

INFLUENȚA DIFERITELOR METODE DE LUCRARE A SOLULUI ASUPRA PRODUCȚIEI DE PORUMB ȘI A ÎNSUȘIRILOR SOLULUI

INFLUENCE OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS ON GRAIN MAIZE YIELD AND ON SOIL PROPERTIES

ALEXANDRU I. COCIU¹, GEORGE DANIEL CIZMAȘ¹

Abstract

Research on physical-mechanical properties of soil and on crops yield, as well as on its economic efficiency, are important for the identification of the most adequate soil tillage method, in the contest of a durable production. In this paper there are presented results of a series of field experiments with maize (*Zea mays* L.), carried out at Fundulea, which is located in the eastern part of the Danube Plain, on a cambic cernozem soil type. The main objective of this investigation was the evaluation of influence of five soil tillage systems on: water accumulation and conservation during the cold season, mean soil temperature, soil structural condition, resistance to soil penetration, grain yield and its components, and their economic efficiency. The following tillage systems were applied: traditional (conventional) with moldboard plough (TS); chisel plough tillage – primary tillage executed with chisel implement type without furrow overthrowing (CS); disc/sweep tillage (DS) – combined effect of vegetal remnants chopping with disc type tools, along with the execution of the basic soil work with equipment of arrow type without furrow overthrowing; strip till (ST) – a variant of “No till”, applied to row crops, so with reduced soil agitation, in fall opening strips with width up to 1/3 of the distance between rows, for a quicker soil heating in spring; and no till (NT) – without any tillage work. In comparison with TS variant, the conservation tillage systems under this study (CS, DS, ST, and NT) had improved the coefficient of precipitation water accumulation in soil (CA) with: 6.7%, 22.1%, 24.5% and 33.3%, respectively. These systems increased also the capacity of water accumulation and conservation (CC) with: 1.2%, 3.8%, 3.9% and 5.7% ($P \leq 0.01$), respectively. At harvest time, the largest amount of water reserve was registered for NT, 269.6 mm, higher with 2.2 mm, 3.7 mm, 4.6 mm and 7.2 mm than those recorded for ST, CT, DS and TS, respectively ($P \leq 0.05$). The NT variant improved also the structural condition of soil, increasing the large macro-aggregate content (>2.0 mm) with 4.4%, and the waited mean diameter at the dry sieving with 3.4%, when compared to TS. Analysing the yield components, the conclusion is that the mean cob weight and the mean grain number per cob are the main components determining the grain yield increase when conservation tillage systems are applied. With regards to economic efficiency, the output was significantly greater in the case of all conservation tillage systems than for TS. So, these research results make evident important advantages of conservation tillage systems, related to the improvement of physical-mechanical soil characteristics, to the maize grain yield and its economical efficiency, suggesting to the farmers from the southern zone of Romania to adopt

¹ I.N.C.D.A. Fundulea, judetul Călărași. E-mail: acociu2000@yahoo.com

conservation tillage systems, thus developing a durable agriculture and increasing the security of the maize production.

Key word: soil conservation tillage system, soil water content, soil structure, cone index, grain yield and its components.

Cuvinte cheie: sistemul de lucrare a solului, conținutul solului în apă, structura solului, indicele de con, producția de boabe și componentele acesteia.

INTRODUCERE

În Câmpia Română, porumbul (*Zea mays* L.) ocupă suprafețe mari fiind una din cele mai importante plante de cultură, ale cărui boabe sunt utilizate în alimentația oamenilor, în industrie și în furajarea animalelor. Cea mai răspândită metodă de lucrare a solului la cultura de porumb, în această zonă, este cea convențională având drept lucrare primară arătura cu plugul cu cormană, la 25-30 cm. Folosirea îndelugată a sistemul convenional de lucrare a solului, bazat pe lucrarea intensivă a solului prin arătură cu întoarcerea brazdei și eliminarea resturilor vegetale, urmată de numeroase lucrări secundare poate afecta în timp fertilitatea solului (Lal, 1991), mărind, de asemenea, evaporația și gradul de pulverizare a straturilor superioare ale solului care devin sensibile la eroziunea prin vânt și apă. Pentru a reduce degradarea solului și a mări cantitatea de apă înmagazinată în sol, se recomandă pentru această zonă folosirea sistemului de lucrări pentru conseravarea solului (SLCS) cu menținerea resturilor vegetale (Picu, 2005). SLCS este un termen generic ce cuprinde diferite metode de lucrare a solului care comparativ cu sistemul convențional de lucrare a solului reduc pierderile de sol și apă; mai ales variantele de lucrări ale solului fără întoarcerea brazdei care lasă pe sol un strat protector de resturi vegetale sub formă de mulci (Manning și Fenster, 1983).

După Lal (1989), un sistem de lucrare a solului poate fi considerat SLCS dacă:

I) menține pe sol, sub formă de mulci, resturile vegetale provenite de la cultura premergătoare;

II) asigură o eficiență ridicată a conservării solului și apei;

III) îmbunătățește conținutul în materie organică și structura solului;

IV) menține productivitatea la un nivel economic ridicat;

V) reduce necesarul de amendamente chimice și pesticide;

VI) păstrează stabilitatea ecologică;

VII) reduce poluarea apelor naturale și a mediului.

Pentru realizarea acestor criterii în agricultură este necesară aplicarea unor practici culturale cum ar fi:

- folosirea resturilor vegetale drept mulci;

- adoptarea sistemelor de lucrare a solului fără întoarcerea brazdei sau semănatul direct;

- promovarea rotației culturilor;

- mărirea capacității de infiltrare a solului prin rotația culturilor și menținerea resturilor vegetale pe suprafața solului;

- mărirea rugozității suprafeței solului în vederea reducerii riscului de eroziune prin vânt și apă;
- îmbunătățirea activității biologice a faunei din sol prin protejarea resturilor vegetale de pe suprafața solului;
- reducerea intensității lucrărilor solului în vederea conservării solului și a resurselor de apă precum și pentru refacerea fertilității solului.

Interesul asupra SLCS, cu menținerea resturilor vegetale la suprafața solului, în Câmpia Română, se bazează atât pe eficiența economică și reducerile consumurilor energetice, cât și pe valorificarea superioară a apei din precipitații, reducerea eroziunii solului și pierderilor de nutrienți precum și pentru menținerea sau creșterea conținutului în carbon organic a straturilor superioare ale solului.

Cercetările întreprinse au avut ca obiective compararea sistemului convențional de lucrare a solului cu diferite variante ale SLCS, evidențiind importanța afânării solului pe adâncimea orizontului arabil, în scopul înlocuirii lucrării cu plugul cu cormană pentru evitarea compactării solului, creșterea productivității, reducerea cheltuielilor și ameliorarea însușirilor solurilor din zona Câmpiei Române.

MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Experiențele s-au efectuat în câmpul experimental al I.N.C.D.A. Fundulea, situat la latitudinea de 44°27'45" și longitudinea de 26°31'35" în Câmpia Română de Est, la est de orașul Fundulea, în anii agricoli 2007-2008, 2008-2009 și 2009-2010. Clima este de tip temperat continentală, cu o medie multianuală înregistrată în ultimii 50 de ani de 10,7°C la temperatură și 580 mm la precipitații. Precipitațiile totale au variat considerabil de la an la an, astfel, în anul agricol 2007-2008 s-au înregistrat 470,4 mm, 562,4 mm în anul 2008-2009, iar în anul 2009-2010 s-au înregistrat 623,1 mm. Temperaturile medii anuale au fost, de asemenea, fluctuante, astfel în anii agricoli 2007-2008 și 2009-2010 temperatura medie a fost de 11,5°C iar în anul 2008-2009 s-au înregistrat 12,1°C. Datele meteorologice au fost înregistrate la stația meteorologică a I.N.C.D.A. Fundulea, situată la circa 250 m de câmpul experimental.

Solul pe care s-au efectuat cercetările este un cernoziom cambic tipic format pe depozite loessoide, cu suprafața plană, altitudinea 68 m, apa freatică la 10-12 m. Morfologic este constituit dintr-un orizont Ap 0-27cm, lut argilos-prăfos, cu 36,5% argilă și permeabilitate 49,2 mm/ha. Orizontul Apb 27-41 cm este lut argilos cu 37,3% argilă, tasat (1,41 g/cm³). Solul este bine aprovizionat cu potasiu (K mobil = 175 ppm) și fosfor (P mobil = 76 ppm), conținutul în humus în orizontul arabil este de 3,4%, N total = 0,157, C/N = 15,9 și pH = 7,5.

Câmpul experimental a fost doi ani, premergător începerii experienței, cultivat pentru uniformizare cu muștar și, respectiv, cu grâu. Schema experimentală folosită a fost cea a parcelelor subdivizate așezate după metoda

blocurilor complet randomizate în trei repetiții. Parcelele principale au fost atribuite afânării adânci, iar subparcelele, sistemelor de lucrare a solului, fiecare repetiție conținând 10 parcele (2 afânare adâncă x 5 sisteme de lucrare a solului). Suprafața unei parcele individuale a fost de 60 m² (6/10 m).

Cercetările au cuprins: (I) sistemul convențional de lucrare a solului – arat cu plugul cu cormană (TS); (II) sistemul de lucrare a solului cu plugul cizel – lucrarea primară a solului executată cu unelte fără întoarcerea brazdei tip daltă (CS); (III) sistemul de lucrare a solului cu discul cu săgeți – efectul combinat al mărunțirii resturilor vegetale de către unelte tip disc și executarea lucrării de bază cu unelte fără întoarcerea brazdei de tip săgeată (DS); (IV) sistemul de lucrare “în benzi” – variantă a sistemului “fără lucrări” bazată pe tulburarea redusă a terenului, toamna, prin deschiderea unor brazde sub forma unor benzi cu lățimea de până la 1/3 din distanța dintre rânduri, în vederea încălzirii mai rapide a solului în primăvară (LB) și (V) sistemul nelucrat – eliminarea tuturor lucrărilor solului (NT). Influența sistemelor de lucrare a solului a fost determinată în condiții de afânare și neafânare adâncă, lucrare efectuată doar la înființarea experienței, în vara anului 2007. Resturile vegetale ale culturii premergătoare (paele) au fost tocate și împrăștiate uniform pe teren, concomitent cu recoltarea acesteia. În primăvară, cu 2-3 săptămâni înainte de semănat, pe parcelele lucrate în benzi (LB) și nelucrate (NT), s-a aplicat o erbicidare totală cu glifosat (0,9 kg ha⁻¹) pentru combaterea buruienilor. Sămânța, din hibridul de porumb Olt, a fost semănată la o adâncime de 6 cm cu o mașină combinată pentru semănat și fertilizat pentru teren nelucrat cu roți de control al adâncimii de lucru REGINA (Gaspardo Seminatrici S.p.A., Morsano al Tagliamento, PN, Italia).

Semănatul s-a efectuat la datele de 30.04.2008, 21.04.2009 și 28.04.2010, norma de samânță folosită fiind de 19 kg ha⁻¹ iar recoltarea culturii s-a făcut la datele de 12.09.2008, 15.09.2009 și 14.09.2010. În toți cei trei ani, experiențele s-au repetat pe parcele unde au fost aplicate aceleași sisteme de lucrare a solului având aceeași cultură premergătoare (grâu). Data semănatului și recoltatului au fost diferite în cei trei ani datorită condițiilor meteorologice diferite. Concomitent cu semănatul s-au aplicat în benzi îngrășăminte complexe 12:52:0 în cantitate de 100 kg ha⁻¹ iar azotul s-a aplicat în faza de 2-4 frunze prin împrăștiere în doză de 150 kg N ha⁻¹. Imediat după semănat întreaga suprafață a fost erbicidată cu 1,9 kg ha⁻¹ acetoclor și 0,096 kg ha⁻¹ isoxaflutol iar în faza de 4-6 frunze s-a aplicat o erbicidare cu 2,4 D (0,31 kg ha⁻¹) + dicamba (0,11 kg ha⁻¹) + nicosulfuron (0,032 kg ha⁻¹).

Estimarea cantităților de apă acumulate în sol în perioada fără vegetație s-a făcut în anii 2008-2009 și 2009-2010 prin calcularea coeficientului de înmagazinare a precipitațiilor din timpul iernii după relația: $CI = (R_i - R_f) / P_i$, în care R_i este rezerva de apă din sol primăvara (mm); R_f = rezerva de apă din sol toamna (mm) și P_i = precipitațiile din sezonul rece (mm). De asemenea, s-a determinat capacitatea de conservare a apei în sol care redă în valori relative

rezerva de apă din sol primăvara față de cantitatea totală de apă existentă în sol toamna plus precipitații, după relația $CC (\%) = R_i / (R_f + P_i)$.

Umiditatea solului s-a determinat gravimetric, la semănat și la recoltat în fiecare an, pe adâncimea 0-120 cm în straturi de 30 cm. Probele de sol s-au recoltat cu o sondă tubulară și au fost cântărite în stare proaspătă și în stare uscată la 105°C. Umiditatea solului a fost calculată cu relația $SM(\%) = (\text{sol um.} / \text{sol us.} - 1)100$, unde SM% este umiditatea gravimetrică (%); sol um. = greutatea probei de sol analizată (g); sol us. = greutatea probei de sol uscată la 105°C (g). În lucrare rezerva de apă din sol a fost exprimată pluviometric folosind relația $SM(\text{mm}) = 10 * H * SBD * SM(\%)$, unde H este adâncimea stratului de sol considerat (m); SBD = greutatea volumetrică medie pe H considerat (t m^{-3}).

Determinările asupra temperaturii din sol s-au efectuat în anul 2010 cu un termometru de sol digital HANNA HI 145-00 (Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Germany), fiind urmărită influența metodelor de lucrare a solului asupra evoluției temperaturii din stratul de sol 0-10 cm la 7 săptămâni după semănat.

Probele de sol pentru cercetarea structurii au fost prelevate în anul 2010, după recoltarea culturii de porumb în condițiile evitării riscurilor de compactare suplimentară. După recoltarea probelor din câmp, probele au fost zvântate la temperatura camerei și bulgării mari (>5 cm) au fost ușor sfărâmați. Probele au fost uscate la aer timp de două săptămâni și cernute printr-o sită cu ochiurile de 8 mm. O subprobă de 200 g a fost cântărită și cernută timp de 1 minut prin sitele 5, 2, 1, 0,5 și 0,25 mm. Cantitățile de sol rămase pe fiecare sită au fost cântărite și diametrul mediu ponderat (mm) al particulelor de sol la cernerea uscată a fost calculat cu relația: $MWD_{ds} = \sum X_i * WSA_i$, unde X este diametrul mediu al fiecărei fracții de mărime (i), WSA este ponderea greutății fracției (i) din greutatea totală a probei după cernerea uscată și n este numărul de fracții de mărime (Kempfer and Chepil, 1965).

Rezistența solului la penetrare (menționat în lucrare drept idicele de con al solului) a fost măsurată în anul 2010, după recoltarea culturii de porumb, cu ajutorul unui penetrometru cu con (Eijkelkamp, Giesbeek, The Netherlands), cu diametrul bazei de 15,96 mm și unghiul la vârf de 60°. Măsurătorile s-au făcut pe adâncimea 0-30 cm în straturi de 5 cm.

La sfârșitul fiecărui ciclu de producție, recoltarea parcelelor experimentale s-a făcut manual, de pe două rânduri alăturate din mijlocul parcelei experimentale, pe o lungime de 10 m. Producțiile obținute au fost raportate la umiditatea standardizată de 15,5%. Componentele producției, cum ar fi numărul mediu de știuleți/ha, masa medie a știuleților, numărul mediu de boabe/știulete, masa a 1000 de boabe și masa hectolitrică, au fost determinate din probele recoltate.

Timpul de muncă și consumul de motorină au fost determinate în totalitate pentru toate repetițiile din fiecare variantă. Consumul de motorină a fost determinat după fiecare operație de câmp, din fiecare repetiție și variantă, prin completarea umplerii rezervorului tractorului cu un cilindru gradat. Consumul

de muncă a fost măsurat pe baza cronometrării timpului de execuție a fiecărei variante.

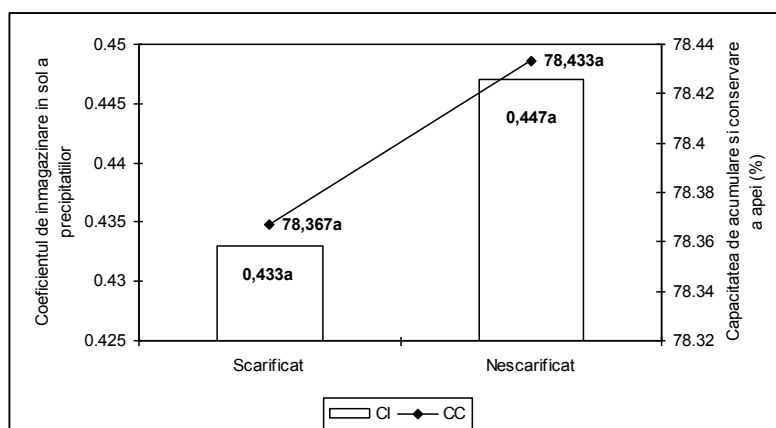
Eficiența sistemelor de lucrare a solului a fost estimată pe baza parametrilor tehnico-economici ai echipamentelor tehnice utilizate (Cociu, 2010) și a producțiilor medii obținute la grâul de toamnă în anii agricoli 2007-2008, 2008-2009 și 2009-2010.

Comparațiile între diferitele variante studiate au fost făcute prin testul comparațiilor multiple al lui Duncan la nivelul $P \leq 0,05$ (Steel și Torrie, 1980). Datele cu privire la proprietățile fizice ale solului, producțiile de grâu și componentele acestora au fost analizate prin analiza varianței (ANOVA).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Influența afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra acumulării și conservării apei în sezonul rece

Rezerva de apă din sol acumulată în sezonul rece reprezintă o resursă importantă pentru consumul plantelor în perioadele de deficit hidric temporar din timpul vegetației și cu deosebire în condițiile secetelor prelungite care survin frecvent în lunile de vară.

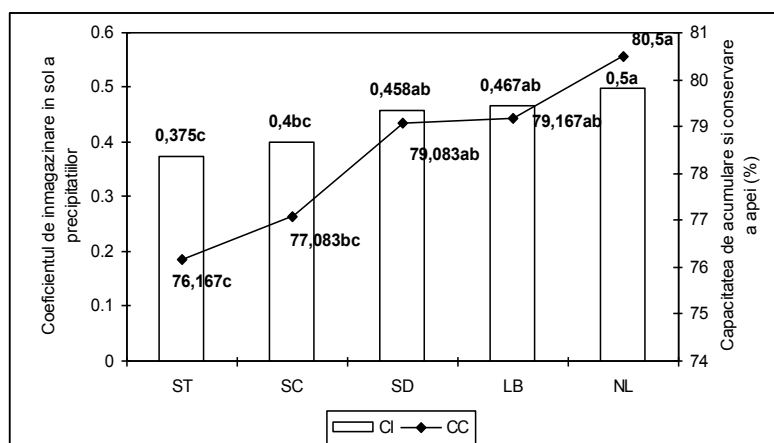


Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 1 – Influența afânării adânci asupra acumulării și conservării apei în perioadele fără vegetație, în anii agricoli 2008-2009 și 2009-2010, în succesiunea porumb după grâu (Deep soil loosening influence on soil water accumulation and storage, in 2008-2009 and 2009-2010 agricultural years cold season, for maize/winter wheat rotation)

În succesiunea porumb după grâu (figura 1), coeficientul de înmagazinare în sol a precipitațiilor (CI) a înregistrat în varianta nescarificat o creștere ne semnificativă de 3,2% față de varianta scarificat, unde acesta a fost 0,433. Capacitatea de acumulare și conservare a apei (CC) a fost, de asemenea, influențată ne semnificativ de afânarea adâncă a solului, creșterea în varianta nescarificat fiind de doar 0,066% față de varianta scarificat, unde s-au

înregistrat 78,367%. Sistemele de lucrare a solului au exercitat o influență distinct semnificativă asupra CI și CC (figura 2). CI a avut valoarea cea mai ridicată în varianta NL, cu 7,1% mai mare decât în LB și cu 9,2% mai mare decât în SD, unde a înregistrat 0,467, respectiv, 0,458. Diferențele sunt statistic ne semnificative. Valori semnificativ mai mici față de NL s-au înregistrat în SC și ST, 0,4, respectiv, 0,375. CC a fost peste 79% în variantele SD, LB și NL, unde s-au înregistrat 79,083, 79,167, respectiv, 80,5%, diferențe statistic ne semnificative. În variantele ST și SC, CC a fost sub 79%, și anume, 76,167, respectiv, 77,083%. Valorile sunt statistic semnificativ diferite față de NL. Reducerea lucrărilor solului și protejarea cu resturi vegetale contribuie la acumularea și conservarea în sol a unor cantități suplimentare de apă în sezonul rece, în special în anii deficitari în precipitații.

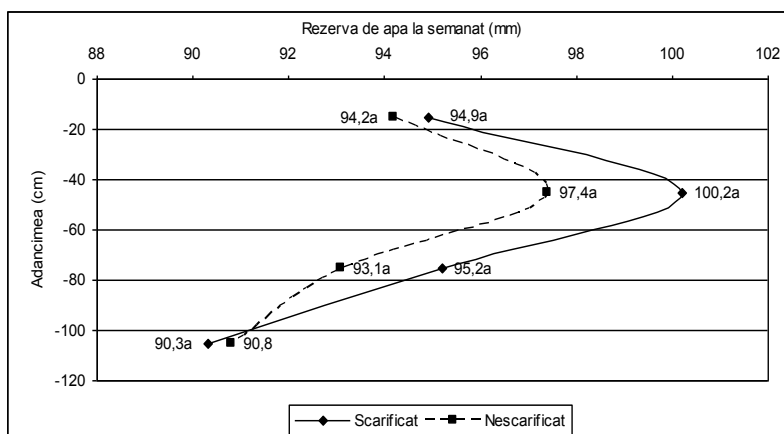


Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 2 – Influența sistemelor de lucrare a solului asupra acumulării și conservării apei în perioadele fără vegetație, în anii agricoli 2008-2009 și 2009-2010, în succesiunea porumb după grâu (Tillage systems influence on soil water accumulation and storage in 2008-2009 and 2009-2010 agricultural years cold season, for maize/winter wheat rotation)

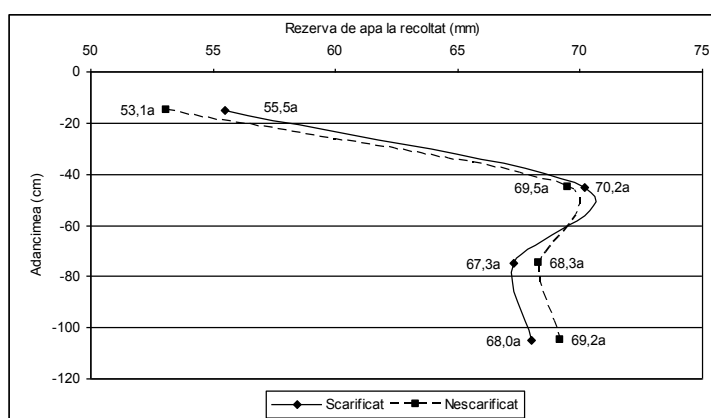
Influența afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra acumulării și conservării apei în perioada de vegetație

Rezerva de apă, în cei trei ani de experimentare, pe adâncimea 0-120 cm a fost în medie ne semnificativ influențată de afânarea adâncă, atât la semănat (figura 3), cât și la recoltat (figura 4). La semănat, în orizontul studiat, rezerva de apă în varianta scarificat a înregistrat 380,6 mm, cu 1,4% mai mare decât în varianta nescarificat, iar la recoltat, rezerva de apă în terenul scarificat a înregistrat o creștere cu doar 0,9 % față de rezerva de apă de 260,1 mm înregistrată în terenul nescarificat. Diferențele dintre variante sunt statistic ne semnificative.



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 3 – Influența afânării adânci și a adâncimii solului asupra rezervei de apă din sol la semănat (mm)
(Influence of deep soil loosening and soil depth on soil water content – mm, at maize planting time)
Fundulea, 2008-2010)



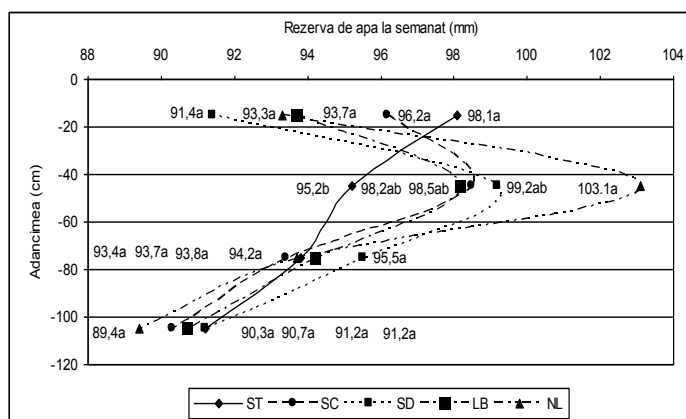
Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 4 – Influența afânării adânci și a adâncimii solului asupra rezervei de apă din sol la recoltat (mm)
(Influence of deep soil loosening and soil depth on soil water content – mm, at maize harvesting time)
Fundulea, 2008-2010)

În cele patru straturi 0-30, 30-60, 60-90 și 90-120 cm, la semănat, rezerva de apă a fost mai mare în varianta scarificat față de varianta nescarificat, și anume, 94,9, 100,2, 95,2 și 90,3 mm, respectiv, 94,2, 97,4, 93,1 și 90,8 mm. Diferențele

sunt statistic ne semnificative. La recoltat s-au înregistrat valori statistic ne semnificativ mai mari în varianta scarificat în straturile 0-30 cm și 30-60 cm, și anume: 55,5 și 70,2 mm, respectiv, 53,1 și 69,5 mm în varianta nescarificat. În straturile 60-90 cm și 90-120 cm în varianta scarificat s-au înregistrat 67,3 și 68,0 mm iar în varianta nescarificat 68,3 și 69,2 mm. Diferențele sunt ne semnificative statistic.

După cum indică figurile 5 și 6, sistemele de lucrare a solului au influențat ne semnificativ la semănat și semnificativ la recoltat, rezerva de apă din sol pe adâncimea 0-120 cm, în medie pe cei trei ani de experimentare. La semănat (figura 5), în varianta NL a fost înregistrată rezerva de apă cea mai ridicată (379,5 mm, mai mare cu 0,29, 0,32, 0,58 și 0,74 % față de rezerva de apă înregistrată în SC, ST, SD respectiv LB). În straturile 0-30, 60-90 și 90-120 cm, influența sistemelor de lucrare a solului a fost ne semnificativă ($P > 0.05$), rezerva de apă înregistrând valori cuprinse între 91,4 mm în SD și 98,1 mm în ST, 93,4 mm în SC și 95,5 mm în SD respectiv 89,4 mm în NL și 91,2 mm în ST și SD. O influență semnificativă a metodelor de lucrare a solului asupra rezervei de apă din sol se observă în stratul 30-60 cm ($P < 0,05$), unde rezerva de apă a înregistrat valori cuprinse între 95,2 și 103,1 mm, în ST respectiv NL.



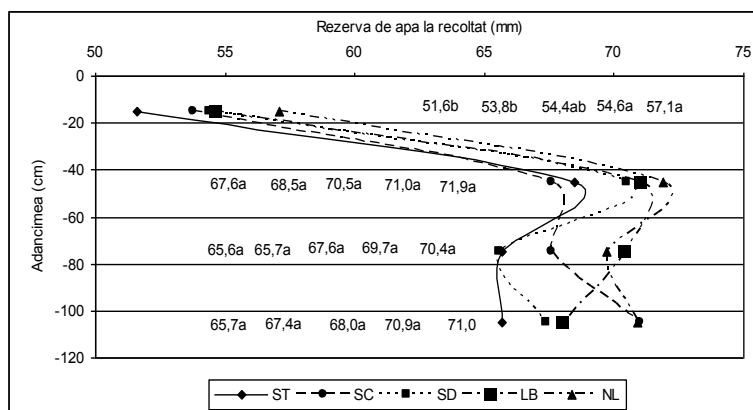
Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 5 – Influența sistemului de lucrare a solului și a adâncimii solului asupra rezervei de apă din sol la semănat (mm)

(Influence of tillage systems and soil depth on soil water content-mm, at maize planting time)
Fundulea, 2008-2010

La recoltat (figura 6), au fost înregistrate rezervele de apă cele mai mari, de 269,6, respective, 263,9 mm în variantele NT și LB. În variantele SD și SC s-au înregistrat 257,8, respectiv 260,0 mm, diferențele sunt statistic ne semnificative față de NL și LB. Valoarea cea mai mică, de numai 251,5 mm, s-a înregistrat în sistemul ST, aceasta fiind statistic semnificativ mai mică decât NL și LB și fără semnificație față de SD și SC. În stratul 0-30 cm sistemele de lucrare a solului au exercitat o influență semnificativă asupra rezervei de apă din sol ($P < 0,05$).

Rezervele cele mai mari cu diferențe statistic nesemnificative au fost înregistrate în variantele NL, LB și SD, 57,1, 54,6, respectiv 54,4 mm. În variantele SC și ST rezervele de apă au fost semnificativ mai mici față de NL și LB și anume 53,8, respectiv 51,6 mm.



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

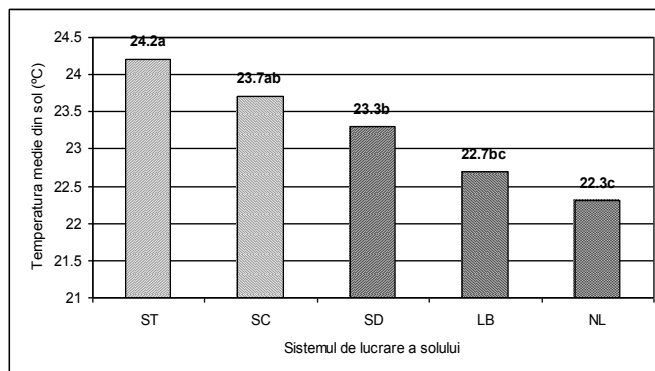
Fig. 6 – Influența sistemului de lucrare a solului și a adâncimii solului asupra rezervei de apă din sol la recoltat (mm)
(Influence of tillage systems and soil depth on soil water content - mm, at maize harvesting time)
Fundulea, 2008-2010

Rezerva de apă din straturile 30-60 cm, 60-90 cm și 90-120 cm, a fost nesemnificativ influențată de sistemul de lucrare a solului, a variat între limitele 67,6-71,9 mm; 65,6-70,4 mm și 65,7-71,0 mm). Sistemele NL, LB, SD, și SC, adică variantele SLCS, rețin la suprafața solului mulciul din paie, care împiedică scurgerea și evaporarea apei din sol și îmbunătățește infiltrarea apei din precipitații în sol (Johnson și colab., 1984). Faptul că la recoltat aceste variante au o rezervă mai mare de apă în sol indică că porumbul semănat în NL, LB, SD și SC are mai multă apă la dispoziție în perioada de vegetație decât porumbul semănat în ST.

Influența sistemelor de lucrare a solului asupra temperaturii din sol

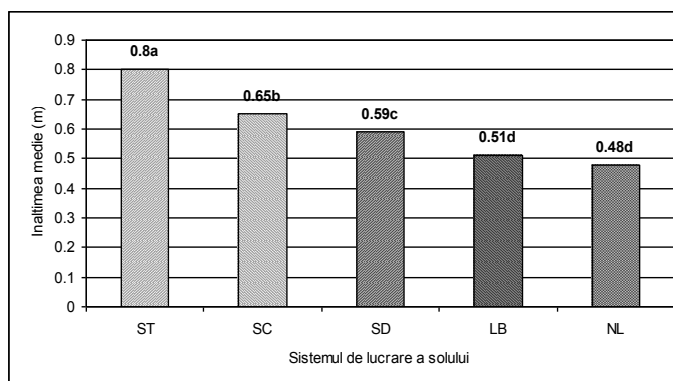
Dintre efectele negative ale resturilor vegetale rămase pe suprafața solului fac parte încălzirea mai lentă a solului și umiditatea ridicată, care pot decala data semănatului și întârzia răsărirea și creșterea plantelor în primele faze.

Menținerea resturilor vegetale pe suprafața solului reduce temperatura solului în primăvară, comparativ cu patul germinativ pregătit după arătură, datorită reflectării unei cantități mai mari din energia solară și prin întârzierea zvântării solului. Diferențele între temperaturile solului sunt mai mari în timpul primelor patru săptămâni după semănat, dar diferențele pot fi semnificative până în faza de încheiere a rândurilor (figura 7).



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 7 – Influența sistemului de lucrare a solului asupra temperaturii medii din sol, la cultura de porumb după grâu, la șapte săptămâni de la semănat (Influence of tillage system on soil mean temperatures, in maize/wheat rotation, seven weeks after planting) Fundulea, 09.06.2010

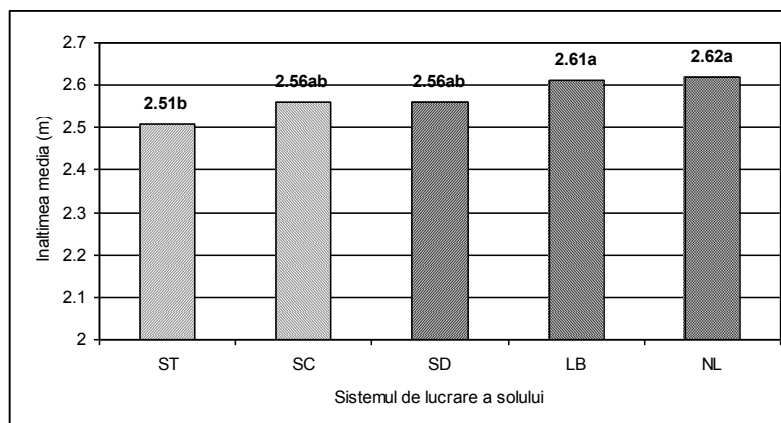


Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 8 – Influența sistemului de lucrare a solului asupra înălțimii medii a culturii de porumb după grâu, la șapte săptămâni de la semănat (Influence of tillage system on maize plant height in maize/wheat rotation, seven weeks after planting) Fundulea, 09.06.2010

Ca urmare a prezenței resturilor vegetale la suprafață apare frecvent fenomenul de creștere înceată în prima parte a procesului de vegetație determinat de: temperatura mai scăzută din sol, umiditatea relativ ridicată, dezvoltarea mai slabă a sistemului radicular, mobilizarea mai redusă a elementelor nutritive precum și de unele fenomene de toxicitate datorate descompunerii resturilor vegetale, diferențiate în funcție de textura solului (figura 8).

Decalajul în creșterea și dezvoltarea plantelor se diminuează treptat, astfel încât până la înflorire și maturitatea plantelor diferențele între variantele de lucrare a solului dispar (figura 9). Creșterea mai lentă și mai echilibrată a plantelor contribuie la utilizarea rațională a apei, înregistrându-se o rezervă mai mare în sol la începutul fructificării, care determină obținerea unor producții mai mari.



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 9 – Influența sistemului de lucrare a solului asupra înălțimii medii a culturii de porumb după grâu, la maturitate

(Influence of tillage system on maize plant height in maize/wheat

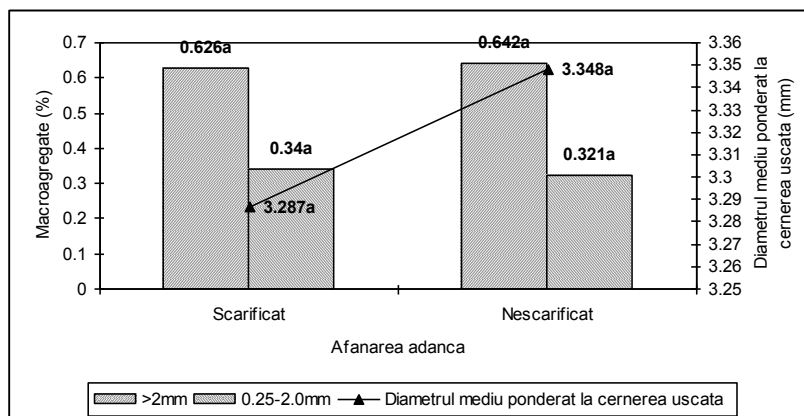
Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$ rotation, at maturity)

Fundulea, 01.09.2010

Influența afânării adânci și a sistemelor de lucrarea a solului asupra stării structurale a solului

Afânarea adâncă a influențat nesemnificativ distribuția macroagregatelor mai mari de 2,0 mm, a macroagregatelor cuprinse între 0,25 și 2,0 mm și a diametrului mediu ponderat al particulelor de sol, rezultate la cernerea uscată (figura 10).

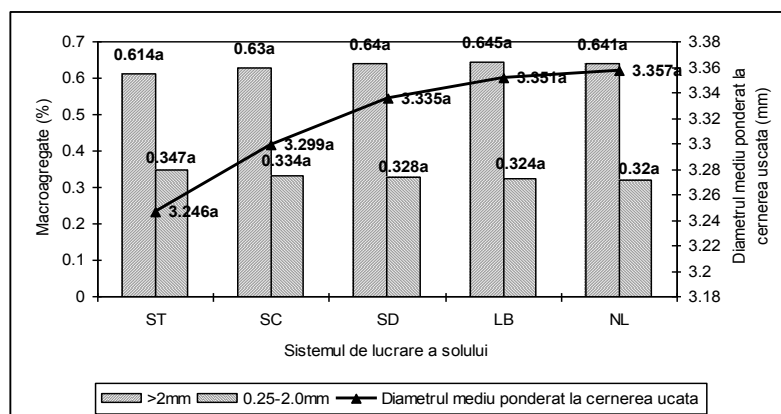
După trei ani de la efectuarea lucrării de afânare adâncă, conținutul de macroagregate $> 2,0$ mm în varianta nescarificat a fost cu 2,6% mai mare decât cel în varianta scarificat, conținutul de macroagregate cuprins între 0,250 și 2,0 mm în varianta scarificat a fost cu 5,9% mai mare decât cel din varianta nescarificat, iar diametrul mediu ponderat al particulelor de sol la cernerea uscată în varianta nescarificat a fost de 3,348 mm, cu 1,9% mai mare decât diametrul mediu ponderat al particulelor în varianta scarificat, diferențele dintre variante fiind însă statistic nesemnificative.



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 10 – Influența afânării adânci asupra distribuției agregatelor de sol și a diametrului mediu ponderat al particulelor de sol la cernerea uscată
(Influence of deep soil loosening on soil aggregates distribution and weighted mean diameter of dry sieved soil)
Fundulea, 2010

Sistemul de lucrare a solului după cei trei ani de aplicare staționară a influențat nesemnificativ statistic distribuția agregatelor de sol și diametrul mediu ponderat al particulelor de sol la cernerea uscată (figura 11).



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 11 – Influența sistemului de lucrare a solului asupra distribuției agregatelor de sol și a diametrului mediu ponderat al particulelor de sol la cernerea uscată
(Influence of tillage systems on soil aggregates distribution and weighted mean diameter of dry sieved soil)
Fundulea, 2010

Conținutul cel mai mare de macroagregate $>2,0$ mm a fost de 0,645 unități procentuale înregistrat în varianta LB, nesemnificativ diferit de conținuturile realizate în NL, SD, SC și ST și anume 0,641, 0,640, 0,630, respectiv 0,614 unități procentuale. Conținutul de agregate cuprinse între 0,250 și 2,0 mm a fost de 0,32 unități procentuale în NL, statistic nesemnificativ mai mic decât conținutul din LB, SD, SC și ST unde s-au înregistrat 0,324, 0,328, 0,334, respectiv 0,347 unități procentuale. Diametrul mediu ponderat al particulelor de sol la cernerea uscată a avut valori cuprinse între 3,246 mm (în varianta ST) și 3,357 mm (în varianta NL).

Agregarea redusă în ST este un efect direct al fărâmițării agregatelor de sol de către organele active ale plugului și al neprotejării solului cu resturi vegetale împotriva impactului precipitațiilor. Procentul de macroagregate mari reprezintă fracțiunea cea mai importantă pentru evaluarea influenței metodei de lucrare a solului asupra agregării solului, deoarece ea exercită o puternică influență asupra diametrului mediu ponderat (MWD), care este un indice mai cuprinzător de evaluare a agregării solului (Lichter și colab., 2008). Observăm că NL cu reținerea resturilor vegetale pe sol a îmbunătățit agregarea solului față de ST, unde resturile vegetale au fost încorporate în sol. Acest lucru indică că nu numai protejarea solului cu resturi vegetale este importantă pentru a menține o agregare bună, ci și combinarea acesteia cu lucrări reduse ale solului.

Influența afânării adânci și a sistemelor de lucrarea a solului asupra proprietăților mecanice ale solului

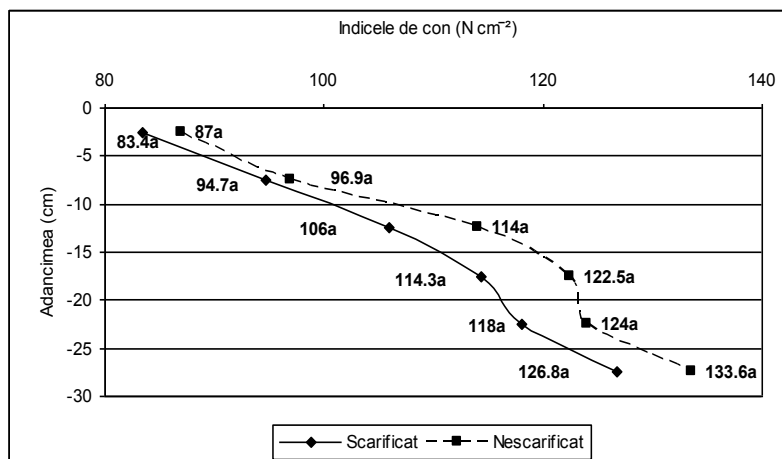
Rezistența la penetrare, exprimată prin indicele de con, a fost influențată nesemnificativ de efectul remanent al lucrării periodice de afânare adâncă pe adâncimea de 0-30 cm. Valoarea cea mai mare s-a înregistrat în varianta nescarificat și a fost de $113,0 \text{ N/cm}^2$, față de $107,2 \text{ N/cm}^2$ valoare înregistrată în varianta scarificat.

Indicele de con a crescut odată cu adâncimea solului înregistrând pe adâncimea 0-30 cm valori cuprinse între $83,4$ și $126,8 \text{ N/cm}^2$ în varianta scarificat și între $87,0$ și $133,6 \text{ N/cm}^2$ în varianta nescarificat (figura 12). Diferența este atribuită în special compactării sporite a solului în varianta nescarificat.

Sistemele de lucrare a solului, după trei ani de aplicare staționară, au influențat nesemnificativ rezistența la penetrare. Valoare medie cea mai ridicată, de $114,8 \text{ N/cm}^2$ a fost înregistrată în varianta NL. În variantele SD, LB, SC și ST valorile înregistrate au fost nesemnificativ mai mici, de $114,2$, $113,2$, $110,8$ respectiv $98,3 \text{ N/cm}^2$.

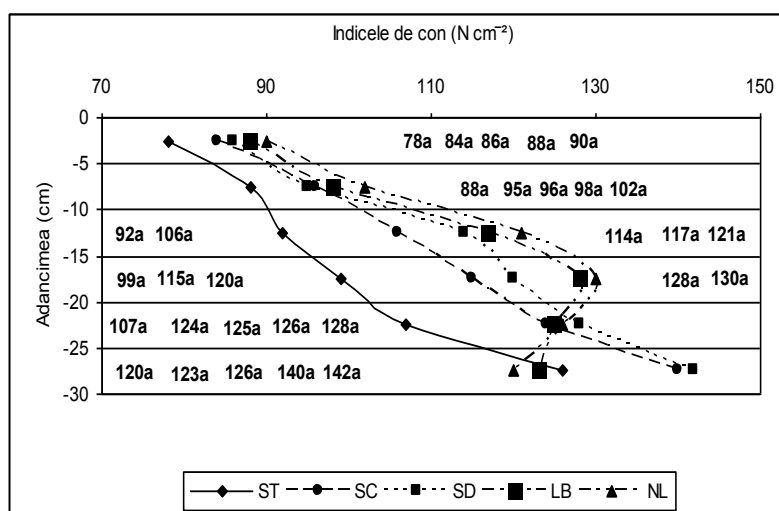
În figura 13 se observă tendința de creștere a indicelui de con în variantele SC, SD, LB și NL față de ST pe adâncimea 0-20 cm. Incepând cu stratul 15-20 cm, tendința indicelui de con în variantele SC și SD continuă să fie în creștere față de ST, în schimb tendința în variantele LB și NL este de scădere față de ST. Incepând cu stratul 25-30 cm, indicele de con în variantele NL și LB înregistrează valori mai mici decât în ST. O explicație posibilă ar fi ca

hardpanul, care are o densitate aparentă mai mare, se formează în variantele SC și SD în stratul 15-20 cm.



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 12 – Influența afânării adânci și a adâncimii solului asupra indicelui de con ($N\ cm^{-2}$)
(Influence of deep soil loosening and soil depth on cone index - $N\ cm^{-2}$)



Cifrele urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Fig. 13 – Influența sistemului de lucrare a solului și a adâncimii solului asupra indicelui de con ($N\ cm^{-2}$)
(Influence of tillage system and soil depth on cone index - $N\ cm^{-2}$)

În general, rezistența la penetrare crește cu creșterea compactării și a densității aparente și scade cu creșterea rezervei de apă din sol (Lowery și Schuler, 1994). O altă explicație plauzibilă ar fi ca solurile netulburate au galerii și biopori (canalele rădăcinilor culturilor premergătoare) care contribuie la reducerea rezistenței la penetrare. Rezistența la penetrare mai mare în NL decât în alte sisteme de lucrare a solului, în special în stratul 0-20 cm, este menționată și în alte studii (Hill, 1990; Busscher și Sojka, 1987).

Influența afânării adânci și a sistemelor de lucrarea a solului asupra roducției de porumb și a componentelor producției

Nu au fost diferențe semnificative între producțiile realizate în condiții de scarificare și nescarificare. În scarificat s-a obținut o producție medie de porumb de 9316 kg ha⁻¹, cu 1% mai mare decât producția realizată în nescarificat. După cum reiese din tabelul 1, afânarea adâncă nu a influențat statistic semnificativ componentele producției. Totuși, se observă unele diferențe cantitative datorate efectului afânării adânci. Astfel, scarificarea a determinat o scădere cu 2,5% a masei medii a știuleților și o creștere a numărului mediu de știuleți la hectar, a numărului mediu de boabe pe știulete, a MMB și a MH cu 1, 2,8, 1,2, 0,6 și, respectiv 0,4%, față de nescarificat.

Tabelul 1

Influența afânării adânci asupra producției de porumb și a componentelor producției
(Grain yield and yield components of maize grown under different deep soil loosening treatments)
Fundulea, 2008/2010

Varianta	Producția (kg/ha)	Nr. mediu de știuleți la hectar	Masa medie a știuleților (g)	Nr. mediu de boabe pe știulete	MMB (g)	MH (kg/hl)
Scarificat	9316 a	53778 a	195 a	593 a	319 a	74.8 a
Nescarificat	9220 a	52302 a	200 a	586 a	317 a	74.5 a

În cei trei ani de experimentare, cea mai mare producție medie de porumb s-a obținut în NL și a fost de 9928 kg/ha⁻¹, cu 4,6% mai mare decât producția realizată în SC. Diferența este însă statistic nesemnificativă. Producții mai mici cu 8,5, 9,0, respectiv 14,6%, față de NL, au fost obținute în ST, SD și LB (tabelul 2). Diferențele sunt statistic semnificativ și cantitativ importante. O explicație posibilă ar fi ca NL asigură porumbului condiții mai bune de dezvoltare prin înmagazinarea unor cantități suficiente de apă pentru consumul plantelor și prin dezvoltarea unui sistem extensiv de macropori penetrabili de rădăcini care ajung la apa înmagazinată în straturile de sol mai adânci. Diferențele dintre variante, statistic semnificative și cantitativ importante, s-au corelat cu diferențele dintre componentele producției, cum ar fi: masa medie a știuleților, numărul mediu de boabe pe știulete, MMB și MH.

Tabelul 2

Influența sistemelor de lucrare a solului asupra producției de porumb și a componentelor producției
(Grain yield and yield components of maize grown under different tillage treatments)
Fundulea, 2008/2010

Varianta	Producția (kg/ha)	Nr. mediu de știuleți la hectar	Masa medie a știuleților (g)	Nr. mediu de boabe pe știulete	MMB (g)	MH (kg/hl)
ST	9152 b	53810 a	186 c	547 b	322 a	75,5 a
SC	9488 ab	53691 a	198 b	592 b	326 a	74,8 ab
SD	9110 b	53651 a	183 c	549 b	320 a	75,1 a
LB	8662 c	53334 a	190 bc	602 b	310 a	74,4 ab
NL	9928 a	50715 a	230 a	657 a	313 a	73,5 b

Cifrele pe coloane urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la $P < 0,05$

Numărul mediu de știuleți la hectar a fost cuprins între 50715 în NT și 53810 în ST, diferențele fiind statistic ne semnificative dar cantitativ importante. Masa medie a știuleților a înregistrat valoarea cea mai mare de 230 g/știulete în varianta NL. Știuleți semnificativ mai mici, cu 13,9, 17,4, 19,1 și 20,4%, s-au obținut în SC, LB, ST, respectiv SD. Cel mai mare număr mediu de boabe pe știulete, de 657 boabe, a fost realizat în NL. În celelalte variante (LB, SC, SD și, ST), numărul mediu de boabe a fost semnificativ mai mic cu 55,65, 108, respectiv 110 boabe/știulete. Masa a 1000 de boabe a fost ne semnificativ influențată de sistemul de lucrare a solului, fiind cuprinsă între 310 g/1000 boabe în LB și 326 g/1000 boabe în SC. Ca urmare a influenței semnificative a sistemului de lucrare a solului, masa hectolitrică a înregistrat valori cuprinse între 73,5 kg/hl, în varianta nelucrat, și 75,5 kg/hl, în varianta lucrării convenționale a solului.

Influența sistemelor de lucrarea a solului asupra principalilor indicatori tehnico-economici la cultura de porumb

Datele din tabelul 3 arată avantaje economice importante ale SLCS față de ST. Consumul de forță de muncă pentru obținerea unei tone de produs s-a redus de la 0,91 ore, cu 0,23 ore în SD, cu 0,234 ore în SC, cu 0,4 ore în LB și cu 0,5 ore NT. Diferențele dintre variante sunt statistic semnificative și cantitativ importante. Consumul de motorină și cheltuielile cu lucrările mecanizate pe tona de produs au scăzut semnificativ de la 8,92 litri în ST la 7,17 litri în SD, la 6,88 litri în SC, la 5,70 litri în LB și la 4,54 litri în NT, respectiv de la 132,2 lei în ST, la 116,7 lei în SD, la 111,8 lei în SC, la 95,9 lei în LB și la 82,8 lei în NT.

Venitul net la 1000 lei cheltuieli variabile a crescut de la 889,6 lei în ST, la 948,9 lei în LB, la 1010,0 lei în SD, la 1105,6 lei în SC respectiv la 1182,4 lei în NT iar venitul net la 1000 lei cheltuieli totale a crescut de la 833,6 lei în ST, la 888,4 lei în LB, la 945,4 lei în SD, la 1035,0 lei în SC și respectiv la 1106,9 lei

în NL. Diferențele dintre variante sunt statistic semnificative și cantitativ importante. Costul producției pe tona de produs a scăzut semnificativ de la 292,4 lei în ST la 250,2 lei în NL.

Tabelul 3

Principalii indicatori tehnico-economici realizați la cultura de porumb, pe variante de lucrare a solului

(Main technico-economic parameters of the tillage systems experimented for maize)
Fundulea 2008-2010

Specificație	U.M.	ST	SC	SD	LB	NL
Consum de forță de muncă	ore/t	0,91 a	0,67 b	0,68 b	0,51 c	0,41 d
Consum motorină	l/t	8,92 a	6,88 c	7,17 b	5,70 d	4,54 e
Cheltuieli cu lucrările mecanizate	lei/t	132,2 a	111,8 b	116,7 b	95,9 c	82,8 d
Venit net + subvenții/ 1000 lei cheltuieli variabile	lei	889,6 e	1105,6 b	1010,0 c	948,9 d	1182,4 a
Venit net + subvenții/ 1000 lei cheltuieli totale	lei	833,6 e	1035,0 b	945,4 c	888,4 d	1106,9 a
Cost producție/tonă	lei	292,4 a	259,9 d	273,9 c	283,6 b	250,2 e

Datele din tabelul 3 evidențiază faptul că în varianta NL se obține randamentul cel mai ridicat. Consumurile specifice cu forța de muncă mecanizată și de combustibil, precum și cheltuielile specifice cu lucrările mecanizate, la varianta NL sunt mai reduse cu 19,6-55%, 20,4-49,1% și, respectiv 13,7-37,4 %, comparativ cu celelalte variante. Indicatorii economici venitul net + subvenții/1000 lei cheltuieli variabile și la 1000 lei cheltuieli totale au valori mai ridicate cu 6,9-32,9%, respectiv 6,9-32,8%. Indicatorul sintetic cost de producție pe tonă la varianta NL este mai redus cu 3,7-14,4%, comparativ cu cel realizat la celelalte variante.

CONCLUZII

Cercetările efectuate indică faptul că afânarea adâncă periodică nu a influențat producția de porumb și însușirile fizico-mecanice ale solului. Sistemele de lucrare a solului au influențat semnificativ acumularea și conservarea apei în sezonul rece și în sezonul de vegetație, producția și eficiența economică a culturii de porumb cultivat într-un climat temperat continental, supus riscului apariției secetelor în perioada de formare a bobului. Sistemul NT, în care resturile vegetale sunt reținute în totalitate pe suprafața solului, comparativ cu ST, unde resturile vegetale sunt încorporate în sol, realizează producții sporite și economic mai eficiente la cultura de porumb. Această metodă conservativă de lucrare a solului poate fi larg adoptată în Câmpia Română în vederea diminuării efectelor încălzirii globale.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BUSSCHER, W.J. and SOJKA, R.E., 1987 – *Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage*. Trans. ASAE, 30: 888-892.
- COCIU, A.I., 2010 – *Tillage system effects on input efficiency of winter wheat, maize and soybean in rotation*. Romanian Agricultural Research, 27: 69-81.
- HILL, R.L., 1990 – *Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties*. Soil Sci. Soc. Am. J., 54: 161-166.
- JOHNSON, M.D., LOWERY, B., and DANIEL, T.C., 1984 – *Soil moisture regimes of three conservation tillage systems*. Trans. ASAE, 27: 1385-1390.
- KEMPER, W.D., and CHEPIL, W.S., 1965 – *Size distribution of aggregates*. p.499-509. In: C.A.Black (ed) *Methods of soil analysis*. Part I. Agron. Monogr., 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- LAL, R. 1989 – *Conservation tillage for sustainable agriculture: Tropics versus temperate environments*. Adv. Agron., 42: 85-197.
- LAL, R., 1991 – *Preface: XI – XII*. In: R. Lal et al.(ed.). *Soil management for sustainability*. Soil and Water Conservation Soc., Ankeny. IA.
- LICHTER, K., GOVAERTS, B., SIX, J., SAYRE, K.D., DECKERS, J. and DENDOOVEN, L., 2008 – *Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in a permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico*. Plant Soil, 305:237-252.
- LOWERY, B., and SCHULER, R.T., 1994 – *Duration and effects of compaction on soil and plant growth in Wisconsin*. Soil Tillage Res., 29: 205-210.
- MANNERING, J.V., FENSTER, C.R., 1983 – *What is conservation tillage?* J. Soil Water Conserv., 38: 141-143.
- PICU, I., 2005 – *Influența unor metode de lucrare redusă a solului asupra producției de porumb în sudul României*. AGRAL PPA-8/2001-2005.
- STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H., 1980 – *Principles and procedure of statistics: A biometrical approach*. 2nd ed. McGraw-Hill. New York.

Prezentată Comitetului de redacție la 28 mai 2011