

Lucrările solului în sprijinul protecției mediului

Autori: Irina Calciu¹, Elena Partal², Emilian Negrilă³

¹ *Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie, și Protecția Mediului – ICPA București*

² *Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Agricultură – INCDA Fundulea*

³ *Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Agricultură – SCDA Teleorman*

Autor corespondent: irina.calciu@icpa.ro

Rezumat

Lucrarea prezintă efectele aplicării unor sisteme de lucrare a solului în două experiențe organizate în câmp la SCDA Teleorman și la INCDA Fundulea. În câmpul experimental din cadrul SCDA Teleorman s-a efectuat o analiză comparativă a efectelor aplicării sistemului de lucrare convențională și a unor sisteme de lucrare conservativă (lucrarea în benzi, tiger Horsch și nelucrat sau semănat direct) asupra principalelor însușiri ale solului și nivelului producției. S-a constatat că aplicarea timp de 7 ani a sistemelor de lucrare conservativă a avut efecte benefice asupra caracteristicilor fizico-chimice ale faeoziomului cambic. Au fost înregistrate producții ridicate chiar și în condițiile secetelor frecvente din ultimii ani în variantele cu sisteme de lucrare conservativă, ceea ce a permis eliminarea din tehnologiile aplicate la nivelul stațiunii (peste 2 500 ha) a arăturii și executarea numai a lucrărilor în benzi și cu tiger Horsch. Experiența de lungă durată (2001–2024) amplasată la INCDA Fundulea în anul 2001 pe un sol cernoziom cambic a cuprins cinci tipuri de lucrări ale solului: nelucrat, lucrat cu cizelul, arat toamna, arat primăvara și discuit. Cercetările de lungă durată de la INCDA Fundulea au evidențiat că fertilizarea cu 60 kg N/ha, față de 120 kg N/ha, a condus, în toate sistemele de lucrare a solului, la scăderi mari de producție – în medie pe ultimii patru ani cu 19% sau 607 kg/ha porumb boabe. În toți anii experimentali arătura de toamnă a oferit cele mai bune rezultate de producție, dar din punct de vedere economic rezultatele cele mai bune s-au obținut prin lucrarea cu cizelul. Variantele cu semănat direct și lucrarea cu discul au condus la conservarea nivelului humusului, azotului total și fosforului mobil din sol. Atât pe faeoziomul de la SCDA Teleorman cât și pe cernoziomul cambic de la INCDA Fundulea se impune creșterea nivelului de fertilizare cu NPK și aplicarea de amendamente cu calciu.

Introducere

Omenirea a fost întotdeauna preocupată de asigurarea hranei, ceea ce a făcut ca agricultura să fie în permanentă îmbunătățire pentru a răspunde acestui deziderat suprem. Lucrările solului au constituit un factor esențial în creșterea nivelului de producție, în luarea în cultură a unor terenuri marginale, dar a constituit și factorul tehnologic pentru care s-a consumat cea mai multă energie.

Lucrările solului constituie un complex de măsuri tehnologice cu ajutorul cărora agricultorul poate să îmbunătățească starea de afânare a solului, să creeze condiții bune pentru regimul apei și aerului în sol, să valorifice mai eficient fertilizanzii organici și minerali aplicați, să lupte împotriva bolilor și dăunătorilor, să creeze condiții favorabile pentru semănat, răsărirea plantelor, dezvoltarea și fructificarea lor, să mărească și să stabilizeze nivelul producției.

Odată cu introducerea mecanizării s-a observat că mobilizarea mai profundă a solului mărește volumul de sol explorat de rădăcini și conduce la creșterea producției. Acest proces, însoțit de irigație și de neutilizarea îngrășămintelor organice a accelerat descompunerea materiei organice din sol, proces pe seama căruia a crescut producția.

Reziliența, capacitatea solului de a se comporta ca un corp elastic, revenind prin diverse procese la starea inițială, are nu numai avantaje certe, ci a condus și la creșterea riscului de degradare a solului în urma lucrărilor agricole pentru că modificările fizice ale solului sunt foarte lente și nu pot fi sesizate cu ușurință. Natura a îndreptat continuu greșelile oamenilor menținând echilibrul. Este nevoie de o perioadă îndelungată și de cercetări aprofundate pentru a observa că lucrările solului prin arătură pot duce la intensificarea eroziunii, la intensificarea consumului de materie organică, la reducerea infiltrației apei în sol, la reducerea capacității de înmagazinare pentru apă, la formarea unui orizont de compactare, mai aproape de suprafață sau mai profund, care îngreunează sau blochează pătrunderea în profunzime a sistemului radicular, la distrugerea structurii solului, dezechilibre nutritive etc. (Marinca și colab., 2009; Guș și colab., 2003; Dumitru și colab., 1999; Jităreanu și Ailincăi, 2016; Ștefănescu și colab., 2001; Budoii și Penescu 1996; Dicu, 2010; Pacanoski, 2010).

Materia organică din sol este factorul care influențează cel mai mult caracteristicile fizice, chimice și biologice ale solului și prin acestea nivelul de productivitate, calitatea culturilor și relațiile solului cu ceilalți factori de mediu, răspunsul solului la sistemele de lucrare a solului. Acest lucru a încurajat aplicarea măsurilor pentru acumularea materiei organice în sol, încurajându-se practicile conservative: folosirea culturilor care mențin terenul tot timpul acoperit, utilizarea speciilor de culturi care prin masa lor radiculară fibroasă structurează solul și lasă în sol cantități mari de materie organică, folosirea unor asolamente de lungă durată, aplicarea de îngrășăminte organice și minerale pentru creșterea producției, alegerea sistemului de mașini și profunzimea de lucrare a solului.

După anul 1936, în care a avut loc cea mai mare furtună de praf care a afectat o suprafață de peste 400 000 km² în SUA, și blocajul produs de cel de-al doilea război mondial, în anii 1950 practicile tradiționale de lucrare a solului cu plugul încep să piardă teren în fața cizelului, a grapelor cu discuri sau a altor agregate care lucrează solul fără întoarcerea brazdei. Totodată criza energetică din anii 1970 a accelerat dezvoltarea lucrărilor conservative.

România, țară în curs de dezvoltare, cu o industrie insuficient dezvoltată, a trecut mai târziu la acest nou sistem de agricultură.

Toate acestea au impus intensificarea cercetărilor în știința solului și în agricultură în general, pentru că numai astfel se pot găsi soluții pentru păstrarea și ameliorarea calității solului, pentru creșterea producției și calității producției agricole și pentru asigurarea protecției mediului.

Material și metodă

În rețeaua de institute și stațiuni de cercetare ale ASAS s-au făcut cercetări pentru alegerea celor mai bune sisteme de lucrare a solului, care să răspundă dezideratelor arătate mai sus. Astfel la INCDA Fundulea s-au organizat experiențe pentru studiul efectelor diverselor sisteme de lucrare a solului care au o vechime de 23 de ani, iar la SCDA Teleorman cercetările privind lucrările solului au fost organizate în urmă cu 7 ani când prin dispariția sistemului de irigație s-a impus găsirea unor soluții de valorificare a cantităților mici de apă din precipitații, astfel încât să se asigure niveluri satisfăcătoare de producție.

Experiența de lungă durată (2001-2024) amplasată la INCDA Fundulea în anul 2001 pe un sol cernoziom cambic a cuprins cinci tipuri de lucrări ale solului: nelucrat, lucrat cu cizelul, arat toamna, arat primăvara și discuit.

Experiențele de la SCDA Teleorman s-au desfășurat în perioada 2017-2024, pe un faeoziom cambic, cu un conținut de argilă coloidală de 42%, și au cuprins următoarele lucrări: convențional (arătură adâncă) și lucrări minime (în benzi, tiger Horsh și semănat direct) aplicate la culturile de floarea soarelui, porumb, orz și mazăre. Pe suprafețele cu lucrări minime, pentru evitarea riscului de „foame de azot” și stimularea descompunerii resturilor vegetale, s-au aplicat 25 kg/ha N sub

formă de uree sau îngrășământ lichid UAN. Fertilizarea culturilor s-a făcut cu 100 kg/ha sulfat de amoniu. Drept cultură de acoperire s-a folosit năutul sau mazărea, culturi foarte bune premergătoare pentru orz și grâu, dar și pentru celelalte culturi.

Analizele chimice ale probelor de sol au fost efectuate utilizând următoarele metode de lucru:

- Determinarea pH în suspensie apoasă 1:2,5, SR 7184-13:2001;
- Determinarea conținutului de humus: oxidare umedă, STAS 7184/21-82;
- Determinarea conținutului de azot (Nt): metoda Kjeldahl, STAS 7184/2-85;
- Determinarea conținutului de fosfor (P_{AL}): extracție în acetat-lactat de amoniu, STAS 7184/19-82;
- Determinarea conținutului de potasiu (K_{AL}): extracție acetat-lactat de amoniu, STAS 7184/18-80;
- Determinare cupru, zinc, fier, mangan – forme mobile, extrase în soluție de acetat de amoniu – EDTA, dozare prin spectrofotometrie de absorbție atomică, SR ISO 11047: 1998.

Rezultate obținute

În agricultura României coexistă cele două sisteme de agricultură: agricultura convențională și agricultura conservativă. Agricultura conservativă a fost adoptată de unele ferme mari, cu potențial economic, care și-au putut permite achiziționarea echipamentelor noi de lucrare a solului și sunt conduse de specialiști. Fermele mici, deseori de subzistență, au rămas să practice agricultura convențională, în care lucrarea de bază a solului se face cu plugul.

Specialiștii (Lucian Buzdugan și Grigore Mocanu, împreună cu colaboratorii) din Insula Mare a Brăilei au fost primii care, pe baza unor cercetări demonstrative proprii, au renunțat la lucrările convenționale, declarând „utilajele din agricultura convențională bune pentru muzeu”, și au trecut la agricultura conservativă, lucrările fiind efectuate cu echipamentul complex TIGER MT HORSCH, o combinație între grapă cu discuri și combinator, care permite mărunțirea și semi-încorporarea resturilor vegetale, având ca efect o activare biologică a solului, o mai bună structurare, un consum mai redus de combustibili, un randament sporit, afânarea solului pe o adâncime de până la 35 cm, o valorificare mai bună a apei și creșterea fertilității solului.

Reducerea la minimum a intensității de lucrare a solului, corespunzătoare conceptului de „lucrare redusă” sau „lucrare minimă” include diferite soluții: reducerea la minimum a lucrării principale, înlocuirea arăturii cu discuirea sau lucrarea cu cizelul, semănatul direct în solul nelucrat acoperit cu resturi vegetale, lucrarea în benzi, în biloane, etc. (Dumitru și colab., 1999).

Sistemul de lucrare în benzi are avantajul unei încălziri mai rapide a solului, a unei mai bune aerări, a reducerii eroziunii, o mai bună absorbție a apei, o reducere a evaporării apei din sol comparativ cu arătura, o aplicare mai precisă a fertilizanților organici și minerali în benzi.

Unele caracteristici ale solului, cum sunt cele care se referă la compoziția mineralogică, conținutul total de carbon, au un caracter foarte stabil și pot fi modificate de managementul agricol doar după perioade îndelungate, în timp ce altele cum sunt reacția, conținutul de fosfor mobil, conținutul de cationi bazici, sunt mult mai dinamice și pot fi modificate rapid. Lucrările conservative determină concentrarea componentelor chimici aproape de suprafață. De asemenea, unii compuși chimici pot fi stratificați pe profilul activ de sol, cei mai afectați fiind carbonul organic și fosforul mobil, în timp ce alți compuși, cum sunt nitrații și clorurile, practic nu sunt afectați deoarece sunt foarte mobili (Dumitru și colab., 1999).

Rezultate obținute la SCDA Teleorman

Teritoriul SCDA Teleorman este reprezentativ pentru zona de vest a Câmpiei Burnasului, câmpie vălurită, cu posibilități de drenaj natural, dar și cu platouri întinse, unde se pot forma crovuri. Climatul este temperat continental, fiind sub influența maselor sudice de aer cald și a celor estice cu veri calde și secetoase și cu ierni lungi și reci. Media multianuală a precipitațiilor este de 549 mm, iar cea a temperaturii aerului de 11,3°C.

Principalele probleme pe care le pun solurile din această zonă sunt determinate de textura fină (42-44% argilă coloidală), cu distribuție neuniformă pe profilul de sol, de starea ridicată de compactitate și excesul de umiditate de suprafață. Regimul aerohidric este defectuos, cerința față de lucrarea de afânare este ridicată, condițiile de traficabilitate și lucrabilitate ale solului sunt frecvent înrăutățite. Starea de compactitate a solului, caracterizată prin densitate aparentă și grad de tasare, este moderată spre puternică. Permeabilitatea solului la apă este mijlocie spre mică, conductivitatea hidraulică saturată prezintă valori numerice reduse spre mijlocii, între 2,1 și 10,0 mm·h⁻¹. Totuși, datorită proceselor naturale de auto-afânare, prin umezire – uscare și mai ales gonflare – contracție și îngheț – dezgheț, procese care sunt deosebit de intense și stimulează apariția unor fisuri și crăpături fine, permeabilitate pentru apă este parțial îmbunătățită.

Dezvoltarea unei agriculturi intensive în România a început după anul 1964, moment în care se acorda atenție deosebită lucrărilor solului întrucât se trecuse la mecanizare. Preocupările privind calitatea lucrărilor se limitau însă la arătură.

La nivelul anului 1985 Vineș aprecia că prima lucrare cu care se începe înființarea unei culturi este arătura. Prin arătură se realizează o mai bună valorificare a potențialului de fertilitate a solului. Arătura adâncă mărește cu 10-15% spațiul de aeraj al solului, pe adâncimea de 1,2 m se reține o cantitate de apă cu 20% mai mare decât pe terenul nearat, se distrug cu 10-15% mai multe buruieni față de terenul nearat.

Prin arat se înțelege lucrarea de tăiere, desprindere, comprimare, întoarcere, deplasare laterală, mărunțire, amestecare și afânare a unei fâșii de sol de la suprafață numită brazdă. După efectuarea arăturii solul rămâne afânat, deoarece între microagregatele și macroagregatele care s-au desprins în urma operației de întoarcere și mărunțire a brazdei rămân spații necapilare mai mari și mai numeroase. Prin arătură volumul solului se mărește cu 20-30%. După arat solul își revine la modul de așezare inițial, într-un interval mai scurt sau mai lung, acesta fiind în funcție de gradul de structurare a solului, textură, precipitații etc. (Pintilie și colab., 1985).

În urmă cu șapte ani, la SCDA Teleorman s-a trecut la înlocuirea aratului din agricultura convențională cu lucrări de afânare conservative (lucrare în benzi, tiger Horsch și semănat direct). Arătura a rămas să fie aplicată numai pe mici suprafețe, pentru a avea termeni de comparație și în câmpurile experimentale de lungă durată cu îngrășăminte unde s-au aplicat tratamentele cu care s-au început experiențele.

În tabelul 1 sunt prezentate valori ale unor caracteristici chimice ale solului aflat sub diferite sisteme de lucrare a solului.

Datele din tabelul 1 cu privire la evoluția pH-ului solului sub influența lucrărilor solului arată următoarele:

- pe solul cultivat cu floarea soarelui în sistemul lucrare în benzi pH-ul solului a prezentat o scădere distinct semnificativă față de cultura în sistem convențional;
- comparativ cu sistemul convențional de lucrări, sub cultura de orz cultivat în sistemul de lucrare cu tiger Horsch și respectiv semănat direct, pH-ul a suferit creșteri distinct și foarte semnificative;
- sub cultura de mazăre în sistemul tiger Horsch pH-ul nu a suferit modificări statistic semnificative față de sistemul convențional de lucrări.

Aplicarea lucrărilor conservative a condus la acumulări foarte semnificative de humus în sol (tabelul 1) comparativ cu sistemul convențional. Cele mai mari valori s-au înregistrat în solele cu sistemul semănat direct. Între sistemul lucrare în benzi și cel cu tiger Horsch nu sunt diferențe semnificative.

Tabelul 1. Influența diferitelor sisteme de lucrare a faeoziomului cambic de la SCDA Teleorman asupra unor caracteristici chimice ale solului

Cultura	Sistemul de lucrare	pH	Humus (%)	Azot total (%)	Fosfor mobil (mg/kg)	Potasiu mobil (mg/kg)
Floarea soarelui	Convențional (arat)	5,51	3,080	0,147	80	216
Porumb	Convențional	5,40	3,200	0,151	82	260
Floarea soarelui	Lucrare în benzi	5,11 ⁰⁰	4,230 ^{***}	0,208 ^{***}	59 ⁰	311 ^{**}
Orz	Nelucrat	6,04 ^{***}	4,570 ^{***}	0,201 ^{***}	85	414 ^{***}
Orz	Tiger Horsch	5,89 ^{**}	3,950 ^{***}	0,175 ^{**}	53 ⁰⁰	265
Mazăre	Tiger Horsch	5,55	4,350 ^{***}	0,194 ^{***}	35 ⁰⁰⁰	213
DL 5%		0,23	0,126	0,016	18	63
DL 1%		0,32	0,179	0,023	26	90
DL 0,1%		0,47	0,258	0,033	38	131

Solul lucrat în sistemul tiger Horsch este mult mai bine structurat (Foto 1 și 2).



Foto 1

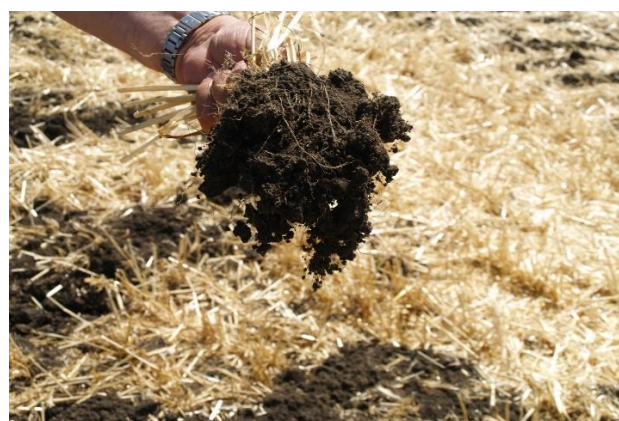


Foto 2

Ernst și Siri-Prieto (2006) au constatat după 9 ani de experimentare pe un sol luto-argilos și într-un climat sub-umed că sistemul nelucrat a condus la creșterea cu 13% a azotului total, cu 11% a carbonului organic din sol și cu 14% a carbonului organic total comparativ cu sistemul convențional. Pășunea a condus la o tendință moderată de îmbunătățire a acestor parametri ai solului. Sistemul nelucrat a condus și la creșterea semnificativă a producției și stabilității la apă a agregatelor structurale.

Țopa și colab. (2013), pe baza cercetărilor proprii și a unei documentări bogate, au arătat că aplicarea sistemelor neconvenționale de lucrare a solului și în special a sistemului nelucrat a condus la un nivel mai ridicat de acumulare a carbonului organic comparativ cu sistemul convențional de lucrare. Modificările semnificative au apărut după o perioadă de 10 ani de aplicare. Se citează un experiment executat de Ulrich și colab.(2006), de lungă durată, derulat pe parcursul a 37 de ani în apropiere de Leipzig, Germania, cu lucrări ale solului (arat la 25 cm, lucrat cu cizelul la 15 cm și nelucrat), pe un sol luto-nisipos și un regim de precipitații de 552 mm/an, s-au

constatat schimbări ale conținutului de carbon organic, mai ales în orizontul superior. În varianta arată, distribuția carbonului s-a făcut în mod egal pe orizontul 0-30 cm, dar în variantele bazate pe cizel și nelucrat, acumularea carbonului organic a avut loc în orizontul 0-10 cm. Un sistem de lucrare bazat pe cizel și respectiv nelucrat, în comparație cu arătura executată cu plugul, conduce la o creștere a conținutului de carbon organic în sol cu până la 9%.

De altfel și cercetările efectuate în câmpul experimental de la SCDA Secuieni au arătat că după o perioadă de 5 ani lucrările solului nu au produs modificări statistic semnificative ale valorilor pH-ului și conținutului solului în humus, azot total, fosfor mobil și potasiu mobil (Partal și colab., 2023).

Semănatul direct în miriște este considerat ca cel mai conservativ sistem de lucrare a solului, întrucât se apropie în cea mai mare măsură de starea de așezare naturală, de sub plantele perene. Prin această metodă se previne degradarea solului, se reduc consumurile energetice, sporește potențialul productiv al solului, crește eficiența de folosire a apei, scade semnificativ riscul erozional, se îmbunătățește regimul apei și aerului din sol. Pe de altă parte apar și unele inconveniente: se reduce ritmul de încălzire al solului în primăvară ceea ce conduce la întârzierea semănatului, germinația semințelor, ca și răsărirea lor, poate fi încetinită și neuniformă, este mai puțin pretabil pe solurile cu textură fină și cu drenaj deficitar, apar probleme vizând fertilizarea și aplicarea amendamentelor, combatere dificilă a buruienilor, bolilor și dăunătorilor, necesită o nouă sistemă de mașini etc. (Dumitru și colab., 2005; Nicolescu și colab., 2008).

Reziduurile culturilor prezente la suprafața solului pot adsorbi și imobiliza o cantitate considerabilă din erbicidele aplicate. O parte din erbicidele de pe reziduurile culturilor poate fi pierdută prin volatilizare și foto-degradare, ceea ce le reduce eficiența în controlul buruienilor. Deoarece eficiența și persistența erbicidelor aplicate este mai mică, sistemul de lucrări conservative necesită o cantitate mai mare de pesticide față de sistemul convențional (Pacanoski, 2010). Acest lucru vine în contradicție cu recomandarea UE de reducere a nivelului general de utilizare și risc al pesticidelor cu 50% (Strategia UE privind solul pentru 2030 apărută în 2021).

Evoluția azotului total în sol (tabelul 1) urmărește evoluția conținutului de humus. Lucrările conservative au condus la creșteri foarte semnificative ale azotului total, cele mai mari valori obținându-se în parcelele cu lucrare în benzi și nelucrat (semănat direct), iar cele mai mici în sistemul convențional.

Într-un sol afânat, procesul de nitrificare este mai intens. Nitrificarea atrage după sine accentuarea unor procese favorabile prin care fosforul, potasiul, calciul și alte elemente nutritive trec din forme greu solubile în forme ușor accesibile plantelor. Lucrările solului în agricultura convențională, îndeosebi cele executate primăvara și toamna, contribuie la distrugerea larvelor unor dăunători, ca de exemplu: musca de Hessa, gândacul ghebos, cărăbușul plantelor, ploșnița cerealelor, viermii sârmă ș.a., precum și a unor agenți fitopatogeni, ca de exemplu: *Fusarium*, *Sclerotinia* etc. (Budoși și Penescu, 1996).

Datele prezentate în tabelul 1 evidențiază valori foarte ridicate ale fosforului mobil în parcelele în care s-a practicat agricultura convențională și în cele nelucrate. Sistemul tiger Horsch a condus la scăderi distinct și foarte semnificative ale valorilor fosforului mobil în sol.

Valorile potasiului mobil au crescut foarte semnificativ în variantele fără lucrări și distinct semnificativ în urma aplicării sistemului de lucrare în benzi. Sistemul tiger Horsch nu a provocat modificări statistic semnificative ale nivelului potasiului mobil în sol comparativ cu sistemul convențional.

Guș și colab. (1998) apreciază că lucrările minime ale solului conduc la: refacerea structurii solului, îmbunătățirea drenajului intern al solului, creșterea capacității totale de înmagazinare a apei, reducerea eroziunii, diminuarea variațiilor de temperatură, creșterea biomasei rămelor, creșterea conținuturilor de carbon organic și azot total, creșterea productivității muncii, reducerea consumului de carburanți și creșterea eficienței economice.

Datele prezentate în tabelul 2 arată că faeoziomul cambic de la SCDA Teleorman are un nivel scăzut de zinc solubil (sub 1,5 mg/kg), iar între diferitele sisteme de lucrare a solului nu au existat diferențe statistic semnificative ale zincului mobil din sol. Se observă totuși valori mai reduse ale zincului solubil în sistemul de agricultură convențional.

Tabelul 2. Influența diferitelor sisteme de lucrare a solului asupra conținuturilor de microelemente ale faeoziomului cambic de la SCDA Teleorman

Cultura	Sistemul de lucrare	Zinc (mg/kg)	Cupru (mg/kg)	Fier (mg/kg)	Mangan (mg/kg)
Floarea soarelui	Convențional (arat)	0,53	3,30	78	25
Porumb	Convențional (arat)	0,63	3,47	88	27
Floarea soarelui	Lucrare în benzi	0,70	3,50	145 ^{***}	54 ^{***}
Orz	Nelucrat	1,20	2,97	70	33 [*]
Orz	Tiger Horsch	0,97	3,33	89	25
Mazăre	Tiger Horsch	1,10	2,57 ⁰⁰⁰	68	33 [*]
DL 5%		0,71	0,34	18	6
DL 1%		1,01	0,49	25	9
DL 0,1%		1,46	0,71	37	13

Solul are un nivel ridicat de cupru mobil (tabelul 2). Valori mai reduse ale acestuia s-au constatat numai în variantele cultivate cu mazăre în care solul a fost lucrat cu tiger Horsch.

Valorile fierului mobil au un nivel ridicat (tabelul 2) și s-a constatat că numai în sistemul de lucrare în benzi valorile fierului mobil au suferit creșteri semnificative față de sistemul convențional sub cultura de floarea soarelui. Celelalte sisteme de lucrare nu au condus la modificări semnificative în nivelul fierului mobil.

Sistemul de lucrare în benzi a condus și la creșteri foarte semnificative ale conținutului de mangan solubil din sol (tabelul 2). Nivelul manganului solubil este mijlociu (21-50 mg/kg) indiferent de sistemul de lucrări.

Jităreanu și Ailincăi (2016) apreciază că aplicarea lucrărilor minime asigură următoarele avantaje: îmbunătățesc însușirile hidro-fizice ale solului, reduc procesul de eroziune, scad costurile de producție, are loc o îmbunătățire în timp a caracteristicilor de traficabilitate și lucrabilitate a solului, se ameliorează caracteristicile fizice, chimice și biologice ale solului, se valorifică mai bine apa și contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. În același timp au fost evidențiate și dezavantaje: o combatere mai dificilă a buruienilor, necesitatea obligatorie a unui asolament, dificultăți mari în combaterea bolilor și dăunătorilor, producțiile obținute sunt mai mici, terenurile lucrate în sistemul de lucrări minime sunt mai puțin estetice, necesită o altă gamă de agregate de mașini mai complexe.

În plus la SCDA Teleorman, în sistemul nelucrat (semănat direct), s-a înregistrat și un puternic atac de șoareci care au distrus cultura de rapiță.

La SCDA Teleorman se folosesc drept culturi de acoperire mazărea și năutul. Folosirea culturilor de acoperire nu numai că reduce scurgerile, eroziunea solului și folosirea fertilizanților anorganici, dar și controlează buruienile, o problemă majoră în sistemele semănat direct, și asigură o aprovizionare cu azot între 50 și 300 kg/ha. Culturile de acoperire constituie o practică de conservare inovativă și asigură: protecția solului împotriva eroziunii, îmbunătățirea proprietăților solului, creșterea fertilității solului, suprimarea buruienilor, fixarea azotului, creșterea conținutului solului în materie organică, creșterea producției culturilor, reciclarea elementelor nutritive, prevenirea levigării elementelor nutritive și îmbunătățirea calității apei (Blanco și Lal, 2008).

Terenul cultivat în sistemul nelucrat este expus unei îmburuienări mai mari comparativ cu sistemul clasic. Vegetația buruienilor din grâu, porumb și soia, are o dezvoltare facilă unor specii cu înmulțire vegetativă și prin semințe (*Cirsium arvense* L., *Convolvulus arvensis* L., *Sorghum halepense* L., *Rubus caesius* L.) sau cu semințe mici și germinare la suprafața solului (*Setaria media* L., *Capsela bursa pastoris* L., *Lamium purpureum* L.) și infestarea celor care se dezvoltă abundent în miriște (*Setaria* sp., *Polygonum convolvulus* L., *Matricaria inodora* L., *Rubus caesius* L.) (Dicu, 2010).

Efectivul de lumbricide (indivizi/m²) identificate în cernoziomul cambic de la Aradul Nou cultivat cu porumb în sistem convențional este mai mic decât efectivul de indivizi identificați în cultura de porumb cultivată în sistem nelucrat cu 7,18%, iar biomasa lumbricidelor din cultura de porumb convențional are o greutate cu 53,46% mai mică decât în sistemul nelucrat (Iordache și Borza, 2009).

Rezultate obținute la INCDA Fundulea

Lucrarea solului este componenta de bază a oricărui model de agricultură, inclusiv a sistemelor tehnologice conservative. Acest lucru a impus organizarea la INCDA Fundulea a unei experiențe de lungă durată cu lucrări ale solului (nelucrat, lucrat cu cizelul, arat toamna, arat primăvara și discuit) în care să se urmărească evoluția nivelului producției și a unor indicatori agrochimici ai solului.

Prin lucrarea de arat, se urmăresc o serie de obiective care vizează îmbunătățirea stării fizice, chimice și biologice a solului:

- Aducerea la suprafață a stratului inferior cu structură și încorporarea sub brazdă a stratului de sol pulverizat de la suprafață;
- Crearea unui strat afânat cu adâncime uniformă;
- Mărunțirea bună a brazdeii;
- Încorporarea completă a țelinei, miriștii și îngrășămintelor;
- Favorizarea acumulării unei rezerve mari de apă și micșorarea posibilităților de pierdere a acesteia prin scurgere sau evaporare;
- Stimularea proceselor biologice din sol și de acumulare a materiei organice;
- Materia organică și microorganismele din sol se repartizează mai uniform pe adâncimea stratului arat;
- Combaterea buruienilor, patogenilor și dăunătorilor;
- Se aduce la suprafață o parte din elementele nutritive și coloizii care fuseseră deplasate cu apa;
- Realizarea unor condiții optime pentru lucrările de semănat și plantat;
- Prevenirea și combaterea proceselor de degradare a solului prin eroziune, compactare, destructurare și crustificare (Șișești și Stăicu, 1958; Budoii și Penescu, 1996; Jităreanu și Ailincăi, 2016; Calistru și Cara, 2022).

Lucrările de afânare a solului cu plugul la cormană la adâncimi de 20 și 30 cm au contribuit la reducerea gradului de infestare cu buruieni în culturile de porumb și floarea soarelui cu 35-50%, comparativ cu lucrarea cu grapa cu discuri și metoda de semănat în teren nelucrat (Petcu, 1998). Cultura porumbului valorifică mai bine decât grâul lucrarea adâncă a solului prin arătură (Ioniță, 1997).

Crearea printr-o bună lucrare de afânare a unei porozități corespunzătoare, în condiții normale de climă, determină sporuri de producție. Așa de exemplu, în Germania, datele din 8 localități au arătat că prin creșterea porozității cu 5,3% a crescut producția cu 26,3%. Și în Olanda s-au obținut rezultate asemănătoare, dar în anii cu precipitații reduse la începutul verii, afânarea a determinat minusuri de producție (Budoii și Penescu, 1996).

În tabelul 3 sunt prezentate producțiile obținute în perioada 2020-2023 în câmpul experimental de lungă durată (2000-2023) cu lucrările solului, fertilizat anual cu 120 kg N/ha.

Anul 2020 a fost un an foarte secetos, ceea ce a făcut ca cea mai mare producție să se obțină în variantele lucrare cu cizelul. Lucrarea cu cizelul a asigurat un plus de 22% al producției de porumb boabe față de lucrarea prin arătură executată toamna. Arătura în primăvară și nelucratul au condus la minusuri foarte semnificative de producție, cele mai mici valori obținându-se în variantele nelucrate. Aratul în primăvară a condus la scăderi distinct semnificative de producție.

Tabelul 3. Influența lucrărilor solului, pe fond de fertilizare cu 120 kg N/ha, asupra producției de porumb, la INCDA Fundulea în anii 2020-2023

Lucrările solului	Producția kg/ha în anul					
	2020	2021	2022	2023	Media 2021-2023	%
Arat toamna	3130	7510	2825	3032	4124	100
Arat primăvara	1859 °°	3803 °°	3299	2576 °°	2885	70
Disc	2790 °°	4193 °°	4220 ***	2457 °°	3415	83
Cizel	3828 ***	6898 °°	2701	2847 °	4069	99
Nelucrat	1450 °°	2036 °°	3635 *	2398 °°	2380	58
DL 5%	212	133	568	129		
DL 1%	309	194	826	188		
DL 0,1%	464	292	1241	282		

Experiențele organizate de Jităreanu (2015) la Stațiunea Didactică Ezăreni, Iași au arătat că prin utilizarea cizelului, ca urmare a menținerii resturilor vegetale la suprafață și a prelucrării mecanice foarte reduse în stratul superficial, se constată:

- Reducerea semnificativă a pierderilor de apă din sol;
- Stimularea activității biologice din sol, în special a macrofaunei și a mezofaunei;
- Reducerea costurilor de producție datorită consumului mai redus de combustibil la unitatea de suprafață;
- Scăderea riscului eroziunii.

Avantajele sistemului de lucrare cu cizelul constau și în îmbunătățirea vitezei de pătrundere prin infiltrație a apei în sol, în special în solurile care în mod natural sunt susceptibile la compactare și pe cele cu drenaj intern deficitar. Avantajul major al unei astfel de tehnologii de afânare a solului constă în aceea că, după semănat, peste 30% din suprafață este acoperită cu resturi vegetale, oferind condiții favorabile pentru protecție împotriva factorilor distructivi și, de asemenea, nivelul de prelucrare a solului (adică afânarea și mărunțirea) este mai redus. De aceea, această tehnologie este considerată ca o metodă conservativă cu efecte benefice de lungă durată (Dumitru și colab., 2005).

Arătura asigură acumularea unor cantități mai mari de apă în sol atât în stratul arabil cât și în profunzime, indiferent de norma precipitațiilor căzute în perioada sezonului rece, comparativ cu celelalte metode de lucrare a solului (lucrat cu cizel, paraplug sau grapa cu discuri). Înlocuirea repetată a arăturii prin lucrarea cu grapa cu discuri a determinat compactarea solului, mai evidentă în stratul 10-20 cm (Ioniță, 1997).

Cercetările efectuate de Dicu (2010) pe cernoziomul cambic de la Aradul Nou au arătat că la culturile de grâu, porumb și soia cele mai bune producții s-au înregistrat în variantele cu lucrări convenționale (arătură) față de cele lucrate cu cizelul. Fertilizarea cu N₁₆₀P₈₀K₈₀ a condus la sporuri de producție foarte semnificative comparativ cu martorul nefertilizat, cu cele mai bune rezultate în sistemul convențional.

Din ultimii patru ani, anul 2021 a oferit cele mai bune condiții climatice pentru cultura porumbului. În aceste condiții cele mai bune rezultate s-au obținut în variantele arate în toamnă, cu o producție de 7 510 kg/ha, iar cea mai mică producție în variantele nelucrate, cu 2 036 kg/ha. Lucrarea cu cizelul s-a clasat pe locul doi, cu o producție de 6 898 kg/ha, producție foarte semnificativ mai mică decât lucrarea de arat în toamnă. Aratul în primăvară și discuitul au condus la producții foarte semnificativ mai mici comparativ cu arătura în toamnă și lucrarea cu cizelul.

Lucrarea cu cizelul este o lucrare de bază a solului, fără întoarcerea brazdei, prin care solul poate fi afânat la adâncimi cuprinse între 15 și 40 cm. Organele de lucru sunt de tip gheară rigidă sau elastică și execută o afânare a solului prin fragmentarea masei acestuia, fără amestecarea, întoarcerea sau inversarea orizonturilor (Țopa și Jităreanu, 2018).

Cercetările efectuate de Petcu (1998) la INCDA Fundulea au arătat că lucrarea solului cu unelte de afânare fără întoarcerea brazdei de tip cizel au condus la o valorificare mai bună a apei din precipitații, comparativ cu arătura la 30 cm.

Cercetările efectuate de Canarache și Dumitru (2008) au arătat că producțiile obținute în sistemele nelucrat și lucrări minime sunt egale sau puțin mai reduse decât cele din sistemul convențional cu arătură, dar consumul de carburanți și eficiența economică recomandă extinderea sistemelor conservative. Lucrările conservative contribuie la creșterea sechestrării carbonului.

Arătura are un aport sporit în combaterea buruienilor, cu deosebire a buruienilor perene care sunt mai greu de combătut, în timp ce mobilizarea solului fără răsturnarea brazdei contribuie la creșterea îmburuienării grâului și porumbului, deoarece organele active ale acestora fragmentează rizomii și stolonii buruienilor perene (*Sorghum halepense*, *Cirsium arvense*) contribuind astfel la proliferarea acestora (Ioniță, 1997).

În anul 2022 cea mai mare producție s-a obținut în variantele lucrate cu discul (4 220 kg/ha), producție foarte semnificativ mai mare decât la arătura adâncă, iar cea mai mică (2 701 kg/ha) în urma lucrării cu cizelul. În terenul nelucrat producția a fost semnificativ mai bună decât la arătura de toamnă.

Discuirea are avantajul randamentelor ridicate, consumuri reduse de combustibil, asigură condiții bune de germinație și răsărire a plantelor, încorporează bine îngrășămintele și amendamentele. În același timp discuitul are și dezavantaje: la suprafața solului rămâne o cantitate redusă de resturi vegetale, sub 30%, supunând solul riscului de destructurare sau crustificare, precum și unor pierderi mari de apă prin evaporație (Burtan și colab., 2016).

Buruienile perene ca pălămida (*Cirsium arvense* L.), volbura (*Convolvulus arvensis* L.), Susaiul (*Sonchus arvensis*), pirul târâtor (*Agropyrum repens* L. Beauv.), costreiu (*Sorghum halepense* L. Pers.) și murul (*Rubus caesius* L.) apar mai frecvent în sistemul nelucrat decât în cel convențional, deoarece structurile reproductibile subterane nu sunt distruse și pot regenera puternic. Buruienile cu semințe mici, care germinează la suprafața solului, precum muștarul sălbatic (*Chenopodium album* L.) loboda (*Atriplex* spp.), romanița nemirositoare (*Matricaria inodora* L.), traista ciobanului (*Capsella bursa pastoris* L. Medik) ș.a. tind să se înmulțească (Dicu, 2010).

În anul 2023 cea mai mare producție s-a obținut în varianta arată în toamnă, care a asigurat producții foarte semnificativ mai mari decât în variantele arat în primăvară, discuit și nelucrat și semnificativ mai mari decât prin lucrarea cu cizelul.

Arătura de primăvară nu se recomandă în majoritatea zonelor agricole din România, prezentând o serie de dezavantaje:

- terenul nearat până în primăvară acumulează cantități mici de apă din precipitațiile căzute în sezonul rece;
- se realizează o slabă combatere a buruienilor, bolilor și dăunătorilor;
- reușita tehnologică a culturilor de primăvară este mult diminuată și de foarte multe ori compromisă în condițiile efectuării arăturii în primăvară;

- se accentuează foarte mult evaporarea apei din sol, în special în primăverile secetoase și în care frecvența și intensitatea vântului sunt ridicate;
- solurile arate primăvara prezintă o activitate biologică redusă și cantități mici de nitrați;
- de cele mai multe ori arătura de primăvară impune efectuarea unui număr mai mare de lucrări pentru pregătirea patului germinativ, fapt care conduce la pierderi importante de apă din sol, condiții nefavorabile de răsărire a plantelor și implicit la pierderi de producție;
- se încarcă programul campaniei de primăvară (Nicolescu și colab., 2008).

Pe terenul lucrat cu grapa cu discuri s-a constatat o frecvență mai mare de formare a crustelor cu grosimi mai mari de 0,31 cm, rezistente, greu permeabile pentru apă și aer. Solul a prezentat o densitate aparentă mai mare și o porozitate totală mai redusă, ceea ce a condus la încadrarea sa în grupa solurilor slab tasate și a impus recomandarea ca la 2-3 ani să se execute o lucrare de arătură (Petcu, 1998).

Populațiile de lumbricide sunt mult mai numeroase în sistemul nelucrat decât în cel convențional. O mai bună agregare a solului, corelată cu un număr mare de lumbricide existente și cu o activitate intensă a acestora în sistemul nelucrat, conduc la o creștere a macroporozității și a biocanalelor, cu urmări directe asupra gradului de infiltrare a apei precum și a caracteristicilor interne privind drenajul acesteia (Țopa și colab., 2013).

Calciu și colab. (2010) au studiat impactul unor tehnologii agricole caracteristice agriculturii ecologice asupra însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului de tip kastanoziom de la Societatea Agricolă STEPA Stupina, județul Constanța, și au constatat că aplicarea sistemului agricol convențional a determinat formarea unui strat ușor compact la baza „tălpiei plugului”, valorile medii ale densității aparente și ale gradului de tasare fiind încadrate în clasa mijlocie, corespunzătoare solurilor slab tasate. În sistemul ecologic s-a lucrat cu cizelul și paraplugul și s-a observat că aceste lucrări au avut efecte benefice:

- creșterea rezervei de apă din sol, ca efect al prelucrării mecanice mai reduse și al prezenței resturilor vegetale la suprafața solului;
- creșterea conținutului de materie organică la suprafața solului cel puțin la nivel moderat, îmbunătățindu-se caracteristicile structurale;
- consum de carburanți și forță de muncă mai redus și perioade de lucrare mai scurte.

În anul 1999 a fost creată Federația Europeană de Agricultură Conservativă (ECAF). În documentul de fundamentare Garcia-Torres și colab. (1999) apreciau că agricultura convențională contribuie serios la deteriorarea calității apei, mai ales datorită încărcării cu sedimentele provenite din eroziunea solurilor. Sistemele de agricultură conservativă reduc puternic eroziunea solului (> 90% pentru semănatul direct în terenul nelucrat, > 60% pentru lucrările fără întoarcerea brazdei), iar acest lucru îmbunătățește semnificativ calitatea apei. În plus aceste sisteme conservative reduc cu circa 70% scurgerile de erbicide, cu peste 65% fosforul solubil, și cu circa 69% scurgerile de apă în comparație cu lucrările prin arătură. În agricultura conservativă se fixează mai mult dioxid de carbon (CO₂) în sol decât în agricultura convențională.

În medie pe ultimii patru ani, în variantele fertilizate cu 120 kg N/ha, producția cea mai mare de porumb boabe s-a obținut în variantele arate în toamnă. O producție apropiată (99%) s-a obținut în variantele lucrate cu cizelul, deoarece din cei patru ani, trei au fost secetoși. Lucrarea cu discul a scăzut producția cu 17%, aratul în primăvară a condus la pierderi de producție de 30%, iar variantele nelucrate au scăzut producția cu 42%. Dacă luăm în calcul consumul de carburanți, în anii secetoși este recomandată lucrarea cu cizelul care oferă producții apropiate de arătura în toamnă la un consum mai mic de carburanți, deci la o eficiență economică mai bună.

În tabelul 4 sunt prezentate datele privind influența lucrărilor solului asupra producției de porumb boabe pe fondul fertilizării cu 60 kg N/ha.

În anul secetos 2020 cele mai bune rezultate de producție s-au obținut în variantele lucrate cu cizelul, care au oferit plusuri foarte semnificative de producție față de aratul în toamnă. Toate

celelalte variante (aratul în primăvară, lucratul cu discul și nelucratul) au prezentat minusuri foarte semnificative de producție față de aratul în toamnă. Cele mai mici producții s-au obținut la nelucrat.

Tabelul 4. Influența lucrărilor solului, pe fond de fertilizare cu 60 kg N/ha, asupra producției de porumb, la INCDA Fundulea în anii 2020-2023

Lucrările solului	Producția kg/ha în anul					
	2020	2021	2022	2023	Media 2021-2023	%
Arat toamna	2860	6898	2023	2534	3579	100
Arat primăvara	1647 ^{ooo}	2545 ^{ooo}	2496	2140	2207	62
Disc	2470 ^{ooo}	3098 ^{ooo}	3054	2064	2671	75
Cizel	3390 ^{***}	5963 ^{ooo}	1899	2437	3422	96
Nelucrat	1163 ^{ooo}	1775 ^{ooo}	2830	2068	1959	55
DL 5%	179	313	872	170		
DL 1%	260	456	1269	247		
DL 0,1%	390	684	1906	371		

Cel mai bun an agricol, anul 2021, a dat cea mai mare producție prin aratul în toamnă, care a fost foarte semnificativ mai mare față de celelalte variante. Și în acest an varianta fără lucrare a condus la cea mai mică producție. Chiar dacă a dat producții foarte semnificativ mai mici decât aratul în toamnă, varianta lucrată cu cizelul a dat rezultate mult mai bune decât variantele nelucrate, arate în primăvară sau discuite.

În anul 2022, și pe fondul de fertilizare cu 60 kg N/ha, cele mai bune rezultate s-au obținut în urma lucrării cu discul, care a asigurat un spor semnificativ de producție față de varianta arată în toamnă. Celelalte variante nu au condus la modificări statistic semnificative față de aratul în toamnă. În acest an s-a constatat o variabilitate foarte mare între variante.

Cizelul și aratul în toamnă au oferit rezultate similare în anul 2023. Variantele nelucrat, arat în primăvară și discuit au condus la același deficit foarte semnificativ de producție față de aratul în toamnă, nivelul producțiilor fiind foarte apropiat.

Minusul de 60 kg N/ha a condus la o reducere medie a producției cu 19%, procente echivalente cu 607 kg/ha boabe porumb. Minusul de producție s-a observat în toate variantele de lucrare a solului. Cele mai mari reduceri s-au obținut în variantele arate în primăvară (24%) și la discuit (22%). La aratul în toamnă pierderile de producție au fost de 13%, la cizel de 16% iar la nelucrat de 18%. Ca medie multianuală nivelul producției este stimulat de nivelul de fertilizare indiferent de sistemul de lucrări aplicat. Cele mai bune rezultate s-au obținut la arătura de toamnă, dar cele mai economice s-au obținut la lucrarea cu cizelul.

În tabelul 5 sunt prezentate datele care reflectă efectul lucrărilor solului asupra unor caracteristici chimice ale cernoziomului cambic de la INCDA Fundulea.

Diversele sisteme de lucrare a solului nu au condus la modificări statistic semnificative ale reacției solului. Este de semnalat însă că în toate variantele valorile pH-ului au ajuns sub 5,8 ceea ce impune aplicarea de amendamente. Cele mai reduse valori sunt în condiții de discuire și teren nelucrat.

Tendința de creștere a nivelului humusului în sol s-a observat în variantele cu lucrările cel mai puțin intense: nelucrat și discuit, care au evidențiat creșteri foarte semnificative și distinct semnificative față de varianta arat în toamnă (tabelul 5). Lucrarea cu cizelul nu a condus la acumulări statistic semnificative ale humusului față de aratul în toamnă sau aratul în primăvară.

Valorile azotului total au crescut semnificativ numai în variantele nelucrate. Celelalte variante nu au prezentat modificări asigurate statistic.

Nivelul fosforului mobil din sol a arătat creșteri foarte semnificative față de lucrarea de arat în toamnă numai în variantele nelucrate și lucrate cu discul. Valorile fosforului mobil sunt similare sub arătura de toamnă și cizel și foarte apropiate în variantele lucrate în primăvară.

Nivelul potasiului mobil din sol nu s-a modificat statistic semnificativ sub influența lucrărilor solului.

Tabelul 5. Influența lucrărilor solului asupra unor caracteristici chimice ale solului cernoziom cambic de la INCDA Fundulea fertilizat cu 60 kg N/ha

Lucrarea solului	pH	Humus (%)	Azot total (%)	Fosfor mobil (mg/kg)	Potasiu mobil (mg/kg).
Arat toamna	5,17	2,66	0,13	54	220
Arat primăvara	5,35	2,74	0,14	49	214
Disc	4,92	3,18 **	0,16	112 ***	255
Cizel	5,21	2,88	0,14	54	234
Nelucrat	4,94	3,62 ***	0,17 *	123 ***	246
DL 5%	0,30	0,24	0,03	24	36
DL 1%	0,44	0,36	0,04	35	52
DL 0,1%	0,65	0,53	0,07	53	78

În tabelul 6 sunt prezentate datele care arată conținutul de microelemente din sol sub influența diferitelor sisteme de lucrări. Comparativ cu arătura adâncă numai în variantele discuite și nelucrate sunt observate creșteri statistic semnificative ale zincului, fierului și cuprului.

Tabelul 6. Influența sistemelor de lucrare a solului asupra conținutului solului în microelemente

Lucrarea solului	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Arat toamna	0,73	2,80	63	41
Arat primăvara	0,77	2,73	60	34
Disc	2,27 ***	3,37 **	104 **	45
Cizel	1,10	3,43 **	84	33
Nelucrat	1,50 *	2,97	127 ***	48
DL 5%	0,22	0,30	24	14
DL 1%	0,32	0,43	34	20
DL 0,1%	0,48	0,65	51	30

Concluzii

Lucrările convenționale aplicate pe faeoziomul de la SCDA Teleorman au condus la:

- Producții ridicate chiar și în condițiile secetelor frecvente din ultimii ani, cele mai bune rezultate fiind obținute prin lucrarea solului cu tiger Horsch și cea în benzi;
- O structurare mai bună a solului în urma lucrărilor cu tiger Horsch;
- Creșterea foarte semnificativă a humusului și azotului total din sol;
- Creșterea semnificativă a nivelului potasiului mobil din sol în variantele lucrate în benzi și nelucrat și scăderea semnificativă a fosforului mobil în variantele lucrate cu tiger Horsch;
- Sistemul de lucrare în benzi a mărit semnificativ nivelul fierului și manganului mobil din sol;
- Rezultatele obținute în toți cei șapte ani de aplicare au permis eliminarea din tehnologiile aplicate la nivelul stațiunii (peste 2 500 ha) a arăturii și executarea lucrărilor numai cu tiger Horsch și în benzi.

Cercetările de lungă durată de la INCDA Fundulea au condus la următoarele concluzii:

- Fertilizarea cu 60 kg N/ha, față de 120 kg N/ha, a condus în toate sistemele de lucrare a solului la scăderi mari de producție – în medie pe ultimii patru ani cu 19% sau 607 kg/ha porumb boabe.
- Pierderile cele mai mari de producție, comparativ cu varianta convențională de arat în toamnă și fertilizat cu 60 kg N/ha, s-au obținut în variantele nelucrat (45%), arat în primăvară (38%) și discuit (25%).
- Lucratul cu cizelul a oferit producții apropiate de lucrarea de arat în toamnă, diferențele fiind de 1% în varianta fertilizată cu 120 kg N/ha și de 4% față de varianta fertilizată cu 60 kg N/ha.
- În toți anii experimentali arătura de toamnă a oferit cele mai bune rezultate de producție, dar din punct de vedere economic rezultatele cele mai bune s-au obținut prin lucrarea cu cizelul.
- No tillage a condus la creșterile cele mai mari ale humusului, azotului total și fosforului mobil din sol.
- Lucrarea cu discul a mărit semnificativ nivelul humusului, fosforului mobil, cuprului mobil și a fierului mobil din sol.

Atât pe faeoziomul de la SCDA Teleorman cât și pe cernoziomul cambic de la INCDA Fundulea se impun creșterea nivelului de fertilizare cu NPK și aplicarea de amendamente cu calciu.

Bibliografie

- Blanco Humberto, Lal Rattan. 2008. *Principles of soil conservation and management*. Springer, USA.
- Budoii Gheorghe, Penescu Aurelian. 1996. *Agrotehnica*. Editura CERES București.
- Burtan Lavinia, Coronado Manuel, Vrînceanu Andrei. 2016. *Sisteme minime de lucrări ale solului*. Editura Estfalia, București.
- Calciu Irina, Dumitrașcu Monica, Ștefănescu Sorin Liviu, Lungu Mihaela. 2010. *Agricultura ecologică și impactul agro-ambiental al reducerii intervențiilor asupra solului*. Editura Estfalia, București.
- Calistru Anca Elena, Cara Irina Gabriela. 2022. *Agrotehnică. Aplicații practice*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Canarache Andrei, Dumitru Elisabeta. 2008. *No-till and minimum tillage in Romania*. In: NO-till farming systems. No.3. Editors: Goddard T., Zoebisch M., Gan Y., Ellis W., Watson A., Sombatpanit S., WASWC.
- Dicu Daniel Dorin. 2010. *Evoluția fertilității solului și a productivității agricole în sistem de lucrare conservativă și convențională*. Teză de Doctorat, USAMV Timișoara, Facultatea de Agricultură.
- Dumitru Elisabeta, Enache Roxana, Guș Petru, Dumitru Mihail. 1999. *Efecte remanente ale unor practici agricole asupra stării fizice a solului*. Editura RISOPRINT Cluj-Napoca.
9. Dumitru Elisabeta, Enache Roxana, Surăianu V., Negrilă Maria, Marinca C., Calciu Irina, Gamenț Eugenia, Dumitru Sorina, Mihalache Gabriela, Simionescu Violeta, Pănoiu Ioana, Canarache A. 2005. *Lucrarea conservativă a solului între tradiție și perspectivă în agricultura durabilă*. Editura Estfalia, București.
- Ernst Oswaldo, Siri-Prieto Guillermo. 2006. *Soil organic carbon and total nitrogen in relation to tillage and crop-pasture rotation*. In: Soil management for sustainability. Advances in Geoecology 38, Catena Verlag, 35446 Reiskirchen.
- Garcia-Torres Luis et al. 1999. *Conservation Agriculture in Europe: environmental, economic and EU Policy perspectives*. ECAF.
- Guș P., Lăzureanu A., Săndoiu D., Jităreanu G., Srancu I. 1998. *Agrotehnica*. Editura RISOPRINT Cluj-Napoca.
- Guș Petru, Rusu Teodor, Stănilă Sorin. 2003. *Lucrările neconvenționale ale solului și sistemul de mașini*. Editura RISOPRINT Cluj-Napoca.
- Ioniță Stelian. 1997. *Cercetări privind elaborarea unor sisteme de lucrare a solului cu consum redus de energie pe cernoziomul cambic de la Fundulea*. Teză de Doctorat, USAMV București.

- Iordache Mădălina, Borza Iacob. 2009. *Impactul unor elemente de tehnologie agricolă asupra lumbricidelor din sol*. Editura EUROBIT Timișoara.
- Jitoreanu Gerard. 2015. *Agrotehnica*. Vol.I. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Jitoreanu Gerard, Ailincăi Costică. 2016. *Agrotehnica*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Lăcătușu Radu, Lungu Mihaela, Rizea Nineta. 2017. *Chimia globală a solului. Procese, determinări și interpretări*. Editura Terra Nostra Iași.
- Marinca Constantin., Dumitru Mihail., Borza Iacob., Țărău Dorin. 2009. *Solul și fertilitatea. Relația cu sistemele agricole din Banat*. Editura MIRTON Timișoara.
- Nicolescu M., Păunescu Gabriela, Mocanu R., Stancu I., Dumitru M., Nedelciuc C., Matei Gh. 2008. *Aspecte privind protecția mediului în agricultură*. Editura SITECH Craiova.
- Pacanoski Zvonko. 2010. *Behaviour of soil-applied herbicide depends of soil tillage systems*. Yearbook of the Faculty of Agricultural Sciences and Food. Skoplie, volume 55.
- Pacanoski Zvonko. 2010. *Influence of different tillage systems on weed behaviour*. Yearbook of the Faculty of Agricultural Sciences and Food. Skoplie, volume 55.
- Partal Elena, Mărin Nicoleta, ȘERBAN Mihaela. 2023. *Influența lucrărilor solului asupra producției de porumb și a unor caracteristici agrochimice ale solului*. Analele Universității din Craiova, Agricultură, vol. LIII/2023.
- Petcu Gheorghe. 1998. *Reducerea lucrărilor solului și efectele acesteia asupra fertilității solului și bilanțul energetic al tehnologiei culturilor de porumb și floarea soarelui*. Teză de Doctorat, USAMV București.
- Pintilie C., Romoșan Șt., Pop L., Timariu Gh., Serök P., Guș M. 1985. *Agrotehnică*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Șișești Ionescu Gheorghe, Staicu Irimie. 1958. *Agrotehnica*, vol. I și II, Editura Agro-Silvică de Stat, București, Ministerul Agriculturii și Silviculturii.
- Ștefănescu Sorin Liviu, Dumitru Mihail, Lazăr Cornel, Lungu Mihaela. 2001. *Elemente de agrotehnică. Probleme de mediu asociate și aplicații practice*. Editura GNP, București.
- Țopa Denis, Jitoreanu Gerard, Ailincăi Costică, Răus Lucian. 2013. *Impactul unor sisteme minime asupra producției și fertilității solului*. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Țopa Denis Constantin, Jitoreanu Gerard. 2018. *Agricultură generală*. Vol.I. Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Ulrich Sebastian, Hofmann Bodo, Tischer Sabine, Christen Olaf. 2006. *Influence of tillage on soil quality in a long-term trial in Germany*. In: Soil management for sustainability. Advances in Geoecology 38, Catena Verlag, 35446 Reiskirchen.
- Vineș Gheorghe. 1985. *Lucrările solului – cerințe, orientări*. Producția vegetală. Cereale și plante tehnice nr.10, octombrie 1985, MAIA.
- XXX Comisia Europeană. 2021. *Strategia UE privind solul pentru 2030. Valorificarea beneficiilor solurilor sănătoase pentru ființele umane, alimentație, natură și climă*. Bruxelles, COM 699 final.