțiune F .

CAPITOLUL 6

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII, PERSPECTIVE

6.1 CONCLUZII GENERALE

- Solul este stratul superficial al scoarței terestre în care au loc procese fizico-chimice și biologice, prin care elementele nutritive sunt reținute și acumulate sub formă de materie organică și eliberate prin mineralizare.
- Aratul este operația prin care se asigură tăierea, dislocarea, ridicarea, răsturnarea, mărunțirea, afânarea și incorporarea resturilor vegetale în sol.
- Plugurile cu latime de lucru variabila se utilizează în cazul solurilor cu rezistența specifică la arat variabilă în limite largi, lățimea de lucru putându-se adapta în funcție de posibilitățile de tracțiune ale tractorului. În general aceste pluguri sunt echipate cu 2-5 trupite, iar lățimea de lucru a trupitelor fiind variabilă și cuprinsă între 25-45cm.
- S-au înregistrat un număr de 27 de probe.
- Lățimea de lucru a fost de 0.8, 1 și 1.2 m pentru adâncimea de lucru de 0.1, 0.2 și respectiv 0.3 m. Vitezele de lucru înregistrate au fost în intervalul 0.9 – 1.86 m/s.
- Pentru calculul forței de tracțiune în funcție de lățimea de lucru, adâncimea de lucru și coeficientul de rezistență la înaintare, se pot utiliza atât funcții consacrate cât și funcții de formă polinomială și/sau politropică, abaterile valorilor calculate pentru forța de tracțiune fiind minime.
- Forța de tracțiune maximă $F_t = 2813$ daN se obține pentru adâncimea maximă de lucru $a = 0.3$ m, lățimea maximă de lucru $L = 1.2$ m, umiditatea solului $u=29.43\%$ și coeficientul de rezistență la penetrare 1571 kPa.

- Forța de tracțiune minimă $F_t = 1715$ daN se obține pentru adâncimea de lucru minimă $a = 0.10$, lățimea minimă de lucru $L = 0.8$ m, umiditatea solului $u=24.3\%$ și coeficientul de rezistență la penetrare 728 kPa.

Pentru gradul de mărunțire G_1 cu dimensiunea bulgărilor mai mici de 20 mm sunt următoarele concluzii:

- În urma optimizării funcției polinomiale multivariabile s-a determinat că valoarea minimă a gradului de mărunțire se obține pentru adâncimea de lucru a plugului $a = 0.22$ m, viteza de lucru $v = 1.8$ m/s și umiditatea solului $u = 26\%$.
- Se recomandă ca pentru adâncimea de lucru maximă $a = 0.3$ m și umiditatea solului $u = 26\%$ viteza de lucru să fie $v = 0.9$ m/s, lățimea de lucru $B = 1.2$ m pentru care se obține gradul de mărunțire este $G_1 = 62.5\%$ iar pentru o productivitate maximă, $v = 1.9$ m/s, gradul de mărunțire scade la $G_1 = 52.7\%$.
- Se recomandă pentru obținerea gradului de mărunțire G_1 maxim la adâncimea de lucru maximă $a = 0.3$ m și viteza de lucru $v = 1.9$ m/s lățimea de lucru să fie maximă $B = 1.2$ m/s atunci când umiditatea solului este $u = 24.3 - 29.43\%$.

Pentru gradul de mărunțire G_2 cu bulgării cu dimensiuni cuprinse între 50 și 20 mm s-au obținut următoarele concluzii:

- Se constată că gradul de mărunțire G_2 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 50 și 20 mm, este maxim $G_2 = 33.3\%$ pentru lățimea de lucru $B = 1.2$ m și pentru viteza de lucru $v = 1.4$ m/s. Pentru viteza de lucru $v = 0.9$ m/s gradul de mărunțire scade odată cu creșterea lățimii de lucru de la 32.2% ($B = 0.8$ m) la 26.6% ($B = 1.2$ m). Pentru viteza de lucru $v = 1.9$ m/s gradul de mărunțire scade odată cu creșterea lățimii de lucru de la 27.5% ($B = 0.8$ m) la 26.1% ($B = 1.2$ m).

Pentru gradul de mărunțire G_3 cu bulgării cu dimensiuni cuprinse între 50 și 100 mm s-au obținut următoarele concluzii:

- Se constată că la adâncimea de lucru $a = 0.3$ m, gradul de mărunțire G_3 pentru care dimensiunea bulgărilor de sol are dimensiuni cuprinse între 100 și 50 mm, are valoarea maximă de 24 % pentru viteza de lucru de 1.4 m/s și 1.9 m/s și lățimea de lucru $B = 0.8$ m. Pentru viteza de lucru de 0.9 m/s, gradul de mărunțire G_3 variază invers proporțional cu lățimea de lucru având o valoare maximă de 21% pentru o lățime de lucru $B = 0.8$ m și valoarea minimă de 10.7 % pentru $B = 1.2$ m. Gradul de mărunțire $G_3 = 24.3-18.6\%$ pentru viteza de lucru $v = 1.4$ m/s și $G_3 = 23.5 - 22.5\%$ pentru viteza de lucru $v = 1.9$ m/s atunci când lățimea de lucru $B = 0.8 - 1.2$ m.

Pentru gradul de mărunțire G_4 cu bulgării cu dimensiuni mai mari de 100 mm s-au obținut următoarele concluzii:

- Se constată că gradul de mărunțire G_4 are valori maxime pentru umiditatea solului minimă ($u=26\%$) și lățimea de lucru a plugului minimă ($B=0.8$ m). Valorile minime ale gradului de mărunțire se obțin pentru solurile cu umiditate mare, lățimea de lucru a plugului influențând puțin gradul de mărunțire (18-28%).
- Se recomandă efectuarea lucrării de arat pentru adâncimea maximă $a = 0.3$ m, viteza de lucru $v = 1.9$ m/s, umiditatea solului $u = 29\%$ și lățimea de lucru minimă $B = 0.8 - 1.2$ m pentru care gradul de mărunțire $G_4 = 20 - 28.5\%$.

Referitor la gradul de incorporare a resturilor vegetale în sol s-au constatat următoarele concluzii:

- Se constată că gradul de incorporare a resturilor vegetale este mai mare pentru lățimea de lucru $B = 0.8$ m și scade odată cu creșterea lățimii de lucru. Pentru obținerea unui grad de incorporare a resturilor vegetale mare, se recomandă umidități ale solului $u > 0.24\%$.

- La adâncimea de lucru $a = 0.3$ m gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v are valori mari pentru viteza de lucru $v = 1.9$ m/s și scade atunci când viteza de lucru scade la 1.4 m/s la 0.9 m/s. Gradul de incorporare a resturilor vegetale G_v variază invers proporțional cu lățimea de lucru.

Consumul de combustibil al agregatului de arat pentru un hectar:

- Se observă că evoluția consumului de combustibil este corelată cu evoluția celorlalți parametri de lucru: forța de tracțiune, viteza de lucru și lățimea de lucru. Din analiza, se observă că lățimea de lucru are cea mai mare pondere în calculul consumului de combustibil, o lățime mai mare de lucru însemnând și consum mai mare.
- Se constată consumul de combustibil q , pentru o viteză de lucru de 1.9 m/s, variază direct proporțional cu forța de tracțiune F pentru toate adâncimile de lucru $B = 0.8$ m, $B = 1$ m și $B = 1.2$ m având valori de 24-25 l/ha pentru $B = 0.8$ m, 24-26 l/ha pentru $B = 1$ m și 25-27 l/ha pentru $B = 1.2$ m. De asemenea putem observa că consumul de combustibil q , are o creștere proporțională cu lățimea de lucru B pentru aceeași forța de tracțiune F .

În baza celor prezentate și analizate, se desprind următoarele concluzii:

-Forța de rezistență la tracțiune a plugurilor reprezintă o sumă a tuturor forțelor ce rezultă ca urmare a interacțiunii organelor active și auxiliare cu solul, pe direcția orizontală, generate în procesul tăierii, dislocării, deplasării laterale și întoarcerii brazdei. Valoarea și direcția forțelor se modifică în timp și spațiu ca urmare a variabilității proprietăților fizico-mecanice ale solului și a modificării stării tehnice a organelor active.

-Plugurile cu lățime de lucru variabilă se utilizează în cazul solurilor cu rezistență specifică la arat variabilă în limite largi, lățimea de lucru se poate adopta în funcție de posibilitățile de tracțiune ale tractorului.

-Aceste pluguri sunt echipate cu 2...5 trupițe, lățimea generală de lucru a trupițelor fiind variabilă și cuprinsă între limitele 25-45cm.

-În acest scop, cadrul plugului este realizat sub forma unui mecanism paralelogram deformabil, reglarea realizându-se pe cale mecanică (staționar) sau cu cilindru hidraulic (în lucru).

-Determinarea, înregistrarea și prelucrarea datelor privind evoluția parametrilor urmăriți în cele mai importante puncte pentru tractor și pentru plug, s-a realizat în condiții concrete de lucru și în timp real.

-Organele active ale mașinilor agricole să fie bine reglate pentru a evita forțe de rezistență suplimentare care conduc la mărirea rezistenței specifice k și, deci, a consumului de combustibil la hectar.

-Creșterea vitezei de deplasare în lucru la arat determina creșterea forței de rezistență la arat.

-În timpul cercetărilor experimentale, s-au înregistrat în mod continuu trei forțe de tracțiune, pe tiranții laterali și pe tirantul central, suma lor fiind forța de tracțiune necesară pentru acționarea agregatului agricol.

-Prezența roții de copiere determină o mai bună stabilitate a agregatului de arat și o variație mai mică a adâncimii de lucru.

-Forța de rezistență la tracțiune a plugurilor este dependentă de foarte mulți factori, care se pot grupa în trei categorii: factori dependenți de tipul și de proprietățile fizico-mecanice ale solului, (compoziție, textură, structură), starea solului (umiditate, grad de compactare, grad de îmburuienare, etc.), condițiile de relief al suprafeței de rulare, factori constructivi, factori de exploatare: dimensiunile brazdei (adâncime, lățime), viteza de lucru.

-Micșorarea patinării atrage după sine creșterea capacității de lucru, micșorarea uzurii anvelopelor și reducerea consumului de combustibil.

-Datorită unei rapide creșteri a costurilor energiei, un obiectiv comun al cercetărilor, constructorilor și utilizatorilor de tractoare și mașini agricole îl reprezintă elaborarea unor

metode și tehnici care să realizeze optimizarea energetică a utilizării plugurilor purtate și semipuritate.

6.2 CONTRIBUȚII PERSONALE

11. Analiza stadiului actual al realizărilor în domeniul construcției echipamentelor destinate lucrării de arat, și în special a plugurilor cu lățime de lucru variabilă.

2. Realizarea unei sinteze privind principalele probleme ale procesului de lucru a plugurilor cu lățime de lucru variabilă. Sintezele au fost elaborate prin studierea unor lucrări de specialitate (articole, tratate, etc.) menționate în lista bibliografică.

3. Cercetarea teoretică a cinematicii, dinamicii și energeticii echipamentelor pentru lucrarea solului și stabilirea modelelor matematice ale consumurilor energetice pentru echipamentul folosit, precum și pentru tehnologiile posibile a fi folosite.

4. Monitorizarea caracteristicilor fizice, fizico-chimice și chimice ale solurilor în care se efectuează cercetarea experimentală.

5. Cercetarea experimentală a consumurilor energetice ale lucrărilor de bază folosite la lucrarea de arat și compararea cu cele obținute prin calcule teoretice.

6. Analiza rezultatelor cercetărilor experimentale efectuate, precum și necesitatea utilizării temei de doctorat cu obiectivul principal,, *cercetări privind optimizarea parametrilor plugurilor cu lățime de lucru variabilă* ''.

6.3 DIRECȚII NOI DE CERCETARE

În vederea continuării studiilor în domeniu se propun următoarele noi direcții de cercetare:

1. Continuarea cercetărilor în vederea îmbunătățirii performanțelor agregatelor de arat, în special a plugurilor cu latime de lucru variabilă.
2. Optimizarea formei și dimensiunilor elementelor componente ale plugului cu latime de lucru variabilă utilizând analiza structurală.
3. Efectuarea unor cercetări experimentale în vederea minimalizării consumului de combustibil atunci când cormana este acoperită cu rășini sau materiale plastice cum ar fi teflonul, ceea ce duce la scăderea rezistenței specifice la arat la plugurile cu lățime variabilă de lucru.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Andreescu, C., Oprean, I.M. *Dinamica tractoarelor*. Universitatea Politehnica Bucuresti, 1977.
- [2] Askari M., Khalifahamzehghasem S., (2013), Draft Force Inputs for Primary and Secondary Tillage Implements in a Clay Loam Soil, *World Applied Science Journal* 21 (12): 1789-1794, ISSN 1818-4952
- [3] Bernacki,H. *Bodenbearbeitungsgeräte und maschinen*. VEB Verlag Techik, Berlin, 1972.
- [4] Biris, S., St.,*Elemente privind calculul si proiectarea trupitelor de plug*, Editura MatrixRom, Bucuresti, 2001
- [5] Caproiu, St. at al. *Masini agricole de lucrat solul, semanat si intretinere a culturii*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti , 1982.
- [6] Cardei P., Matache M., Nutescu C., (2017) Optimum working conditions for variable width ploughs,
- [7] Constantinescu. I., *Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1980.
- [8] Constantinescu, A. *Optimizarea agregatelor formate din tractoare de mare putere cu masini agricole pentru pregatirea terenului in vederea insamantarii*. Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Brasov, 2011.
- [9] Csatos, C. Studii si cercetari privind dinamica tractoarelor cu doua puncti motoare cu masini cuplate in fata. Teza de doctorat. Universitatea Transilvania din Brasov, 1998.
- [10] Dancea. I., *Programarea calculatoarelor numerice pentru rezolvarea problemelor cu caracter tehnic si de cercetare stiintifica*, Editura Dacia, Cluj,1973.
- [11] Draganescu, F., s.a, Consideratii privind stabilirea continutului experimentelor programelor de cercetare, lucrarile Sesiunii Stiintifice “ *Promovarea tehnologiilor moderne in constructia de masini* “ IPB, Bucuresti, 1979.
- [12] Epure, I.C., *Modelarea teoretica si experimentală a procesului de afanare-scarificar a solului*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania Brasov, Facultatea de Alimentatie si Turism, 2011
- [13] Fechete, L.V. *Cercetari privind optimizarea procesului de prelucrare mecanica a solului*, Teza de doctorat, Universitatea Tehnica Cluj-Napoca, Facultatea de Mecanica, 2008
- [14] Ganzuc, U., Soucek, R., R., Bernard, g. Experimentell-theorethische Methode zum Bestimmen des spezifischen Bodenwiderstandes des Plüggörpen bei beliebigen Bodenzustand. *Agrartechnik* 28(1976), Nr.7, p. 388-390.
- [15] Gheorghe, M., Draganescu, F., Restrictii privind structura programelor lucrarile Sesiunii stiintifice “ *Promovarea tehnologiilor moderne in constructia de masini* “ , IPB Bucuresti 1979.
- [16] Goryachkin, V.P., (1972) In: Luchinskii ND, editor. *Collected works*, vol. II, 2nd edition, pp. 62-63. *Jerusalem: Israel program for scientific translations*
- [17] Hillel D., (1980), *Applications of Soil Physics*, Academic Press
- [18] Hiuhu A., Gitau A.N., Mbugu D.O., Mulwa J.N., (2015), Optimization of the Angle of Frog in Mouldboard Tillage Operations in Sandy Clay Soil, *Open Journal of Optimization*, 4, 131-140

- [19] Kasisira L.L., (2004), Force modelling and energy optimization for subsoilers in tandem, Dissertation for the degree of Philosophiae Doctor in the Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University Pretoria
- [20] Koolen A. J., Kuipers H., (1983), Agricultural Soil Mechanics, Springer-Verlag
- [21] Krasmicenko, A., V., *Manualul constructorului de masini agricole*, Vol 2, Editura Tehnica Bucuresti, 1964.
- [22] Larson L. W., (1964), Predicting draft forces using model moldboard plows in agricultural soils, Dissertation for Degree of Doctor of Philosophy, Iowa State University Of Science and Technology Ames, Iowa
- [23] Leonte, P., *Dinamica agregatelor complexe de pregatirea patului germinativ pentru reducerea consumurilor energetice si protectia solului*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania Brasov, 2011
- [24] Letosnev, M.N., *Masini Agricole. Teorie, calcul, proiectare, incercare*, Editura Agro-Silvica de Stat, Bucuresti, 1959.
- [25] Machado A.L.T., Trein C. R., (2013), Draft prediction models for soil engaging tines in two soils of Rio Grande Do Sul, Brazil, Eng. Agric., Jaboticabal, v.33, n.1, p. 167-175
- [26] Mak J., Chen Y., (2014), Simulation of Draft Forces of a Sweep in a Loam Sand Soil Using the Discrete Element Method, Technical Note, Canadian Biosystems Engineering, vol. 56
- [27] *Mathcad*, User's Guide with Reference Manual, Mathcad 2001 Professional
- [28] McKyes E., (1985), *Developments in Agricultural Engineering* 7, Elsevier
- [29] Montgomery D., *Design and analysis of experiments* Eighth Edition., John Wiley & Sons, Inc., ISBN 978-1-118-14692-7
- [30] Naderloo L., Alimadani R., Akram A., Javakidia P., Khanghah H.Z., (2009), Journal of Food, Agriculture & Environment Vol. 7 (3&4):382-385
- [31] Nastasoiu, S., Popescu, S. s.a Tractoare, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1983.
- [32] Ormenisan, A. N. , *Cercatari teoretice si experimentale privind influenta sistemelor de reglare automata ale mecanismelor de suspendare ale tractoarelor asupra dinamicii si energeticii agregatelor de arat*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania Brasov, Facultatea de Alimentatie si Turism, 2014.
- [33] Owen G.T., (1988), Subsoiling forces and tool speed in compact soils, Canadian Agriculture Engineering
- [34] Paunescu I., Constantin, M., *Tractoare si automobile*, Universitatea Politehnica Bucuresti, 1993.
- [35] Paunescu I., *Bazele cercetarii experimentale a masinilor agricole*, Bucuresti, 1981.
- [36] Pranav, P. K., Pandey, K. P., Tewari, V, K, Digital wheel slipmeter for agricultural 3WD tractor. Computers and Electronics in Agriculture. 73(2010), p 188-193.
- [37] Paunescu, I., Ladislau, D., *Bazele cercetarii experimentale a sistemelor biotehnice*,
- [38] Popescu S., Badescu M., *Metode si mijloace folosite pentru determinarea puterii de tractiune a tractoarelor pe roti*, In Mecanizarea Agriculturii, nr. 10, 2000, p.16-23.
- [39] [9] Rashidi M., Najjarzadeh I., Namin S.T., Naserzaeim F., Mirzaki S.H., Beni M.S., (2013), Prediction of Moldboard Plow Draft Force Based on Soil Moisture Content, Tillage Dept and Operation Speed, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 13(8):1057-1062
- [40] Reich, R. Messung der Kräfte zwischen Schlepper und Gerät. Grundl Landtechnik, 28(1978), nr.4, p. 156-159
- [41] Renius, K.T., *Traktoren Technik und ihre Anwendung*, Verlagsunion Agrar, München, 1987. Rumsiski, Z, L., *Prelucrarea matematica a datelor experimentale*, Editura Tehnica, 1974.
- [42] Rus, F. *Masini agricole pentru lucrarile solului. semanat si intretinerea culturilor*, Universitatea Brasov, 1975.
- [43] Sandru A., Popescu S., Cristea I., Neculaiasa V., *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1983

- [44] Sandru. A., Badescu. M., Sandru L., *Reducerea consumului de energie prin folosirea rationala a agregatelor agricole*, Editura Scrisul Romanesc, Craiova, 1982.
- [45] Scripnic, V., Babiciu, P., *Masini agricole*, Editura Ceres, Bucuresti, 1979.
- [46] Skalkweit; Feldmessungen an Schlepper mit Dreipunktanbau und regelnden Kraftheber, *Landtechnische Forschung* 14 (1964), nr1, p.1-5.
- [47] Soucek, R., Pipping G. *Maschinen und Gerate fur Bodenbearbeitung, Dungung und Aussaat*, Verlag Technik GmbH Berlin, 1990.
- [48] *Stafford. J.V.* (1979), The performance of a rigid tine in relation to soil properties and speed. *Journal of Agricultural Engineering Research* 24: 41-56.
- [49] *Tecusan N., Ionescu E.*, Tractoare si automobile, (1982), Editura Didactica si Pedagogica Bucuresti
- [50] Tiron M., *Teoria erorilor de masurare si metoda celor mai mici patrate*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1972. *experimentale*,
- [51] Toma, D., *Tractoare si masini agricole*, Editura Didactica si Pedagogica Bucuresti, 1982.
- [52] Tudor, A., Glodeanu, M., *Exploatarea masinilor agricole*, Editura Sitech, Craiova, 2009
- [53] Uceanu, E. si altii, *Cercetarea si fundamentarea unei metodologii de determinare a calitatii lucrarilor solului, precum si exploatarea agricole*, proiect NUCLEU 2007-2008, INMA Bucuresti.
- [54] *Vilde A.*, (1999), Dynamics of the soil tillage machine operating parts and their elements, *Proceedings LLU, I* (225), 36-44
- [55] Vladut, V., Nicolaescu, M., Voicu, Gh., Matache, M., Biris, S., Danciu, Aurel., Voicea, I., Paraschiv, G., Persu, C., *Testarea asistata a sistemelor biotehnice*, Editura "Terra Nostra" Iasi, 2012.
- [56] Vladut, V., Uceanu, E., Bolintineanu, Gh., Voicea, I., Matache, M., *Indrumar privind calitatea lucrarilor solului*, Editura PRINTECH, ISBN 987-608-180-3, Bucuresti, 2008.
- [57] Whitney, B, *Choosing and using farm machines*. John Willy & Sons, New York, 1988
- [58] Carte tehnica tractor New Holland TD 5050
- [59] Carte tehnica plug Pottinger Servo 25
- [60] ***Catalog LEMKEN
- [61] ***Catalog Juhn
- [62] ***Catalog GREGOIRE BESSON
- [63] www.plugin.ro/produse/plugin-reversibil-tractat-overum-suedia.
- [64] www.MEWI.ro/ro/produs/lemkem-eurotitan-10.
- [65] ***Catalog Maschio Gaspardo
- [66] ***Catalog Vogel & Noot

