

INFLUENȚA LUCRĂRILOR SOLULUI ASUPRA CALITĂȚII RECOLTELOR DE PORUMB, SOIA ȘI GRÂU ȘI PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE ACESTORA, ÎN CONDIȚII DE IRIGARE

**SOIL TILLAGE EFFECTS ON QUALITY OF GRAIN IN MAIZE, SOYBEAN
AND WINTER WHEAT, AND THEIR MAIN CHARACTERISTICS, UNDER
IRRIGATION CONDITIONS**

ALEXANDRU I. COCIU¹, ELIANA ALIONTE¹

Abstract

Grain yields of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and soybean [*Glycine max.* (L.) Merr], in rotation were significantly influenced by soil deep loosening and tillage system, depending on water supply (irrigation application). Scientific literature regarding the influence of these agronomic factors on the yield quality of the respective three crops, in rotation, is quite limited. For this study, a field experiment was carried out at Fundulea, which is located in the eastern part of the Danube Plain, on a cambic chernozem soil type. One of the main objectives was to determine how the grain yield quality of winter wheat, maize and soybean is influenced by different reduced tillage systems, in comparison with the traditional (conventional) one, as well as by the direct seeding in non-worked ground, or in strip till, with and without soil deep loosening, under different irrigations. Regarding the maize, the water provisioning x tillage system interaction was very significant ($P < 0.001$) for protein content, fat (oil) content, protein yield, and the 1,000 kernel weight. Grain yield varied greatly depending on water provisioning, between 5,964 kg/ha, obtained under dry conditions and 12,091 kg/ha, when the normal irrigation rate was applied. Protein content decreased almost parallel with the grain yield increase, showing values between 7.6%, recorded for the normal irrigation rate at the strip till system, and 9.7%, obtained under dry conditions at the traditional tillage system. Starch content of maize grains showed a tendency similar to protein content, namely diminishing together with the grain yield increase. On the other hand, fat content had an inverse tendency – increasing along with the yield increase. Regarding soybean crop, the water provisioning x tillage system interaction was not significant ($P > 0.05$). Under the three water provisions applied, protein content had values between 40.0%, recorded when the normal irrigation rate was used, at no till system, and 41.5%, recorded for the dry conditions, also at no till system. The 1,000 kernel weight varied between 120 g, registered for the dry conditions at no till variant, and 159 g, registered for normal irrigation rate, also at no till system. The results of this research do not make evident a certain tendency of protein content, but show clearly that the fat content increases concomitantly with grain yield growing. As concerns the winter wheat crop, the water provisioning x tillage system interaction was not significant ($P > 0.05$). Protein content was comprised between 13.2%, registered when the normal irrigation rate

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

was applied at no till system variant, and 15.7%, under dry conditions, at the traditional tillage system. The minimum value of 1,000 kernel weight was 37 g, recorded for dry conditions at chisel tillage variant, and the highest value, of 47 g, was obtained when normal irrigation rate was applied to no till variant.

Key word: conservation tillage systems, irrigation rate, grain yield, protein content, fat content, starch content, 1,000 kernels weight.

Cuvinte cheie: sistem de lucrări pentru conservarea solului, norma de irigare, producția de boabe, conținutul de proteină, conținutul de grăsimi, conținutul de amidon, masa a o mie de boabe.

INTRODUCERE

Sistemul de lucrări pentru conservarea solului (SLCS) ocupă o poziție strategică în definirea sistemului de agricultură durabilă datorită influenței exercitate asupra proprietăților solului (caracteristicilor fizice, chimice și biologice), producției culturilor, costurilor de producție și cerințelor energetice. Pe termen lung, SLCS asigură îmbogățirea conținutului solului în carbon organic (West și Post, 2002), stabilitatea agregatelor (Heard și colab., 1988), conservarea umidității solului (Hatfield și Stewart, 1994) și macroporozitate (Lal și colab., 1990). Influența acestor modificări asupra dezvoltării culturilor și producției acestora depinde de textura și structura solului (Dick și VanDoren, 1985), de factorii climatici cum ar fi precipitațiile (Boyer, 1970) și de controlul asupra buruienilor (Kapusta, 1979).

Cercetări anterioare au arătat că producțiile culturilor de grâu de toamnă, porumb boabe și soia răspund la asigurarea cu apă de irigare, afânarea adancă și la sistemul de lucrare a solului folosit. Sunt, de asemenea, date care indică faptul că practicile culturale folosite influențează valoarea alimentară a produselor agricole care poate fi apreciată, pe de o parte, prin conținutul și calitatea principiilor nutritive, iar pe de alta, în funcție de unele însușiri fizice, cum sunt mărimea exprimată prin masa a 1000 boabe.

Totuși, influența asigurării cu apă de irigare, afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra calității recoltelor și a principalelor caracteristici ale acestora, la culturile de grâu de toamnă, porumb boabe și soia, în rotație, au fost puțin studiate.

Cercetările întreprinse de noi au urmărit determinarea calității recoltelor de grâu de toamnă (*Triticum aestivum* L.), porumb (*Zea mays* L.) și soia [*Glycine max* (L) Merrill] și a principalelor caracteristici ale acestora în sistemul convențional de lucrare a solului, comparativ cu sistemul de lucrare redusă a solului și cu sistemele de semănat direct în teren nelucrat sau lucrat limitat, în benzi, în diferite condiții de afânare și asigurare cu apă de irigare. De asemenea, s-a urmărit precizarea efectelor tendinței actuale de reducere a lucrărilor solului și normelor de udare asupra calității principalelor produse agricole: grâu, porumb boabe și soia.

MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Cercetările efectuate în anii agricoli 2008 la porumb și soia și 2009 la grâu, pe cernoziomul cambic de la I.N.C.D.A. Fundulea au cuprins:

- (I) sistemul convențional de lucrare a solului – arat cu plugul cu cormană (ST);
- (II) sistemul de lucrare a solului cu plugul cizel – lucrarea primară a solului executată cu unelte fără întoarcerea brazdei tip daltă (SC);
- (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 (SD);
- (IV) sistemul de lucrare în benzi – variantă a sistemului fără lucrări, aplicată doar culturilor prășitoare, 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);
- (V) sistemul nelucrat – eliminarea tuturor lucrărilor solului (NL). Influența sistemelor de lucrare a solului s-a determinat în condiții variate de asigurare cu apă (neirigat, irigat ½ din norma de udare și irigat cu normă întreagă) și de afânare adâncă (lucrare efectuată doar la înființarea experienței, în vara anului 2007). Resturile vegetale ale culturilor premergătoare (producția secundară) au fost tocate și împrăștiate uniform pe teren concomitent cu recoltarea acestor culturi. Celelalte operații utilizate au fost cele caracteristice fiecărui sistem de lucrare a solului experimentat (C o c i u și colab., 2010).

În perioada ianuarie 2008 – iunie 2009 regimul termic mediu la Fundulea a fost cu 1,34 °C mai cald decât normala climatologică (figura 1), abaterile pozitive oscilând între 0,4 și 3,6 °C. Lunile, cu abateri pozitive de peste 2 °C față de normală, au fost în 2008 lunile februarie (2,7 °C), martie (3,6 °C), august (3,1 °C) și decembrie (2,8 °C) iar în anul 2009, luna februarie (2,7 °C). Cantitatea de precipitații cazută în această perioadă a fost de 684,2 mm cu 173,4 mm mai puțin decât media multianuală. În anul 2008 stresul hidric s-a instalat în perioada de vegetație a porumbului și soiei (iunie-august), când deficitul de precipitații a fost de 107,1 mm, iar în 2009 în perioada de vegetație a grâului (februarie-mai) când deficitul de precipitații a fost de 57,5 mm. Condițiile climatice din anul 2008 au impus necesitatea irigării culturilor de porumb și soia, iar în anul 2009 a celei de grâu, apa fiind asigurată în condiții diferite (numai din precipitații la neirigat, irigat cu ½ din norma de irigare și irigat cu normă întreagă).

Schema experimentală, folosită pentru fiecare cultură din rotație, a fost cea a parcelelor subdivizate așezate după metoda blocurilor complet randomizate în trei repetiții de câmp. Parcelele principale au fost atribuite nivelului de asigurare cu apă de irigare, parcelele mijlocii - afânării adânci iar parcelele mici -

sistemelor de lucrare a solului, fiecare repetiție conținând 30 de parcele (3 de irigare, 2 de afânare adâncă și 5 sisteme de lucrare a solului). Toți parametrii au fost supuși analizei varianței (ANOVA), iar pentru compararea semnificației mediei variantelor s-a folosit metoda comparațiilor multiple (Duncan's New Multiple-Range Test) la nivelul $P \leq 0,05$. Grâul și soia au fost recoltate cu o combină pentru parcele experimentale Wintersteiger Delta (Wintersteiger AG, Ried, Austria) cu lățimea de lucru de 2 m; lungimea suprafeței recoltate fiind de 10 m. Porumbul a fost recoltat manual, din mijlocul parcelei experimentale, de pe două rânduri alăturate pe o lungime de 10 m.

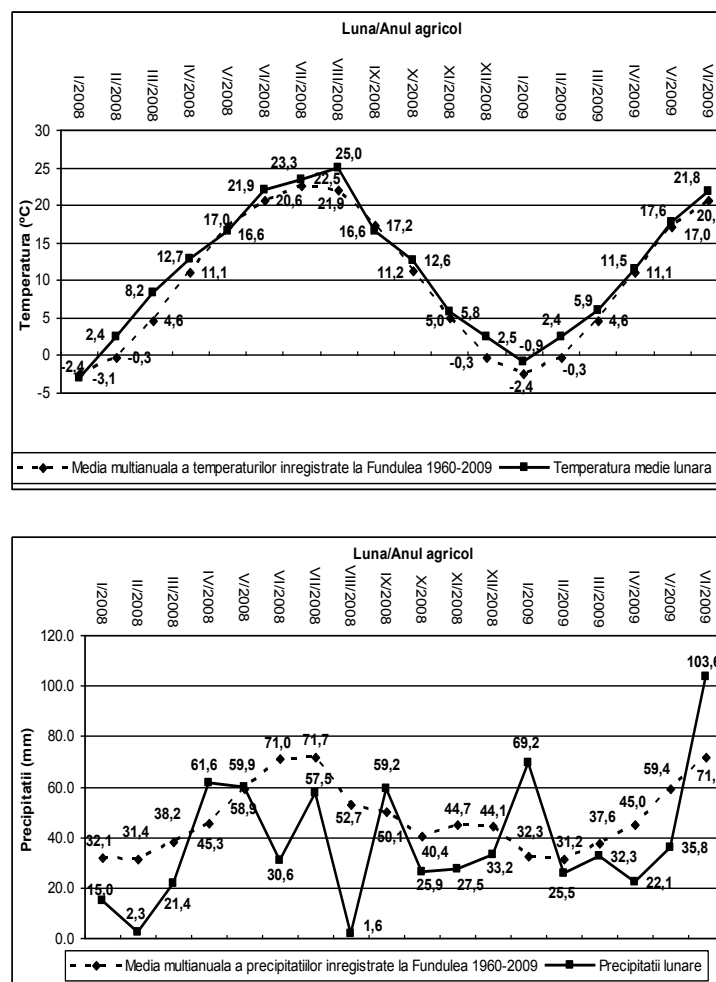


Fig. 1 – Temperaturile medii și precipitațiile lunare în perioada ianuarie 2008 - iunie 2009, la Fundulea (Monthly mean temperatures and rainfall amounts during January 2008 - June 2009, at Fundulea)

Atât producțiile obținute, cât și caracteristicile și calitatea boabelor au fost raportate la umiditățile standardizate de 14% pentru grâu, 15,5% pentru porumb și 12% pentru soia. Au fost, de asemenea, efectuate corelații între producțiile medii obținute și calitatea boabelor. Rezultatele privind calitatea și caracteristicile boabelor au fost analizate separat pentru fiecare cultură.

Calitatea boabelor s-a determinat prin analize chimice efectuate cu Foss Infratec 1225 Grain Analyzer (Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden) calibrat pe baza rezultatelor înregistrate folosind metodele directe, și anume: (I) proteina, s-a determinat după metoda Kjeldhal care constă în mineralizarea substanței vegetale, cu acid sulfuric concentrat în prezență de catalizatori, pentru a ridica punctul de fierbere și de a accelera procesul de mineralizare. Numărul de cm³ de acid sulfuric N/10 consumat este echivalent cu cantitatea de amoniac aflată în proba analizată. Conținutul procentual în materie proteică (proteina brută) al făinurilor vegetale s-a calculat înmulțind conținutul procentual în azot al substanței analizate cu factorul 6,25; (II) grăsimea brută – conținutul în materii grase al făinei de soia și porumb s-a determinat prin extracția cu eter de petrol, după metoda clasică Soxhlet și s-a raportat la substanța anhidră exprimându-se în procente; (III) amidonul s-a determinat după metoda Ewers – Grossfeld. Prin hidroliză (sub influența acidului clorhidric) se obține o soluție de glucoză cu o concentrație corespunzătoare cantității de amidon ce a fost hidrolizat. Bazându-ne pe proprietatea glucozei de a fi optic activă, s-a determinat concentrația de glucoză în soluție, la polarimetru. Rezultatele s-au exprimat în procente.

Producția la hectar de proteină, grăsimi și amidon a fost calculată înmulțind producția de boabe cu conținutul procentual de proteină, grăsimi și amidon pentru fiecare variantă. Masa a 1000 de boabe a fost determinată prin media masei a trei probe a câte 1000 de semințe alese întâmplător din fiecare variantă.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Influența irigării, afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra producției, calității și a principalelor caracteristici ale recoltei de porumb

Producția de porumb boabe obținută în anul 2008 în condiții de neirigare a fost de 5964 kg/ha (tabelul 1). Factorul asigurarea cu apă de irigare a avut o influență foarte semnificativă asupra producției de porumb boabe determinând un spor de 102,7 % în condiții de irigare cu normă întreagă de apă și de 78,2% în condiții de irigare cu jumătate de normă. Afânarea adâncă a exercitat o influență nesemnificativă asupra producției de porumb, în schimb sistemul de lucrare a solului a influențat foarte semnificativ nivelul producțiilor medii de porumb boabe obținute. Producțiile cele mai ridicate au fost de 10183, 9871 și respectiv, 9644 kg/ha, obținute în sistemele SC, SD și NL, diferențe statistice nesemnificative. În ST și LB producțiile obținute au fost semnificativ mai mici față de SC, și anume, 9307, respectiv 8802 kg/ha.

Conținutul de proteină a fost foarte semnificativ influențat de factorii asigurarea cu apă și sistemul de lucrare a solului precum și de interacțiunea lor (tabelul 1). Conținutul de proteine a înregistrat valoarea cea mai ridicată în varianta neirigat (9,4% din s.u.), irigarea cu jumătate de normă a determinat o reducere de 8,5% a acestuia, iar în cazul irigării cu normă întreagă de apă reducerea a fost de 16%. Interacțiunea asigurare cu apă x sistemul de lucrare a solului, foarte semnificativă ($P < 0,001$), indică în toate variantele de lucrare a solului reducerea conținutului de proteină ca urmare a creșterii normei de irigare (tabelul 2). Producția de porumb boabe s-a corelat negativ și foarte semnificativ ($P < 0,001$) cu conținutul de proteină din boabe, coeficientul de corelație fiind $r = -0,811$.

Tabelul 1

Influența asigurării cu apă de irigare, afânării adânci și a sistemului de lucrare a solului asupra producției de porumb boabe, a conținutului de proteine, grăsimi și amidon, a producției de proteine, grăsimi și amidon precum și a MMB, în anul agricol 2008, la Fundulea

(Irrigation, deep soil loosening and tillage systems influence on maize grain yield, protein, fat and starch content, protein, fat and starch yield and 1000 kernels weight, at Fundulea, in year 2008)

Cauza variabilității	Producția kg/ha	Conținutul de proteine %	Conținutul de grăsimi %	Conținutul de amidon %	Producția de proteine kg/ha
<i>A. Asigurare cu apă</i>					
Irigat 1 m	12091 a	7,9 c	3,9 a	60,1 c	950 a
Irigat ½ m	10630 b	8,6 b	3,7 b	61,0 b	915 a
Neirigat	5964 c	9,4 a	3,6 b	62,6 a	559 b
<i>B. Afânare adâncă</i>					
Scarificat	9553 a	8,6 a	3,7 a	61,4 a	808 a
Nescarificat	9570 a	8,6 a	3,7 a	61,0 b	809 a
<i>C. SLCS</i>					
ST	9307 bc	8,8 a	3,7 a	60,7 c	798 b
SC	10183 a	8,8 a	3,7 a	61,2 b	877 a
SD	9871 ab	8,7 a	3,7 a	61,1 b	846 a
LB	8802 c	8,4 b	3,7 a	61,3 b	727 c
NL	9644 ab	8,4 b	3,7 a	61,9 a	793 b
<i>ANOVA</i>					
A	***	***	***	***	***
B	NS	NS	NS	**	NS
C	***	***	NS	***	***
A*B	NS	NS	NS	*	NS
A*C	NS	***	***	NS	***
B*C	NS	NS	NS	***	NS

Conținutul de grăsimi a fost foarte semnificativ influențat de asigurarea cu apă și de interacțiunea acesteia cu sistemul de lucrare a solului (tabelul 1). Ca urmare a efectului asigurării cu apă conținutul de grăsimi a fost cuprins între 3,9% în varianta irigării cu normă întreagă și 3,6% la neirigat. Diferențele dintre variante sunt statistic semnificative. Interacțiunea asigurare cu apă x sistemul de lucrare a solului, foarte semnificativa ($P < 0,001$), indică în toate variantele de

lucrare a solului creșterea conținutului de grăsimi ca urmare a creșterii normei de irigare (tabelul 2). Conținutul de grăsimi al boabelor de porumb s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ ($r=0,743$) cu producția de boabe.

Conținutul de amidon (tabelul 1) a fost foarte semnificativ influențat de asigurarea cu apă, sistemul de lucrare a solului și interacțiunea afânarea adâncă x sistemul de lucrare a solului, distinct semnificativ de afânarea adâncă și semnificativ de interacțiunea asigurarea cu apă x afânarea adâncă. Asigurarea cu apă a determinat o creștere a conținutului de amidon proporțională cu creșterea deficitului de apă. Astfel, dacă în varianta irigată optim conținutul de amidon a fost de 60,1%, în varianta irigată cu jumătate de normă conținutul de amidon a crescut la 61,0%, iar în varianta neirigată a fost de 62,6%. Diferențele au fost statistic semnificative. Conținutul de amidon a fost de 61,4% în varianta scarificat și cu 0,4% mai mic în nescarificat, diferență statistic semnificativă. Sistemul de lucrare a solului a determinat obținerea unui conținut de amidon cuprins între 60,7 și 61,9% în ST, respectiv în NL. În sistemele SD, SC și NL conținutul de amidon a fost de 61,1, 61,2, respectiv 61,3%, diferite între ele ne semnificativ statistic dar semnificativ diferită față de ST și NL.

Tabelul 2

Influența interacțiunii asigurarea cu apă x sistemul de lucrare a solului la porumb
 (Details regarding the influence of Irrigation x Tillage System interaction on maize)

Sistemul de lucrarea a solului	ST	SC	SD	LB	NL
<i>Asigurarea cu apă</i>	Conținutul de proteină (%)				
Irigat 1 m	8,2 de	8,0 def	7,9 ef	7,6 g	7,7 fg
Irigat ½ m	8,4 d	8,8 c	8,9 c	8,8 c	8,3 d
Neirigat	9,7 a	9,5 ab	9,4 ab	9,0 bc	9,3 b
	Conținutul de grăsimi (%)				
Irigat 1 m	3,87 ab	3,83 b	3,92 a	3,87 ab	3,87 ab
Irigat ½ m	3,70 cd	3,67 d	3,57 e	3,58 e	3,75 c
Neirigat	3,58 c	3,68 cd	3,58 e	3,52 e	3,55 e
	Producția de proteină (kg/ha)				
Irigat 1 m	970 bc	1050 a	957 bc	840 de	935 c
Irigat ½ m	803 e	1000 abc	1008 ab	885 cd	880 cd
Neirigat	620 f	580 f	573 f	457 f	563 g
	MMB (g)				
Irigat 1 m	384 a	384 a	366 b	364 b	362 b
Irigat ½ m	310 d	340 c	336 c	303 d	336 c
Neirigat	274 e	276 e	265 ef	257 f	240g

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

Tabelul 3

Influența interacțiunii asigurarea cu apă x afânarea adâncă la porumb
(Details regarding the influence of irrigation x deep soil loosening interaction on maize)

Afânarea adâncă	Scarificat	Nescarificat
Asigurarea cu apă	Conținutul de amidon (%)	
Irigat 1 m	60,1 d	60,0 d
Irigat ½ m	61,1 c	60,9 c
Neirigat	63,1 a	62,1 b
	MMB (g)	
Irigat 1 m	376 a	368 b
Irigat ½ m	339 c	311 d
Neirigat	266 e	259 f

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

Tabelul 4

Influența interacțiunii afânarea adâncă x sistemul de lucrare a solului la porumb
(Details of deep soil loosening x tillage system interaction on maize)

Afânarea adâncă	Scarificat	Nescarificat
Sistemul de lucrare a solului	Conținutul de amidon (%)	
ST	61,2 b	60,2 d
SC	61,3 b	61,1 b
SD	61,7 ab	60,5 c
LB	61,6 b	61,0 bc
NL	61,5 b	62,2 a

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

Interacțiunea asigurare cu apă x afânarea adâncă, semnificativă ($P < 0,05$), indică în varianta scarificat creșterea conținutului de amidon, ca urmare a creșterii normei de irigare față de varianta nescarificat (tabelul 3). Ca urmare a interacțiunii dintre afânarea adâncă și sistemul de lucrare a solului, distinct semnificativă statistic ($P < 0,01$), conținutul de amidon a avut valori cuprinse între 60,2 și 62,2% în variantele nescarificate lucrate tradițional, respectiv nelucrate (tabelul 4). Diferențele au fost statistic semnificative. Conținutul de amidon al boabelor de porumb s-a corelat negativ și foarte semnificativ ($r = -0,887$) cu producția de boabe.

Producția de proteină la hectar a fost foarte semnificativ influențată de factorii asigurarea cu apă și sistemul de lucrare a solului precum și de interacțiunea lor (tabelul 1). Asigurarea cu apă a determinat realizarea unor producții de proteină cuprinse între 915 și 950 kg/ha în variantele irigat cu jumătate de normă, respectiv irigat cu normă întragă. Diferența dintre variante este nesemnificativă statistic. În condiții de neirigat producția de proteină a

scăzut semnificativ la 559 kg/ha. Producția de proteină a fost semnificativ mai mare în variantele cu lucrări reduse (SC și SD) față de ST,NL respectiv LB. La cultura de porumb interacțiunea asigurarea cu apă x sistemul de lucrare a solului a influențat foarte semnificativ ($P < 0,001$) producția de proteină care a fost cuprinsă între 1050 kg/ha în varianta SC irigat optim și 457 kg/ha în varianta LB neirigat, diferențe statistic semnificative (tabelul 2). Interacțiunea se explică prin diferențele de magnitudine dintre răspunsurile producțiilor realizate în cadrul fiecărui sistem de lucrare a solului la condițiile specifice fiecărei norme de udare.

Producția de grăsimi la hectar a fost foarte semnificativ influențată de factorii asigurarea cu apă și sistemul de lucrare a solului (tabelul 1). Factorul irigare a determinat o creștere a producției de grăsimi de la 213 kg/ha la neirigat la 390 kg/ha la irigat cu jumătate de normă și 468 kg/ha la irigarea cu normă întreagă. Producțiile cele mai mari de grăsimi la hectar s-au obținut în SC, SD și NL și au fost de 381, 367, respectiv 363 kg/ha. Diferențele sunt statistic ne semnificative. Producții semnificativ mai mici față de SC s-au obținut în ST și LB, 348, respectiv 326 kg/ha.

Din tabelul 1 se observă că producția de amidon a fost foarte semnificativ influențată de factorul asigurare cu apă și distinct semnificativ de metodele de lucrare a solului. Producția de amidon a fost cuprinsă între 7264 și 3733 kg/ha, obținute în condiții de de irigare cu normă întreagă, respectiv neirigare. Irigarea cu normă redusă a asigurat obținerea unei producții de amidon de 6493 kg/ha. Diferențele dintre producții sunt atât cantitativ, cât și statistic semnificative. Producțiile cele mai mari de amidon la hectar s-au obținut în SC, SD și NL și au fost de 6203, 6002, respectiv 5944 kg/ha, între acestea diferențele devenind statistic semnificative. Producții semnificativ mai mici față de SC s-au obținut în ST și LB, 5630, respectiv 5369 kg/ha. Producția de porumb boabe s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ ($P < 0,001$) cu producția de proteină la hectar ($r = 0,976$), cu producția de grăsimi la hectar ($r = 0,996$) și cu producția de amidon la hectar ($r = 0,999$).

Masa a 1000 de boabe a fost foarte semnificativ influențată atât de factorii asigurarea cu apă, afânarea adâncă a solului, sistemul de lucrare a solului, cât și de interacțiunea dintre asigurarea cu apă x sistemul de lucrare a solului (tabelul 1). Interacțiunea dintre asigurarea cu apă x afânarea adâncă a solului a exercitat o influență distinct semnificativă asupra MMB. În ce privește influența nivelului de asigurare cu apă, MMB a scăzut proporțional cu deficitul de apă. În condiții de irigare cu normă întreagă MMB a fost de 372 g, cu 14,4, respectiv 42% mai mare față de valorile MMB înregistrate în condiții de irigare cu jumătate de normă sau neirigat. Diferența este statistic semnificativă. În condiții de scarificare, MMB a fost de 327g, cu 4,5% mai mare decât MMB înregistrată în nescarificat. Diferența este statistic semnificativă. Ca urmare a influenței sistemului de lucrare a solului MMB a fost cuprinsă între 333 g în SC și 308 g în LB. MMB realizată în SC a fost semnificativ diferită de cele obținute în ST și SD, respectiv NL și LB. Interacțiunea dintre asigurarea cu apă x sistemul de

lucrare a solului (tabelul 2) a determinat valori ale MMB cuprinse între 384 g în variantele ST și SC irigate cu normă întreagă de apă și 240 g în varianta NL neirigată. Diferența este statistic semnificativă. În tabelul 3 este prezentată influența interacțiunii dintre asigurarea cu apă x afânarea adâncă a solului asupra MMB care a înregistrat valori cuprinse între 376 g în varianta scarificat și irigat cu normă întreagă și 259 g în varianta nescarificat și neirigat. Diferențele sunt statistic semnificative. Masa a 1000 de boabe s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ ($P < 0,001$) cu producția de porumb ($r = 0,953$).

Influența irigării, afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra producției, calității și a principalelor caracteristici ale recoltei de soia

Asigurarea cu apă a influențat foarte semnificativ producția de soia (tabelul 5) care a fost de 2116 kg/ha în condiții de irigare cu normă întreagă, 1803 kg/ha în condiții de irigare redusă și 1145 kg/ha în condiții de neirigare. Diferențele au fost importante cantitativ și statistic semnificative. Producția de soia a fost influențată la limita semnificației statistice de către afânarea adâncă. În terenul scarificat s-a obținut o producție de 1741 kg/ha, cu 6% mai mare față de cea realizată în condiții de nescarificare, diferență statistic semnificativă. Sistemul de lucrare a solului a influențat foarte semnificativ producția de soia care a fost cuprinsă între 1417 și 1991 kg/ha, realizate în SC, LB respectiv NL, diferența statistic semnificativă și cantitativ importantă. În ST și SD producțiile obținute au fost de 1779, respectiv 1832 kg/ha, producții ne semnificativ diferite de cea obținută în NL.

Conținutul de proteină a fost influențat distinct semnificativ de factorul asigurarea cu apă și semnificativ de interacțiunea asigurarea cu apă x afânarea adâncă. Conținutul cel mai ridicat de proteină s-a obținut în condiții de neirigare și a fost de 41,2% (tabelul 5), în condiții de irigare redusă conținutul de proteină a fost de 40,9%, iar în condiții de irigare cu normă întreagă, de 40,2%, diferențele fiind statistic ne semnificative. Ca urmare a interacțiunii dintre asigurarea cu apă și afânarea adâncă, la limita semnificației statistice ($P < 0,05$), conținutul de proteină a avut valori cuprinse între 40,1 și 41,3% în variantele scarificat și irigat cu normă întreagă, respectiv nescarificat și neirigat (tabelul 6). Diferențe statistic semnificative. Conținutul de proteină s-a corelat negativ și semnificativ ($P < 0,01$) cu producția de soia ($r = -0,669$).

Conținutul de grăsimi a fost foarte semnificativ influențat de asigurarea cu apă, scăzând proportional cu deficitul de apă (tabelul 5). Astfel, conținutul cel mai mare de grăsimi, de 22,0%, s-a înregistrat la irigarea cu normă întreagă, iar conținutul minim de 21,2% s-a realizat la neirigat. Ceilalți doi factori luați în studiu, afânarea adâncă și sistemul de lucrare a solului, au influențat ne semnificativ conținutul de grăsimi. Conținutul de grăsimi s-a corelat pozitiv și semnificativ ($P < 0,05$) cu producția de soia obținută ($r = 0,625$).

În variantele de asigurare cu apă și de lucrare a solului unde conținutul de proteină al boabelor a fost mai mare, conținutul de grăsimi a fost mai mic.

Această relație inversă între conținutul de grăsimi și conținutul de proteine din boabele de soia este bine cunoscută (Scott și Aldrich, 1983).

Producția de proteină a fost foarte semnificativ influențată de factorii asigurarea cu apă și sistemul de lucrare a solului, afânarea adâncă a influențat producția de proteină doar la limita semnificației statistice. Asigurarea cu apă a influențat producția de proteină proporțional cu realizarea producției de boabe. Producția de proteină a fost maximă în varianta irigării normale (850 kg/ha) și minimă în varianta neirigată (472 kg/ha). În varianta irigării reduse producția de proteină a fost de 737 kg/ha. Diferențele dintre variante sunt statistic semnificative. Sistemul de lucrare a solului aplicat a determinat producții de proteină cuprinse între 806 și 576 kg/ha în NL, respectiv SC și LB, diferențele fiind statistic semnificative. În variantele ST și SD s-au obținut 729, respectiv 745 kg/ha, producții ne semnificativ diferite față de NL.

Tabelul 5

Influența asigurării cu apă de irigare, afânării adânci și a sistemului de lucrare a solului asupra producției de soia, a conținutului de proteine și grăsimi, a producției de proteine și grăsimi precum și a MMB, în anul agricol 2008, la Fundulea

(Irrigation, deep soil loosening and tillage system influence on soybean grain yield, protein and fat content, protein and fat yield and 1,000 kernels weight)

Cauza variabilității	Producția kg/ha	Conținutul de proteine %	Conținutul de grăsimi %	Producția de proteine kg/ha	Producția de grăsimi kg/ha	MMB g
<i>A. Asigurare cu apă</i>						
Irigat 1m	2116 a	40,2 c	22,0 a	850 a	466 a	157 a
Irigat ½ m	1803 b	40,9 b	21,4 b	737 b	385 b	143 b
Neirigat	1145 c	41,2 a	21,2 c	472 c	243 c	125 c
<i>B. Afânare adâncă</i>						
Scarificat	1741 a	40,7 a	21,5 a	708 a	376 a	143 a
Nescarificat	1635 b	40,8 a	21,5 a	665 b	353 b	141 a
<i>C. SLCS</i>						
ST	1779 a	41,1 a	21,3 a	729 a	381 b	144 a
SC	1417 b	40,8 a	21,4 a	576 b	304 c	139 a
SD	1832 a	40,7 a	21,6 a	745 a	396 ab	143 a
LB	1421 b	40,7 a	21,6 a	576 b	308 c	144 a
NL	1991 a	40,7 a	21,7 a	806 a	434 a	140 a
<i>ANOVA</i>						
A	***	**	***	***	***	***
B	*	Ns	NS	*	*	NS
C	***	NS	NS	***	***	NS
A*B	NS	*	NS	NS	NS	NS
A*C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B*C	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

Tabelul 6

Influența interacțiunii asigurarea cu apă x afânarea adâncă la soia
(Details regarding the influence of irrigation x deep soil loosening on soybean)

Afânarea adâncă	Scarificat	Nescarificat
Asigurarea cu apă	Conținutul de proteină (%)	
Irigat 1 m	40,1 d	40,3 d
Irigat ½ m	41,0 bc	40,8 c
Neirigat	41,1 b	41,3 a

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

Producția de grăsimi maximă (466 kg) a fost realizată în condiții de irigare cu normă întreagă (tabelul 5). Reducerea normei de irigare a determinat o scădere a producției de grăsimi cu 17% iar la neirigat producția de grăsimi a scăzut cu 49%, diferențele dintre variante fiind statistic semnificative. Afânarea adâncă a influențat producția de grăsimi la hectar la limita semnificației statistice. Producția de grăsimi obținută în varianta scarificat a fost de 376 kg/ha, cu 6,5% mai mare față de cea obținută în varianta nescarificat. Sistemul de lucrare a solului a influențat foarte semnificativ producția de grăsimi, cantitatea maximă de 434 kg/ha înregistrându-se în NL iar minimă, de cca 300 kg/ha, în SC și LB. Diferențele sunt statistic semnificative. În ST și SD s-au obținut 381, respectiv 396 kg/ha, diferențele fiind statistic ne semnificative.

Efectele principale ale asigurării cu apă, ale afânării adânci și ale sistemelor de lucrare a solului asupra producțiilor de proteină și grăsimi la hectar sunt similare cu cele asupra producției de boabe la soia. Producția de soia s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ ($P < 0,001$) cu producțiile de proteină și de grăsimi la hectar, coeficienții de corelație fiind $r = 0,999$, respectiv $r = 0,998$. Rezultatele obținute indică faptul ca producția de boabe are o influență mai mare asupra producției de proteină și grăsimi la hectar decât conținutul de proteină și de grăsimi din boabe.

Masa a 1000 de boabe a fost foarte semnificativ influențată de factorul asigurarea cu apă, ceilalți doi factori afânarea adâncă și sistemul de lucrare a solului au avut o influență ne semnificativă asupra MMB. În cazul irigării cu normă întreagă de apă MMB a fost de 157 g. Reducerea normei de udare a determinat o diminuare a MMB la 143 g în paralel cu creșterea deficitului de apă, MMB a scăzut până la 125 g, în condiții de neirigare. Diferențele sunt statistic semnificative și cantitativ importante. MMB s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ cu producția de soia ($r = 0,846$).

Influența irigării, afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra producției, calității și a principalelor caracteristici ale recoltei de grâu

Factorul asigurarea cu apă a influențat distinct semnificativ producția de grâu, asigurând față de neirigat, unde s-a obținut o producție de 4551 kg/ha, un

spor de 18,6% în condiții de irigare cu jumătate de normă și de 25,5% în condiții de irigare cu normă întreagă. Diferențele sunt statistic semnificative (tabelul 7). În varianta scarificat s-a realizat o producție mai mare cu 317 kg/ha față de varianta nescarificat unde s-au obținut 5061 kg/ha, diferența fiind statistic semnificativă. Sistemele de lucrare a solului au influențat neesențial producția de grâu.

Tabelul 7

Influența asigurării cu apă, a afânării adânci și a sistemelor de lucrare a solului asupra producției de grâu de toamnă, a conținutului de proteine, a producției de proteine precum și a masei a 1000 de boabe, în anul agricol 2008-2009, la Fundulea
(Irrigation, deep soil loosening and tillage system influence on wheat grain yield, protein content, protein yield and 1000 kernels weight at Fundulea, in 2008-2009 agricultural year)

Cauza variabilității	Producția kg/ha	Conținutul de proteine %	Producția de proteine kg/ha	MMB g
<i>A. Asigurare cu apă</i>				
Irigat 1 m	5710 a	13,6 b	772 a	46 a
Irigat ½ m	5399 b	13,9 b	751 b	44 b
Neirigat	4551 c	15,1 a	691 c	38 c
<i>B. Afânare adâncă</i>				
Scarificat	5378 a	14,5 a	771 a	42 b
Nescarificat	5061 b	14,0 b	705 b	43 a
<i>C. SLCS</i>				
ST	5233 a	14,7 a	765 a	41 b
SC	5147 a	14,3 b	730 b	42 ab
SD	5307 a	14,0 bc	742 b	43 a
NL	5192 a	13,8 c	717 b	43 a
<i>ANOVA</i>				
A	**	**	**	***
B	*	**	**	**
C	NS	***	**	*
A*B	NS	*	NS	NS
A*C	NS	NS	NS	NS
B*C	NS	NS	NS	NS

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

Tabelul 8

Influența interacțiunii asigurarea cu apă x afânarea adâncă la grâu
(Details regarding the influence of irrigation x deep soil loosening on wheat)

Afânarea adâncă	Scarificat	Nescarificat
Asigurarea cu apă	Conținutul de proteină (%)	
Irigat 1 m	13,5 d	13,5 d
Irigat ½ m	14,1 c	13,5 d
Neirigat	15,4 a	14,7 b

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

Conținutul de proteine a fost distinct semnificativ influențat de asigurarea cu apă (tabelul 7). În varianta irigat optim s-a înregistrat cel mai mic conținut de proteine, de 13,6%. În varianta irigat cu jumătate de normă s-a înregistrat o creștere cu 0,3% față de varianta irigat cu normă întreagă, diferența fiind fără semnificație statistică. Cel mai mare conținut de proteină, de 15,2%, a fost înregistrat în varianta neirigat, semnificativ diferit de celelalte două variante luate în studiu. Afânarea adâncă a asigurat realizarea unui conținut de proteină sporit cu 0,5% față de varianta nescarificat, unde s-a realizat un conținut de proteină de 13,9% din s.u., diferență statistic semnificativă. Sistemele de lucrare a solului au influențat foarte semnificativ conținutul de proteină, cel mai mare conținut, de 14,7%, fiind înregistrat în varianta ST, iar cel mai mic, de 13,8%, în varianta NL. Lucrările reduse SC și SD au determinat conținuturi de proteine de 14,3, respectiv 14,0%, statistic semnificativ diferite de ST. Ca urmare a interacțiunii dintre asigurarea cu apă și afânarea adâncă, la limita semnificației statistice ($P < 0,05$), conținutul de proteină a avut valori cuprinse între 13,5 și 15,4% în variantele scarificat irigat cu normă întreagă, nescarificat irigat cu normă întreagă, nescarificat irigat cu jumătate de normă, respectiv scarificat neirigat (tabelul 8). Conținutul de proteină s-a corelat negativ și semnificativ ($P < 0,01$) cu producția de grâu, coeficientul de corelație fiind de -0,718.

Din tabelul de analiza varianței (tabelul 7) rezultă că producția de proteină la hectar a fost influențată distinct semnificativ de asigurarea cu apă de irigare, afânarea adâncă și sistemul de lucrare a solului. În ce privește asigurarea cu apă, producția cea mai mare de proteină (772 kg/ha) s-a obținut în varianta irigat cu normă întreagă, irigarea cu jumătate de normă a redus producția de proteină cu 21 kg/ha iar neirigarea, cu 81 kg/ha. Diferențele dintre variante chiar dacă nu sunt economic importante, statistic sunt semnificative. Scarificarea a asigurat un spor de 66 kg/ha față de nescarificat, unde s-a realizat o producție de proteine de 705 kg/ha. În SLCS au fost obținute producții inferioare, statistic semnificativ diferite, dar fără importanță cantitativă. Producția de proteină la hectar s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ ($P < 0,001$) cu producția de grâu ($r = 0,864$).

Masa a 1000 de boabe a fost foarte semnificativ influențată de asigurarea cu apă, care a determinat o creștere a acesteia de la 38 g în varianta neirigat la 44, respectiv 46 g, în variantele irigat cu jumătate de normă și irigat cu normă întreagă. Afânarea adâncă a influențat distinct semnificativ MMB. În varianta nescarificat MMB a fost cu 1,5 g mai mare, diferență statistic semnificativă, decât în varianta scarificat, unde a înregistrat 41,6 g. Sistemele de lucrare a solului au influențat semnificativ MMB. Valoarea cea mai ridicată a fost de 43 g și s-a înregistrat în variantele NL și LB, iar cea mai redusă, de 41 g, s-a înregistrat în ST, diferența statistic semnificativă. Masa a 1000 de boabe s-a corelat pozitiv și puternic semnificativ ($P < 0,001$) cu producția de grâu ($r = 0,891$).

CONCLUZII

La cultura de porumb:

- Asigurarea cu apă a determinat obținerea unor sporuri medii de producție de până la 103% la irigarea cu normă întreagă și până la 78% la irigarea cu jumătate de normă.
- În funcție de nivelul asigurării cu apă SLCS au influențat negativ conținutul de proteină al boabelor de porumb. Aceasta s-a corelat negativ și foarte puternic semnificativ cu producția de porumb realizată.
- Conținutul de grăsimi și producția de boabe s-au dovedit a fi într-o corelație pozitivă și puternic semnificativă, pe când conținutul de amidon se corelează negativ și foarte semnificativ cu producția de boabe.
- Producțiile de proteină, grăsimi și amidon la hectar au fost influențate foarte semnificativ de asigurarea cu apă și de sistemul de lucrare a solului, ca urmare a magnitudinii diferențelor dintre producțiile de boabe realizate, cu care s-au corelat pozitiv și foarte semnificativ.

La cultura de soia:

- Asigurarea cu apă a determinat obținerea unor sporuri medii de producție de până la 85% la irigarea cu normă întreagă și până la 57% la irigarea cu jumătate de normă și a exercitat o influență distinct semnificativă asupra conținutului de proteină și foarte semnificativă asupra conținutului de grăsimi. În majoritatea cazurilor, conținuturile reduse de grăsimi corespunzându-le conținuturi ridicate de proteină. Producția de boabe s-a corelat negativ și puternic semnificativ cu conținutul de proteină iar cu producția de grăsimi corelația a fost pozitivă și semnificativă.
- Efectele principale ale asigurării cu apă, afânării adânci și sistemului de lucrare a solului care influențează producția de boabe influențează similar și producțiile de proteine și grăsimi.
- Producția de soia s-a corelat pozitiv și foarte puternic semnificativ cu producțiile de proteină și grăsimi, precum și cu masa a 1000 de boabe.

La cultura de grâu:

- Asigurarea cu apă a favorizat obținerea unui spor mediu de producție de până la 30% în cazul irigării cu normă întreagă și de până la 18% în cazul irigării cu jumătate de normă și a defavorizat conținutul de proteină, care a crescut cu deficitul de apă.
- Afânarea adâncă și SLCS au influențat similar conținutul de proteină și producția de proteină la hectar, a căror magnitudine a scăzut cu diminuarea agresivității tulburării solului. Producția de boabe s-a corelat negativ și foarte semnificativ cu conținutul de proteină și pozitiv și foarte semnificativ cu producția de proteină.

Efectele principale ale asigurării cu apă, ale afânării adânci și ale sistemului de lucrare a solului au influențat semnificativ masa a 1000 de boabe, care s-a corelat pozitiv și foarte semnificativ cu producția de grâu.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BOYER, J.S., 1970 – *Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials*. Plant Physiol., 46: 33-235.
- COCIU, A.I., ZAHARIA, G.V. AND CONSTANTIN, V., 2010 - *Tillage system effects on water use and grain yield of winter wheat, maize and soybean in rotation*. Romanian Agricultural Research, 27: 69-81.
- Dick, W.A., and Van Doren Jr., D.M., 1985 – *Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean and oat yields*. Agron. J., 77: 459-465.
- HATFIELD, J.L., and STEWART, B.A., 1994 – *Crop residue management*. Adv. Soil Sci. Lewis Publ., Boca Raton, FL.
- HEARD, J.R., KLADIVKO, E.J. and MANNERING, J.R., 1988 – *Soil macroporosity, hydraulic conductivity, and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana*. Soil tillage Res., 11: 1-8.
- KAPUSTA, G., 1979 – *Seedbed tillage and herbicide influence on soybean (Glycine max) weed control and yield*. Weed Sci., 27: 520-526.
- LAL, R., DE VLEESCHAUWER, D., and NGAJE, R.M., 1990 – *Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching*. Soil Sci.Soc.Am.J., 44: 823-827.
- SCOTT, W.O., and ALDRICH, S.R., 1983 – *Modern soybean production*. 2nd ed., S&A Publications, Champaign, IL.
- STEEL, R.G.D., and TORRIE, J.H., 1980 – *Principles and procedure of statistics: a biometrical approach*. 2nd ed. McGraww-Hill, New York.
- WEST, T.O., and POS, W.M., 2002 – *Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis*. Soil Sci. Am. J., 66: 1930-1946.

Prezentată Comitetului de redacție la 1 iunie 2011