INSTITUŢIA PUBLICĂ INSTITUTUL DE CERCETĂRI PENTRU CULTURILE DE CÎMP „SELECŢIA”

Cu titlu de manuscris
C.Z.U: 631.452

CEBOTARI MARIN

MODIFICAREA PROPRIETĂŢILOR AGROFIZICE ALE CERNOZIOMULUI TIPIC ÎN FUNCŢIE DE ASOLAMENT ŞI FERTILIZARE

411.01. AGROTEHNICA

Teză de doctor în ştiinţe agricole

Conducător ştiinţific: Boincean Boris, dr. hab. în agricultură, profesor cercetător

Autor: Marin Cebotari

BĂLŢI, 2015

© Cebotari Marin, 2015

CUPRINS

ADNOTARE 5

INTRODUCERE 9

1. **STAREA ACTUALĂ A CERCETĂRILOR PROPRIETĂŢILOR AGROFIZICE ALE CERNOZIOMULUI TIPIC SUB INFLUENŢA PRINCIPALELOR PROCEDEE AGROTEHNICE (asolament, fertilizare şi lucrare a solului)** 14

1.1. Influenţa însuşirilor agrofizice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor 15

1.2. Influenţa însuşirilor agrochimice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor 24

1.3. Influenţa însuşirilor biologice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor 26

1.4. Acţiunea sinergetică a însuşirilor agrofizice, agrochimice şi biologice la formarea calităţii solului şi productivităţii culturilor de cîmp 29

1.5. Impactul diferitor procedee agrotehnice asupra proprietăţilor agrofizice ale solului 33

1.6. Concluzii la capitolul 1 50

2. **CONDIŢIILE ŞI METODELE DE CERCETARE** 51

2.1. Condiţiile pedoclimaterice 51

2.2. Schema experienţei şi metodele de cercetare 54

2.3. Concluzii la capitolul 2 56

3. **PROPRIETĂŢILE AGROFIZICE A CERNOZIOMULUI TIPIC ÎN FUNCŢIE DE ASOLAMENT ŞI FERTILIZARE** 57

3.1. Proprietăţile agrofizice ale cernoziomului tipic 57

3.1.1. Densitatea solului 57

3.1.2. Densitatea aparentă şi porozitatea solului – indicatorii integrali ai stării de calitate fizică a cernoziomului loturilor experimentale 58

3.1.3. Rezistenţa la penetrare a solului 62

3.1.4. Structura solului şi hidrostabilitatea agregatelor structurale 63

3.1.5. Influenţa asolamentului şi fertilizării asupra rezistenţei de tracţiune a maşinilor agricole 72

3.1.6. Conţinutul şi rezerva de substanţă organică – factorul integral în menţinerea stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomului tipic 74

3.2. Concluzii la capitolul 3 75

4. **REGIMUL HIDRIC AL SOLULUI, PRODUCTIVITATEA CULTURILOR ŞI EFICIENŢA ECONOMICĂ** 77

4.1. Regimul hidric al solului 77

4.2. Producţia culturilor de cîmp şi eficienţa economică 87
4.2.1. Producţia culturilor de cîmp în funcţie de asolament şi fertilizare 87
4.2.2. Eficienţa economică 90
4.3. Concluzii la capitolul 4 92
CONCLUZII GENERALE ŞI RECOMANDĂRI 93
BIBLIOGRAFIE 96
ANEXE 107
Anexa 1. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului pe fond nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC, „Selecţia" 107
Anexa 2. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului pe fond fertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 108
Anexa 3. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în cultura permanentă a grîului de toamnă pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 109
Anexa 4. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în cultura permanentă a sfeclei de zahăr pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 110
Anexa 5. Consumul de apă din sol şi precipitaţii pe parcelele permanente de ogor negru şi pîrloagă pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 111
Anexa 6. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului 5, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 112
Anexa 7. Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului 2, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia" 113
Anexa 8. Evaluarea rezistenţei de tracţiune a maşinilor agricole 114
Anexa 9. Starea semănăturilor de sfeclă de zahăr în anul 2012 115
Anexa 10.Structura solului în variantele studiate 116
Anexa 11. Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni la cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr amplasate în asolament, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012 .. 117
Anexa 12. Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni la cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr amplasate în cultura permanentă, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012 118
Anexa 13. Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni în varianta cu ogor negru şi pîrloagă, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012 119
Anexa 14. Certificat de implementare a rezultatelor 120
DECLARAŢIA DE PROPRIA RĂSPUNDERE 121
CURRICULUM VITAE 122

ADNOTARE

CEBOTARI Marin. **Modificarea proprietăţilor agrofizice ale cernoziomului tipic în funcţie de asolament şi fertilizare.** Teză de doctor în ştiinţe agricole. Bălţi, 2015.

Structura tezei: introducere, 4 capitole, concluzii şi recomandări, bibliografie din 151 surse, 94 pagini de text de bază, 14 anexe, 10 figuri, 27 tabele. Rezultatele obţinute sînt publicate în 6 lucrări ştiinţifice.

Cuvinte-cheie: asolament, fertilizare, fertilitate, densitate aparentă, porozitate, rezistenţă la penetrare, structură, umiditate, substanţa organică a solului.

Domeniul de studiu: Agrotehnică, fitotehnie.

Scopul lucrării: aprecierea proprietăţilor agrofizice ale cernoziomurilor ca indicatori ai stării de calitate şi ai capacităţii de producţie agricolă a acestora în asolament şi în cultura permanentă pe diferite fonduri de fertilizare.

Obiectivele lucrării: determinarea unui complex de indicatori agrofizici ai cernoziomului tipic din stepa Bălţului în asolament şi cultură permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat; aprecierea experimentală a rezistenţei solului la arat cu plug cu cormană în diferite asolamente.

Noutatea şi originalitatea ştiinţifică: A fost determinat un complex de indicatori agrofizici ai solului şi capacitatea lui de producţie în asolament şi cultura permanentă. Concomitent, s-a apreciat experimental rezistenţa solului la arat cu plug cu cormană în diferite asolamente.

Problema ştiinţifică importantă soluţionată: A fost stabilită experimental opţiunea optimistă de restabilire şi ameliorare a proprietăţilor agrofizice ale solului cu menţinerea productivităţii culturilor în cazul respectării asolamentului pe cernoziomul tipic din stepa Bălţului.

Valoarea teoretică a lucrării: Materialele tezei vor servi pentru elaborarea sistemelor moderne de agricultură în zona cernoziomurilor tipice, bazate pe informaţia privind evoluţia însuşirilor acestora: negativă în procesul de utilizate neraţională a terenurilor agricole; pozitivă – în cazul utilizării acestora în asolamente ştiinţific argumentate cu includerea ierburilor perene.

Semnificaţia practică: Rezultatele obţinute vor permite de a elabora măsuri şi procedee de diminuare a impactului antropic negativ asupra solurilor, adaptate la schimbările climaterice nefavorabile. Concomitent, materialele vor fi folosite în procesul didactic de pregătire a cadrelor pentru sectorul agricol.

Implementarea rezultatelor ştiinţifice: Au fost confirmate în condiţii de producere, în gospodăria agricolă „Danulschii" din r-nul Glodeni, care au demonstrat reducerea consumului de motorină la efectuarea arăturii cu plug cu cormană în asolament cu lucernă.

ANNOTATION

CEBOTARI Marin. **Modification of agro-physical properties of typical chernozem soil under the influence of crop rotation and fertilization**. PhD thesis in agriculture, Balti, 2015

Structure of the thesis: introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography from 151 sources, 94 pages of the basic text, 14 attachments, 10 figures, 27 tables. The results have been published in 6 scientific papers.

Key-words: crop rotation, fertilization, soil fertility, bulk density, porosity, soil compaction, etc.

Domain of research: Agriculture, Crop science.

The aim of the work: evaluation of the whole complex of agro-physical soil indicators for the diagnosis of arable chernozem soils and determination of their influence on productivity of field crops in the crop rotation link and continuous cropping, on fertilized and unfertilized plots.

The objectives of the work: determination of the indicators of agro-physical properties of the soil in crop rotation and continuous cropping on fertilized and unfertilized plots; experimental determination of soil resistance to moldboard ploughing in different crop rotations.

Novelty and scientific originality: The whole complex of agro-physical indicators of soil fertility have been determined under the influence of long-term crop rotations and systems of fertilization in crop rotation. For the first time in the Republic of Moldova the resistance of arable chernozem soil to moldboard plough was experimentally determined in different crop rotations.

The important scientific problem solved: It was experimentally established the optimistic option of agro-physical soil properties improvement and maintaining of crop productivities under crop rotation and fertilization on typical chernozem.

Theoretical and practical significance of the work: comparative analysis of natural ecosystem and agroecosystems allows to determine the whole complex of measures for the modernization of the agroecosystems in order to reduce the negative impact and to adapt to unfavorable climatic conditions. Experimental evaluation of soil resistance to moldboard ploughing for different systems of soil management (crop rotation, systems of soil fertilization) as a prerequisite for the reduction of fuel consumption for soil tillage. The experimental results are used both by agricultural producers and as a didactic material for students on the specialties of agronomy and agroecology at different research and educational institutions.

Implementation of the scientific results: The experimental data have been confirmed in the farm "Danulschii", Glodeni district.

АННОТАЦИЯ

ЧЕБОТАРЬ Марин. **Изменение агрофизических показателей типичного чернозема под влиянием севооборота и системы удобрения.** Диссертация доктора сельскохозяйственных наук, Бельцы, 2015.

Структура диссертации: Введение, 4 главы, выводы и рекомендации, библиография из 151 источников, 94 страницы основного текста, 14 приложений, 10 графиков, 27 таблиц.

Ключевые слова: севооборот, плодородие, агрофизические свойства почвы, урожайность.

Область знаний: Земледелие, Растениеводство.

Цель работы: оценка воздействия комплекса агрофизических показателей плодородия пахотных черноземных почв на продуктивность полевых культур в звене севооборота и в бессменных посевах на разных фонах удобренности.

Задачи работы: определение комплекса агрофизических показателей почвы в севообороте и в бессменных посевах на удобренном и неудобренном фонах; экспериментальное измерение сопротивления почвы к отвальной вспашке в разных севооборотах (с и без многолетних трав).

Новизна и научная оригинальность: Был определен комплекс агрофизических показателей чернозёмных почв Бельцкой степи под воздействием севооборотов и систем удобрения в севообороте. Экспериментально было измерено сопротивление пахотной почвы отвальной вспашке осуществляемой плугом с отвалом в севообороте.

Решение научной проблемы: Экспериментально установлена возможность восстановления агрофизических свойств типичного чернозема и поддержания продуктивности культур при соблюдении севооборота.

Теоретическая значимость работы: сравнительный анализ природных экосистем и агроэкосистем позволяет установить меры по совершенствованию агроэкосистем с целью снижения их отрицательной реакции к неблагоприятным климатическим изменениям. Определены затраты топлива при отвальной вспашке почвы в разных севооборотах.

Практическая значимость работы: полученные данные используются специалистами хозяйств Республики Молдова, студентами и мастерандами по специальности агрономия и агроэкология в научных и учебных заведениях Республики Молдова.

Внедрение полученных результатов: Результаты исследований подтверждены в производственных условиях в хозяйстве ООО «Данульский», Глодянского р-на.

LISTA ABREVIERILOR

IP ICCC „Selecţia” – Instituţia Publică, Institutul de Cercetări pentru Culturile de Cîmp „Selecţia”

mlrd - miliarde

mm – milimetru(i)

cm – centimetru(i)

m – metru(i)

cm^2 – centimetru(i) pătrat(ți)

cm^3 – centimetru(i) cub(i)

g – gram(e)

kg – kilogram(e)

kg/f – kilograme/forţă

CP – cai putere

kW – kilowaţi

t – tonă(ne)

l –litru(ri)

fig. – figura(ă)

Fer. – fertilizat(ă)

mlrd – miliarde

№ – număr(ul)

Nef. – nefertilizat(ă)

°C – grade Celsius

tab. – tabel(ul)

ha – hectar(e)

C – carbon

N – Azot

P – Fosfor

K – Potasiu

DL_{05} – diferenţa limită

s.a. / ha – substanţă activă la 1 ha

ş.a. – şi alţii(ele)

INTRODUCERE

Agricultura Republicii Moldova se confruntă cu diferite probleme de ordin economic, ecologic şi social. Modelul industrial de intensificare a agriculturii, n-a asigurat o dezvoltare durabilă a sectorului agrar. Analizele efectuate de mai mulţi cercetători mărturisesc despre stabilizarea şi chiar reducerea nivelului de producţie [34]. Concomitent, au apărut aşa consecinţe negative asupra mediului ambiant ca: degradarea şi poluarea resurselor naturale (sol, apă; reducerea biodiversităţii la suprafaţa solului şi în stratul arabil; sporirea emisiilor de gaze cu efect de seră ş.a.).

Dominarea viziunii simpliste (reducţioniste), orientată preponderent spre majorarea nivelului de producţie cu folosirea surselor energetice neregenerabile şi derivatelor lor (îngrăşăminte minerale, în special, de azot, pesticide etc.) a subapreciat rolul fundamental al fertilităţii solului [34].

Indicele integral al fertilităţii solului este considerat conţinutul de humus. Cantitatea insuficientă de materie organică proaspătă restituită în sol a contribuit, la deteriorarea calităţii (sănătăţii) solului, adică diminuarea valorilor optime a proprietăţilor agrofizice, agrochimice şi biologice ale solului. Conform definiţiei prof. John Doran de la Universitatea de Stat din Nebraska, SUA „sănătatea solului este capacitatea lui de a funcţiona ca organism viu în cadrul ecosistemului sau hotarelor de folosire a terenului, de a menţine calitatea apei şi aerului, de a contribui la sănătatea plantelor, animalelor şi oamenilor” [117, 118, 119].

Fondatorul ştiinţei solului, renumitul savant rus Dokuceaev V.V. scria în cartea sa „Русский Чернозём”: solurile cernoziomice au nevoie, în primul rînd, nu atît de ameliorarea proprietăţilor lor agrochimice, cît de ameliorarea proprietăţilor agrofizice [47].

Cantitatea insuficientă de resturi vegetale şi alte surse de materie organică restituită în sol, folosirea tractoarelor şi a maşinilor agricole grele, îndeosebi în perioada cînd solul nu corespunde stării de maturitate fizică, contribuie la compactarea excesivă a solului, iar ca rezultat, au crescut cheltuielile materiale şi energetice legate de lucrarea solului.

Reieşind din cele menţionate anterior, au fost formulate scopul şi obiectivele cercetărilor.

Scopul cercetărilor prevede aprecierea indicatorilor agrofizici principali utilizaţi la diagnosticarea fertilităţii solurilor arabile, determinarea influenţei acestora asupra productivităţii culturilor în veriga asolamentului cu grîu de toamnă şi sfeclă de zahăr şi în cultura permanentă pe diferite fonduri de fertilizare, la fel, determinarea consumului de motorină pentru lucrarea de bază a solului.

Pentru realizarea scopului propus au fost trasate următoarele obiective:

- determinarea în teren a valorilor indicatorilor agrofizici principali ai solului (densitatea şi densitatea aparentă a solului, porozitatea totală a solului, rezistenţa la penetrare, structura solului, hidrostabilitatea agregatelor structurale) în asolament şi cultură permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat.
- stabilirea rezervelor de apă accesibilă în sol pe parcursul perioadei de vegetaţie a culturilor şi determinarea eficacităţii folosirii apei din sol în funcţie de rotaţia culturilor şi fondul de fertilizare.
- evaluarea comparativă a valorilor indicatorilor agrofizici ai solurilor arabile cu cele din pîrloagă şi ogor negru.
- studiul influenţei asolamentului (verigilor asolamentului) şi a culturii permanente asupra productivităţii culturilor în funcţie de fondul de fertilizare.
- aprecierea experimentală a rezistenţei solului în diferite asolamente (cu şi fără ierburi perene) la efectuarea lucrării de bază a solului cu plug cu cormană.

Noutatea ştiinţifică constă în următoarele:

- S-au determinat un set de indicatori agrofizici principali ai fertilităţii solului pe cernoziomul tipic din stepa Bălţului sub influenţa rotaţiei culturilor şi sistemului de fertilizare în asolament şi cultura permanentă pentru cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr. Concomitent evaluarea acestor indicatori a fost efectuată în ogorul negru şi pe parcelele cu pîrloagă: Valorile optime au constituit pentru stratul de sol 0-20 cm: densitatea solului – 2,40-2,60 g/cm^3; densitatea aparentă – 1,1-1,2 g/cm^3; porozitatea totală – 50-55 %; rezistenţa de penetrare - $\leq$ 21,0 kg/cm^2; ponderea agregatelor structurale cu dimensiuni de 3-0,25 cm – 50-60 %; hidrostabilitatea agregatelor structurale – 75-85 %.
- A fost stabilită experimental rezistenţa solului arabil în diferite asolamente la efectuarea arăturii cu plug cu cormană.

Problema ştiinţifică importantă soluţionată: A fost stabilită experimental opţiunea optimistă de restabilire şi ameliorare a proprietăţilor agrofizice ale solului cu menţinerea productivităţii culturilor în cazul respectării asolamentului pe cernoziomul tipic din stepa Bălţului.

Importanţa teoretică şi valoarea aplicativă a lucrării constă în evaluarea modificărilor proprietăţilor agrofizice ale solului sub influenţa diferitor asolamente, culturi permanente şi sisteme de fertilizare în experienţele de cîmp de lungă durată (mai mult de 50 ani). Analiza

comparativă a ecosistemelor agricole şi a celor naturale a permis elaborarea şi recomandarea unui complex de măsuri agrotehnice la modernizarea agroecosistemelor în vederea reducerii impactului negativ şi adaptării lor la condiţiile climaterice nefavorabile (insuficienţa sau excesul de precipitaţii, accesibilitatea nutrienţilor din sol ş.a.).

Evaluarea experimentală a rezistenţei solului la arat cu plug cu cormană în dependenţă de sistemul de management al solului (asolament, sistem de fertilizare) permite reducerea cheltuielilor de motorină la efectuarea procedeelor de lucrare a solului. Ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului contribuie la acumularea în sol a apei din precipitaţiile atmosferice, la reducerea pericolului de eroziune, la majorarea eficacităţii folosirii nutrienţilor din sol, îngrăşăminte minerale şi organice aplicate, la reducerea gradului de îmburuienire a semănăturilor ş.a.

Rezultatele cercetărilor au fost confirmate în condiţii de producere. În gospodăria agricolă „Danulschii" din raionul Glodeni, cheltuielile de motorină la efectuarea arăturii cu plug cu cormană după grîul de toamnă amplasat după lucernă anul 3 de viaţă după prima coasă s-au redus cu 5 litri la hectar, comparativ cu grîul de toamnă amplasat după culturi anuale în asolament. La suprafaţa de 100 ha economisirea motorinei a constituit 500 litri sau la preţurile existente pentru 1 litru de motorină (16,50 lei) – 8250 lei. Rezultatele au fost confirmate prin actul de extindere din 26 septembrie 2013.

Dacă efectuăm calcule la nivel de raion sau la nivel de republică economisirea de motorină şi de surse financiare este considerabilă, chiar dacă presupunem că doar 50% din suprafeţele arabile sînt lucrate cu plug cu cormană.

Rezultatele obţinute pot fi folosite în procesul didactic pentru studenţii de la specialităţile de agronomie şi agroecologie a instituţiilor de cercetare şi învăţămînt din Republica Moldova.

Aprobarea rezultatelor. Rezultatele cercetărilor au fost anual discutate şi aprobate la consiliul ştiinţific al ICCC „Selecţia" precum şi la conferinţele ştiinţifico-practice organizate de ICCC „Selecţia":

Raport anual: proces-verbal №8 din 30 aprilie 2010

Conferinţa internaţională „Rolul culturilor leguminoase şi furajere în agricultura Republicii Moldova", 17-18 iunie 2010

Raport anual: proces-verbal №3 din 18 martie 2011

Conferinţa internaţională „Sfecla de zahăr – cultura strategică în dezvoltarea durabilă a agriculturii Republicii Moldova", 7-8 iulie 2011

Conferinţa internaţională „Soil as World Heritage” consacrată aniversării a 50 de ani de la fondarea experienţelor de cîmp de lungă durată pe asolamente 22-23 mai 2012
Raport anual: proces-verbal №10 din 31 octombrie 2012
Raport anual: proces-verbal №9 din 15 aprilie 2013

Sumarul compartimentelor tezei.

1. Starea actuală a cercetărilor proprietăţilor agrofizice ale cernoziomului tipic sub influenţa principalelor procedee agrotehnice (asolament, fertilizare şi lucrare a solului). Capitolul include sinteza bibliografică a cercetărilor privind influenţa separată a însuşirilor agrofizice, agrochimice şi biologice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomului, acţiunea sinergică a însuşirilor agrofizice, agrochimice şi biologice asupra calităţii solurilor şi productivităţii culturilor. O atenţie deosebită se acordă impactului diferitor procedee agrotehnice (asolamentul şi cultura permanentă, sistemului de lucrare şi fertilizare a solului) asupra proprietăţilor agrofizice ale solului: densitatea, densitatea aparentă, porozitatea totală, structura şi hidrostabilitatea agregatelor structurale ş.a.

Se constată influenţa complexă a materiei organice a solului asupra fertilităţii solului, inclusiv asupra proprietăţilor agrofizice ale solului şi productivităţii culturilor. La fel, s-a constatat că managementul substanţei organice a solului prin intermediul procedeelor agrotehnice este cheia în ameliorarea calităţii solului şi în majorarea nivelului de producţie a culturilor de cîmp.

2. Condiţiile şi metodele de cercetare. Capitolul include prezentarea şi descrierea condiţiilor pedologice şi meteorologice în perioada executării cercetărilor (2009-2012), metodele de cercetare utilizate în cîmp şi în laborator. Cercetările au fost efectuate în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente şi culturi permanente din cadrul ICCC „Selecţia”. Este prezentată schema experienţelor cu descrierea detaliată a condiţiilor de cercetare. Se face trimitere la metodele utilizate de cercetare la determinarea proprietăţilor agrofizice ale solului.

3. Proprietăţile agrofizice a cernoziomului tipic în funcţie de asolament şi fertilizare. În capitolul dat sînt prezentate rezultatele propriilor investigaţii ştiinţifice cu privire la studierea proprietăţilor agrofizice ale cernoziomului tipic din stepa Bălţului, influenţa asolamentului şi fondului de fertilizare asupra: densităţii solului; densităţii aparente şi porozităţii solului; rezistenţa la penetrare a solului şi hidrostabilitatea agregatelor structurale.

În mod experimental au fost determinaţi indicatorii energetici la efectuarea arăturii cu plug cu cormană în asolament cu şi fără ierburi perene leguminoase.

Concomitent cu proprietăţile agrofizice ale solurilor arabile, ogorului negru şi pîrloagei, au fost determinate rezervele de substanţă organică în sol, care exercită o influenţă directă asupra calităţii (sănătăţii) solului şi productivităţii culturilor.

A fost confirmată posibilitatea reală de economisire a combustibilului în cazul includerii ierburilor leguminoase perene şi utilizarea îngrăşămintelor organice în asolament.

4. **Regimul hidric al solului, productivitatea culturilor şi eficienţa economică.** Capitolul include prezentarea şi descrierea regimului hidric, utilizării apei accesibile şi a influenţei ei în asolament şi cultura permanentă asupra productivității culturilor în experienţele de cîmp de lungă durată. Sunt prezentate nivelele de producţie pentru diferite culturi în asolament şi în cultura permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat cu determinarea concomitentă a efectului rotaţiei culturilor şi fertilizării. La finele capitolului este descrisă eficienţa economică a cultivării culturilor în asolament şi cultura permanentă.

Concluziile la toate capitolele sînt expuse la finele fiecărui din ele.

Volumul şi structura tezei: Teza este expusă pe 122 pagini şi include: 4 capitole, 27 tabele şi 10 figuri. Sursele bibliografice cuprind 151 de titluri. Anexele conţin 10 tabele şi 3 imagini. Cercetările au fost realizate pe parcursul anilor 2009-2012 în cadrul Laboratorului de Tehnologii Agricole şi Sisteme Agrotehnice. Autorul aduce sincere mulţumiri întregului colectiv a laboratorului pentru susţinere în realizarea programului de cercetare.

1. STAREA ACTUALĂ A CERCETĂRILOR PROPRIETĂŢILOR AGROFIZICE ALE CERNOZIOMULUI TIPIC SUB INFLUENŢA PRINCIPALELOR PROCEDEE AGROTEHNICE (asolament, fertilizare şi lucrare a solului)

Actualitatea cercetărilor proprietăţilor agrofizice ale solului, inclusiv a cernoziomului şi productivităţii culturilor a crescut considerabil în ultimele decenii, drept rezultat al problemelor apărute, ca consecinţă a modelului industrial de intensificare a agriculturii. Generalizarea datelor experimentale obţinute timp de 50 de ani în experienţele de cîmp de lungă durată a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Cîmp „Selecţia" în cadrul asolamentelor şi cultura permanentă, mărturisesc tendinţa de stabilizare şi de reducere a nivelului de producţie pentru majoritatea culturilor [4, 61]. Brown L. confirmă o astfel de legitate pentru un areal larg geografic din diferite regiuni ale Terrei [134].

FAO prognozează sporirea numărului populaţiei pe globul pămîntesc pînă la 9,5 miliarde de oameni în anul 2050, corespunzător şi necesitatea majorării nivelului de producţie cu 70% faţă de cel obţinut la moment [132]. Omenirea s-a pomenit în faţa dilemei – necesitatea majorării nivelului de producţie pentru îndestularea cerinţelor crescînde în produse alimentare pentru populaţie, pe de o parte, şi necesitatea reducerii impactului negativ asupra mediului ambiant şi sănătăţii oamenilor, pe de altă parte.

Redresarea situaţiei create în agricultură serveşte obiectul de studiu pentru majoritatea cercetătorilor preocupaţi de asigurarea, unei dezvoltări durabile a sectorului agrar.

După părerea multor cercetători, motivul de bază a apariţiei şi a aprofundării problemelor de ordin economic, energetic, ecologic şi social în agricultură constă în dominarea viziunii simpliste (reducţioniste) în schimbul unei viziuni sistemice (holistice) de intensificare a agriculturii. Supraaprecierea rolului unui sau altui factor de intensificare a agriculturii fără respectarea întregului sistem de agricultură, a contribuit şi continuă să contribuie la o sumedenie de consecinţe negative asupra mediului ambiant. Mediul ambiant modificat influenţează productivitatea culturilor, şi proprietăţile solului.

Omul a intervenit în ecosistemele naturale cu nerespectarea modului lor de organizare structurală şi funcţionare. Fără respectarea legităţilor de funcţionare a ecosistemelor naturale, folosite ca model pentru construirea ecosistemelor agricole, nu poate fi soluţionată cu succes problema asigurării unei dezvoltări durabile a ecosistemelor agricole. Rolul primordial în funcţionalitatea ecosistemelor naturale şi agricole îi revine substanţei organice a solului ca indice integral al fertilităţii solului.

1.1. Influenţa însuşirilor agrofizice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor

a) Densitatea solului este un indicator relativ slab variabil în timp şi spaţiu şi este determinat preponderent de compoziţia mineralogică a solului şi de conţinutul de humus.

Canarache A. a sintetizat datele prezentate de diferiţi autori pentru soluri cu diferită componenţă mineralogică (cuarţ, feldspaţi, mică, argilă ş.a.) şi a constatat că, pentru orizonturile superioare ale majorităţii solurilor densitatea lor constituie 2,65-2,68 g/cm^3, iar pentru orizonturile inferioare 2,70-2,72 g/cm^3[6]. Densitatea solului scade concomitent cu sporirea conţinutului de materie organică în sol.

Valoarea densităţii (tab. 1.1.) pentru diferite tipuri de sol variază de la 2,4 g/cm^3 pînă la 2,7 g/cm^3 [19].

Tabelul 1.1. Densitatea solurilor [20]

Solurile	**Valorile densităţii, g/cm^3**
Nisipo-lutoase	2,70
Luto-nisipoase	2,65
Lutoase	2,60
Luto-argiloase şi argile	2,55
Cernoziomuri	2,40

Acest indicator este folosit la calcularea porozităţii totale a solului care influenţează starea lui de calitate fizică.

b) Densitatea aparentă a solului prezintă raportul dintre masa solului şi volumul total în aşezare naturală. Această proprietate determină, în mare măsură, toate însuşirile agrofizice, regimul hidric, aeraţie şi termic din sol [6].

Majorarea densităţii aparente a solului scade capacitatea lui de filtrare şi reţinere a apei, se micşorează aeraţia şi rezistenţa la penetrare a solului, ce îngreuiază atît pătrunderea în adîncime a rădăcinilor plantelor, cît şi lucrarea solului cu uneltele agricole.

Rezultatele experimentale (tab. 1.2.) confirmă că utilizarea solurilor la arabil contribuie la majorarea densităţii lor aparente, ca rezultat al micşorării conţinutului de substanţă organică în stratul arat şi deteriorarea structurii naturale a acestuia. Densitatea aparentă pentru solurile cultivate poate fi micşorată datorită încorporării în sol a resturilor vegetale, a gunoiului de grajd, a includerii în asolament a ierburilor perene ş.a.

Densitatea aparentă a solului la valori de 1,5-1,8 g/cm^3 complică pătrunderea în sol a rădăcinilor, a apei şi a aerului. Folosirea scarificatoarelor este foarte indicată în astfel de situaţii.

Pentru ecosistemele naturale este caracteristică abundenţa de resturi vegetale în formă de rădăcini şi disturbanţă fizică minimă a solului. În condiţii de agroecosistem cantitatea de resturi

vegetale reîntoarsă în sol este minimă cu disturbanţă frecventă a solului prin lucrarea lui, îndeosebi, cu plug cu cormană.

Tabelul 1.2. Densitatea aparentă şi porozitatea totală a solului cultivat şi necultivat [136]

Soluri	**Textura solului**	**Perioada de cultivare**	**Densitatea aparentă, g/cm^3**		**Porozitatea totală, %**	
			Sol cultivat	**Necultivat**	**Sol cultivat**	**Necultivat**
Statul Maryland (SUA)	Nisipo-argilos	50	1,59	0,84	40,0	66,4
Statul Maryland (SUA)	Argilo-lutos	50	1,18	0,78	55,5	68,8
Zimbabwe (Africa)	Lutos	20-50	1,44	1,20	54,1	62,6
Zimbabwe (Africa)	Nisipo-lutos	20-50	1,54	1,43	42,9	47,2

Proprietăţile agrofizice favorabile pentru dezvoltarea plantelor pot fi menţinute pe soluri arabile la alegerea corectă a speciilor de plante cultivate cu alternarea lor în asolament şi alegerea corectă a sistemului de lucrare a solului.

Valorile densităţii aparente (tab. 1.3.) pentru solurile minerale variază în limitele 1,1-1,8 g/cm^3, iar pentru solurile bogate în substanţă organică ele sînt mai mici [20].

Tabelul 1.3. Evaluarea densităţii aparente a solului în dependenţă de sistemul de management, inclusiv de lucrare a solului [20]

Aprecierea cantitativă	**Densitatea aparentă,** g/cm^3
Solul este afînat şi îmbogăţit cu substanţă organică	1,0
Valorile tipice pentru solul proaspăt arat	1,0-1,1
Arătura este tasată	1,2
Arătura este foarte tasată	1,3-1,4
Valorile tipice pentru orizonturile subarabile la diferite soluri	1,4-1,6
Orizonturile eluviale ale solului foarte tasat	1,6-1,8

Pentru majoritatea culturilor de cîmp valorile optime a densităţii aparente a solului variază în limitele de 1,0-1,2 g/cm^3 în straturile de la suprafaţă şi 1,3-1,5 g/cm^3 în straturile subiacente [10]. Solul suportă modificări esenţiale în ceea ce priveşte valorile densităţii aparente şi porozităţii totale sub influenţa lucrărilor mecanizate [16, 17]. În straturile mai adînci de 40 cm valorile densităţii aparente sînt mai puţin variabile. Date similare au fost obţinute şi de savanţii din România, care explică acest fapt prin acumularea anuală în straturile 0-40 cm a unei cantităţi mari de masă organică [16].

Divizarea în clase după valorile densităţii aparente echilibrate şi a porozităţii totale este prezentată în tab. 1.4. [6].

Densitatea aparentă a stratului arabil este influenţată de mai mulţi factori cum ar fi: umiditatea solului, lucrarea solului, structura solului, conţinutul şi calitatea substanţei organice a solului ş.a. Reieşind din aceasta, putem spune cu fermitate că acest indicator este influenţat, în mare măsură, de condiţiile climaterice şi de rezervele de umiditate pe variantele studiate

primăvara pînă la semănatul culturilor (densitatea aparentă după lucrarea solului) şi toamna după recoltarea lor (densitatea aparentă echilibrată).

Tabelul 1.4. Clase de densitate aparentă echilibrată (numărător), porozitate totală (numitor) şi grad de tasare, după A. Canarache pentru solurile argiloase (argilo-lutoase) [6]

Nr. ord.	**Limite, g/cm^3 % v.v.**	**Denumire**	**Tasarea**
1	< 0,95 > 65	extrem de mică	foarte afînat
2	0,95-1,10 61-65	foarte mică	afînat
3	1,10-1,20 55-60	mică	ne tasat
4	1,21-135 51-55	mijlocie	slab tasat
5	1,35-150 45-50	mare	tasat
6	> 1,50 < 45	foarte mare	foarte tasat

Densitatea aparentă a solului este influenţată şi de componenţa culturilor şi raportul intre ele în asolament [120]. Cu cît cantitatea de resturi vegetale ale culturilor, restituită în sol, este mai mare, cu atît densitatea aparentă a solului este mai mică. După cum a fost menţionat anterior de Bullock (1992), în cultura permanentă a porumbului, densitatea aparentă poate avea valori mai mici decît în asolamentul (porumb – soia) din simplul motiv a unei cantităţi mai mici de resturi vegetale restituite în sol de către soia, iar producţia obţinută în asolament este mai mare decît în cazul culturii permanente [111]. Situaţia depinde şi de nivelul de fertilizare a culturilor, de intensitatea lucrării solului, de greutatea maşinilor agricole etc.

În ogorul negru, are loc mineralizarea intensă a substanţei organice a solului, care duce la degradarea proprietăţilor agrofizice ale solului [2, 116, 117, 120]. Un efect similar are loc la saturarea asolamentelor cu culturi prăşitoare. Odată cu majorarea ponderii în asolament a culturilor prăşitoare, apare necesitatea de a majora şi dozele de îngrăşăminte organice aplicate. Odată cu majorarea conţinutului de substanţă organică în sol, densitatea aparentă a solului scade.

Unii cercetători nu găsesc o influenţă semnificativă a asolamentului şi a culturii permanente asupra densităţii aparente a solului [2]. Logsdon S.D. şi coautorii au stabilit că densitatea aparentă a solului a fost mai mică în asolament cu 5 sole (porumb – soia – porumb – ovăz – ţelină) comparativ cu asolamentul cu 2 sole [135].

Kozlovski T.I. consideră că valoarea limită a densităţii aparente pe solurile de cernoziom în straturile superioare nu trebuie să depăşească 1,3 g/cm^3 [56]. Medvedev V.V. a stabilit în baza cercetărilor pe un şir întreg de soluri şi culturi că densitatea aparentă optimă pentru solurile de

cernoziom constituie 1,10-1,20 g/cm^3 [75]. Plantele sînt inhibate în cazul unei densităţi aparente mai înalte a solului.

Folosirea tractoarelor şi a maşinilor agricole grele, îndeosebi în condiţiile cînd solul nu este în stare de maturitate, a contribuit la tasarea solurilor cu cimentarea lor concomitentă şi apariţia fisurilor în stratul arabil. Cu regret, industria producătore de tehnică agricolă nu ţine cont de influenţa tehnicii agricole asupra solului. Tehnica agricolă are o influenţă contradictorie asupra progresului tehnico-ştiinţific în agricultură: – pe de o parte, sporeşte productivitatea muncii, iar pe de altă parte, reduce capacitatea de producţie a solului.

Capacitatea de filtrare şi reţinere a apei este strîns legată de structura hidrostabilă care depinde de conţinutul de substanţă organică în sol. De obicei, asolamentele cu o diversitate mai mare de culturi şi o durată de rotaţie mai lungă au prioritate în acumularea substanţei organice a solului în comparaţie cu asolamentele cu o durată de rotaţie mai scurtă [115, 128]. Conţinutul de substanţă organică în sol influenţează pozitiv asupra acumulării şi folosirii raţionale a apei din sol, iar componenţa culturilor în asolament influenţează, la fel, asupra rezistenţei solului la eroziune.

Cercetătorii americani au stabilit că agregatele structurale în sol la culturile permanente sînt mai puţin rezistente la eroziune în comparaţie cu agregatele structurale în asolament [128]. Date similare au fost obţinute şi în experienţele de lungă durată din Rotamsted, Marea Britanie [126].

Bullock D.G. (1992) a remarcat pierderi mai mari în rezultatul eroziunii în asolament cu 2 cîmpuri: porumb la boabe – soia, comparativ cu porumbul în cultura permanentă [111]. Pe parcursul a 18 ani pierderile de sol din asolamentul cu 2 cîmpuri au fost cu 45% mai mari decît din solul utilizat la cultura permanentă a porumbului, iar cantitatea de resturi vegetale după soia, care rămîne la suprafaţa solului, este cu mult mai mică decît cele rămase după porumb.

Proprietăţile agrofizice ale solului se modifică nu numai în stratul arabil, dar şi în straturile subiacente. Cercetările efectuate de prof. Cerbari V., pe cîmpurile experimentale a ICCC „Selecţia”, au permis de a constata următoarele:

- Densitatea aparentă a stratului arabil pe terenul arat recent a constituit 1,10-1,30 g/cm^3 şi ajunge pînă la 1,45-1,50 g/cm^3 în stratul subiacent sub-arabil;
- Porozitatea solului variază de la 53-58% în stratul arabil şi 45-48% în orizonturile subiacente [10].

În general, valorile sporite ale densităţii aparente echilibrare a solului pot servi în calitate de semnal de alarmă în cazul cînd nu este respectat un sistem de management corect ale solului.

Conform datelor savantului Canarache, sporirea densităţii aparente a solului cu 0,01 g/cm^3 a contribuit la reducerea productivităţii porumbului cu 110-140 kg/ha [6].

c) Porozitatea totală a solului

Valorile densităţii şi densităţii aparente a solului sînt folosite la determinarea porozităţii solului, care reprezintă volumul porilor din sol. Cu cît densitatea aparentă a solului este mai mică, cu atît este mai mare porozitatea. Pentru un sol ideal, cu o structură granulată şi condiţii favorabile pentru creşterea plantelor, volumul porilor în volumul total ale solului trebuie să constituie aproximativ 50%. Din acest volum ½ necesită a fi completată cu aer şi ½ cu apă. Porozitatea solului variază de la 25% ba chiar şi mai jos pentru straturile compactate a solului pînă la 60% pe solurile bine structurate cu un conţinut înalt de substanţă organică [50].

Includerea solului în circuitul agricol provoacă reducerea porozităţii totale. Aceasta este cauzat de deteriorarea structurii naturale, în rezultatul reducerii conţinutului de substanţă organică în stratul arabil artificial format [115].

Kacinschii N.A. a propus diferenţierea stratului arabil al solului după acest indicator în următoarele categorii:

- foarte bună – 65-55% v/v
- satisfăcătoare – 55-50% v/v
- nesatisfăcătoare – 50-40% v/v
- foarte mică – 40-25% v/v [50].

Nu mai puţin importantă este şi calitatea porilor. Porii capilari şi necapilari influenţează asupra proprietăţilor agrofizice ale solului şi, în final, asupra nivelului de producţie a culturilor.

Porozitatea capilară cu diametrul mai mic de 1 mm, reprezintă spaţiul intern al agregatelor şi, în majoritatea cazurilor, serveşte pentru a reţine apa în sol, pe cînd porozitatea necapilară cu dimensiuni mai mari de 1 mm este, de obicei, ocupată de aer. Cu cît mai mare este valoarea porozităţii necapilare, cu atît este mai bună capacitatea solului pentru apă. Porozitatea necapilară se majorează la afînarea solului.

Prezenţa porilor capilari este destul de importantă pentru solurile din zona de stepă, deoarece contribuie la păstrarea mai bună a apei în sol. Valoarea optimală şi raportul dintre porozitatea necapilară şi capilară pentru zona climatică semiumedă necesită a fi de cca 0,5, ceea ce permite păstrarea şi folosirea eficientă a apei din sol [18].

Permeabilitatea solului pentru apă şi aer, schimbul de gaze între sol şi atmosferă depind de porozitatea solului, care reprezintă volumul porilor dintre particulele fazei solide. Porozitatea solurilor minerale în orizonturile solului variază în limitele 25-80% din volumul total a solului.

În orizonturile humifere ea constituie 50-60%. Cînd compactarea solului este mare, porozitatea scade (30-40%), porii sînt fini, prin ei greu circulă apa, rădăcinile şi microorganismele [6]. O asemenea tasare a solului este apreciată ca nefavorabilă pentru vegetaţie. Porozitatea mai mică de 50% se apreciază ca nesatisfăcătoare, iar 25-40% – prea mică şi este caracteristică pentru straturile cu compactare foarte mare [103].

De regulă, între agregate, prevalează porii necapilari (porozitate de aeraţie), iar în interiorul agregatelor – porii capilari (porozitate pentru reţinerea apei în sol). Din punct de vedere agronomic este important ca solurile să posede o porozitate capilară mai mare, care determină capacitatea de reţinere a apei în sol. În solul utilizat la culturile de cîmp, porozitatea capilară în stratul 0-30 cm poate să atingă valori de pînă la 40%. Datele din literatură atestă că porozitatea necapilară poate constitui pînă la 1/3 din porozitatea totală [18].

Interpretarea valorilor porozităţii totale a solului, fără a ţine cont de textura solului este dificilă. Aceleaşi valori ale porozităţii solului creează condiţii diferite de viaţă pentru plante pe soluri argiloase şi nisipoase.

d) Rezistenţa solului la penetrare

Cantitatea insuficientă de materie organică restituită în sol, ca sursă energetică pentru restabilirea fertilităţii lui şi trecerile frecvente pe cîmp cu tehnica grea, contribuie la majorarea gradului de tasare a solului. Comparativ cu solurile grele cu o structură deteriorată, în rezultatul lucrărilor agrotehnice şi a reducerii conţinutului de substanţă organică în sol acest indice este mai mic pentru solurile cu textură uşoară şi pentru cele bine structurate [18].

Tasarea (compactarea) solului poate fi apreciată în baza valorii densităţii aparente şi porozităţii totale a solului. Un sol tasat dispune de valori maxime ale densităţii aparente şi valori scăzute ale porozităţii. Un sol mineral foarte afînat şi afînat dispune de o densitate aparentă în limitele de 0,9 -1,10 g/cm^3 şi de o porozitate în limitele – 62-55%. Un sol tasat şi foarte tasat dispune de o densitate aparentă în limitele de 1,2-1,3 şi mai mare, iar porozitatea constituie – 52-45 şi mai mică [18].

Un sol compactat dispune de o capacitate redusă de penetrare a apei, ceea ce sporeşte riscul eroziunii solului. Rezistenţa solului la arătură creşte, iar calitatea lucrărilor efectuate scade. La creşterea rezistenţei solului la penetrare pînă la 21 kg/cm^2, rădăcinile plantelor nu pot pătrunde în adîncime, iar nivelul producţiei scade [6].

Compactarea în adîncime a stratului arabil a solurilor agricole necesită efectuarea periodică a lucrărilor de scarificare, care se soldează cu sporuri considerabile de producţie.

e) Structura solului

Structura solului prezintă capacitatea de a forma agregate de diferite dimensiuni atît prin agregarea particulelor elementare, cît şi prin fragmentarea de către rădăcini sau agregate a masei solului [6, 50]. Este necesar de a nu confunda noţiunea de „structură naturală" cu noţiunea de „structură artificială" a solului, formată la lucrarea solului cu diferite agregate. În zona cernoziomică structura naturală este hidrostabilă, iar structura artificială, de regulă, este instabilă.

În regiunile secetoase agregatele cu dimensiuni de la 0,5 pînă la 2-3 mm sînt cele mai preţioase din punct de vedere agronomic [18]. Structura solului determină regimul hidric şi de aeraţie a solului, intensitatea proceselor de descompunere a substanţei organice în sol ş.a.

Problema cu privire la structura solului a fost obiectul de studiu principal al academicianului Viliams V.R., care considera că structura solului este cheia fertilităţii, iar măsurile de restabilire a fertilităţii solului erau orientate preponderent spre restabilirea structurii. Rolul de bază la formarea structurii solului aparţine sistemelor radiculare ale plantelor care prin pătrunderea în sol formează agregate. La descompunerea rădăcinilor se formează compuşii humici care stabilizează agregatele formate.

Şcoala cercetărilor în domeniul structurii solului a fost fondată de o pleiadă de savanţi: Gedroiţ K.K.(1926; 1933); Socolovschi A.N. (1921;1923); Savinov N.I. (1935); Tiulin A.F. (1946); Kacinschi N.A. (1965) ş.a..

Mecanismul de formare a structurii solului rămîne încă neînţeles pe deplin. Tiulin A.F. considera că rolul de bază în formarea structurii solului aparţine coloizilor organici cu grad înalt de dispersie legaţi slab cu reţeaua cristalică a mineralelor de argilă prin intermediul cationilor de calciu [18].

Kacinschi N.A., punea accentul pe agregarea particulelor elementare de sol cu formarea macroagregatelor, iar rolul-cheie în formarea agregatelor hidrostabile, revine cimentării lor de către humusul din sol [50].

Kononova M.M. şi alţi cercetători au fracţionat substanţa organică a solului prin folosirea diferitor reagenţi chimici. S-a stabilit că în compoziţia humusului cernoziomurilor domină acizii huminici, care uşor coagulează sub influenţa cationilor de calciu, cimentînd agregatele structurale [54]. În solurile podzolite influenţa preponderentă la formarea structurii solului revine cationilor de Fe şi Al. Un rol important în formarea agregatelor structurale a solului revine: miceliului de ciuperci (Cladosporium, Penicillium, Trichoderma ş.a.), produselor metabolice ale bacteriilor Pseudomonas, bogate în substanţe zaharoase şi a deşeurilor rîmelor de ploaie ş.a. [55]. Charles Darwin descrie rolul benefic al rîmelor de ploaie la formarea structurii solului [46].

Formarea agregatelor structurale ale solului sînt determinate simultan de procesele biologice şi fizico-chimice. Procesele biologice sînt primordiale în formarea agregatelor structurale ale solului. Rădăcinile plantelor şi hifele ciupercilor elimină compuşi organici, substanţe zaharoase, care unesc particulele de sol în microagregate. În calitate de material care cimentează microagregatele în macroagregate serveşte glomalinul – un compus din proteine şi substanţe zaharoase format în rezultatul asocierii rădăcinilor plantelor cu hifele ciupercilor prin intermediul micorizei [139]. Bacteriile produc substanţe polizaharide la descompunerea resturilor vegetale. Din cele menţionate reiese o concluzie foarte importantă pentru agricultura modernă – necesitatea completării sistematice a solului cu materie organică proaspătă în cantităţi suficiente pentru menţinerea potenţialului biologic înalt al solului. Cu regret, acest principiu a fost neglijat de agricultura convenţională (cu folosirea pe larg a inputurilor din surse energetice neregenerabile şi derivatele lor), ceea ce a contribuit la deteriorarea structurii solului.

Formarea şi stabilizarea structurii glomerulare este influenţată de substanţa organică din sol. Materia organică conţine energia necesară pentru o activitate biologică înaltă în sol. Procesul de formare şi mineralizare a substanţei organice în sol este influenţat de diferite procedee agrotehnice: rotaţia culturilor, sistemele de lucrare şi fertilizare a solului, irigare ş.a., care contribuie la ameliorarea sau deteriorarea proprietăţilor agrofizice ale solului, inclusiv a structurii lui.

Un sistem de măsuri pentru menţinerea şi ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului ştiinţific argumentat a fost propus de către Izmailschii A.A. şi Costîcev P. A. [6]. Unul dintre criteriile de bază de care s-au condus aceşti savanţi pentru ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului a fost structura stratului arabil.

Viliams V. R. a contribuit, la conştientizarea rolului structurii solului şi a dezvoltat sistemul de agricultură cu folosirea ierburilor multianuale în diferite zone ale fostei URSS [13].

La momentul actual, putem considera că structura şi compactarea (tasarea) solului sînt parametrii de bază care exercită o influenţă totală asupra proprietăţilor agrofizice ale solului. Problema optimizării proprietăţilor agrofizice ale solului poate fi soluţionată prin crearea condiţiilor favorabile pentru creşterea şi dezvoltarea sistemului radicular al plantelor şi majorarea fluxului de substanţă organică în sol.

Pe variantele cu pîrloagă, structura solului este mai favorabilă şi hidrostabilă în comparaţie cu solul arat, rezultat al faptului că agregatele structurale la variantele cu arătură au fost treptat deteriorate mecanic de agregatele de lucrare a solului, iar influenţa sistemului radicular al plantelor de cultură la restabilirea structurii este mică [6]. Sub pîrloagă solul are o capacitate de reţinere a apei mai mare comparativ cu solul de pe terenurile arabile.

f) Regimul hidric şi apa accesibilă în sol

Conţinutul de apă în sol la diferite adîncimi nu este constant. Această variaţie este cauzată de precipitaţiile atmosferice, de evapotranspiraţie, de proprietăţile agrofizice ale solului ş.a. Este util şi important de a urmări circulaţia apei în sol în diferite condiţii de management al solului sub influenţa diferitor rotaţii de culturi, sisteme de fertilizare şi lucrare a solului, irigare etc.

Cunoaşterea caracteristicilor hidrofizice ale solului este foarte importantă din punct de vedere agronomic. Capacitatea de acumulare a apei în sol este determinată de întreg complexul de indicatori agrofizici ai solului (capacitate de filtrare a apei în sol, structura solului, densitatea aparentă şi compactarea solului etc.). Capacitatea de acumulare şi circulaţie a apei în sol prezintă însuşirea solului de a acumula apă din precipitaţii, irigare şi infiltrarea ei mai departe pe profil, exprimată în mm sau cm ai coloanei de apă (mm sau m^3/ha). Intensitatea şi caracterul de filtrare a apei în sol depinde de proprietăţile agrofizice şi agrochimice ale solului [13].

Regimul hidric al solului şi căile de reglare au fost studiate de savanţii: Izmailschii A.A., Vîsoţchi G.N., Tulaikov N.M., Rode A.A., Dolgov S.I., Dereaghin V.V., Kacinschi N.A. ş.a., iar în Republica Moldova de Nicolaev N. Gh., Atamaniuc A.C., Ungurean V.G. ş.a. [18].

Kacinschii N.A. considera că o influenţă înaltă asupra capacităţii de infiltrare a apei în sol o are structura solului şi hidrostabilitatea agregatelor structurale. Cu cît mai favorabili sînt aceşti indicatori agrofizici, cu atît mai mare este capacitatea de infiltrare a apei în sol [13].

Conţinutul de apă în sol este mereu în dinamică. Izmailschii A.A. considera că precipitaţiile din toamnă au o importanţă mult mai mare pentru acumularea apei, în comparaţie cu precipitaţiile din perioada de primăvară – vară. Cu cît este mai mare rezerva de apă acumulată în perioada rece a anului, cu atît dependenţa de precipitaţiile din perioada caldă a anului devine mai mică.

În Republica Moldova spre primăvară în stratul de sol 0-100 cm se acumulează – 150-170 mm de apă accesibilă, ceea ce permite obţinerea unor recolte înalte a culturilor de cîmp (cereale de tomnă, ierburi perene, ierburi anuale şi cereale de primăvară). Din aceste considerente, este foarte important de a cunoaşte rezerva de apă în sol acumulată în perioada rece a anului pentru sporirea eficacităţii procedeelor agrotehnice [18].

Cercetările din experienţele de cîmp de lungă durată a ICCC „Selecţia” au demonstrat influenţa culturilor de cîmp asupra rezervelor de apă în sol. Cea mai mică rezervă de umiditate productivă în stratul de 0-200 cm a fost înregistrată la culturile cu sistem radicular adînc: floarea-soarelui şi sfecla de zahăr. Tot la aceste culturi a fost constatată şi o cantitate mai mare de apă folosită din straturile mai adînci de sol. Cea mai mare rezervă de apă productivă a fost

înregistrată în solul din ogorul negru şi solul cu premergătorii timpurii, folosiţi la cultivarea grîului de toamnă [34].

Indicatorii agrofizici menţionaţi anterior interacţionează şi exercită o influenţă directă asupra nivelului de producţie. Proprietăţile agrofizice ale solului sînt strîns legate de proprietăţile agrochimice şi biologice ale solului.

1.2. Influenţa însuşirilor agrochimice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor

Optimizarea proprietăţilor agrofizice ale solului creează premize pentru asigurarea unui regim favorabil de nutriţie a plantelor. La optimizarea proprietăţilor agrochimice rolul de bază revine substanţei organice a solului. Optimizarea regimului agrofizic şi agrochimic al solului poate fi obţinut prin managementul substanţei organice a solului, care se exercită prin intermediul procedeelor agrotehnice.

În Republica Moldova cercetări agrochimice au fost efectuate de o pleiadă întreagă de savanţi: Corduneanu P.N., Corduneanu P.V., Zagorcea C.V., Maţîna M.S., Naconecinaia Z.I., Nica L.T., Andrieş S.V., Toma S.I. ş. a. Rezultatele cercetărilor au contribuit la obţinerea recoltelor scontate şi de calitate înaltă pentru majoritatea culturilor.

Din indicatorii agrochimici ai calităţii solului menţionăm: conţinutul total de azot, carbon şi fosfor; conţinutul formelor mobile de N,P,K; pH; conductibilitatea electrică ş.a.

În solurile arabile din Republica Moldova conţinutul total de carbon a fost în continuă scădere de la momentul desţelenirii lor. Valorile medii ale pierderilor anuale necompensate de substanţă organică în sol au constituit 0,5 t/ha [55, 56]. Conform cercetării agrochimice din perioada anilor 1986-1990, conţinutul humusului pe terenurile arabile ale Republicii Moldova în timp de 100 de ani a scăzut cu 40-50%, constituind în medie 3,1% pentru toate terenurile arabile [22].

Majoritatea pedologilor consideră pragul critic în conţinutul humusului la nivel de 2%, care se va solda cu scăderea bruscă a funcţionalităţii solului, inclusiv a productivităţii. Dacă degradarea cernoziomurilor nu va fi stopată, atunci cheltuielile pentru reproducerea fertilităţii pe viitor vor creşte considerabil. În lipsa unor măsuri de redresare a situaţiei create creşte pericolul degradării continue a fertilităţii solurilor.

Managementul substanţei organice a solului şi a regimului de nutriţie se efectuează prin intermediul procedeelor agrotehnice analogice celor pentru ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului: rotaţia culturilor, sistemul de lucrare şi fertilizare a solului ş.a. O analiză amplă a situaţiei create referitor la schimbările cantitative şi calitative ale substanţei organice a solului

sub influenţa asolamentelor şi a culturilor permanente pentru stepa Bălţului poate fi găsită în lucrarea dlui Boincean B. [34]. Pierderile substanţei organice prin mineralizare din solul utilizat ca ogor negru depăşesc considerabil pierderile de humus din sol pe toate celelalte variante studiate: culturile prăşitoare, culturile semănate compact. Doar culturile leguminoase perene au capacitatea de a îmbogăţi solul în materie organică. Rezultatul final depinde de raportul diferitor culturi în structura suprafeţelor de însămînţare.

Ponderea înaltă a culturilor prăşitoare în structura suprafeţelor semănate (65-70%), gradul înalt de desfundare a solurilor şi dozele mici de îngrăşăminte organice şi minerale contribuie la reducerea vertiginoasă a conţinutului de substanţă organică în sol. Aceste pierderi sînt stimulate de creşterea proceselor erozionale ale solului.

Tendinţa de stabilizare sau chiar de reducere a nivelului de producţie pentru toate culturile agricole nu poate fi ameliorată fără lichidarea bilanţului profund deficitar de substanţă organică în sol pe parcursul ultimilor 30-35 ani.

Regimul de nutriţie a cernoziomurilor arabile este reprezentat de regimul fiecărui element în parte: azot, fosfor, potasiu, sulf, calciu, dar şi a altor macroelemente şi microelemente. În practica agronomică atenţia primordială se acordă regimurilor de N, P, şi K.

Azotul şi fosforul se află preponderent în materia organică a solului, de aceea managementul corect al substanţei organice a solului determină, în mare măsură, regimurile de azot şi fosfor în sol. Potasiul se află în partea minerală a solurilor şi la moment nu prezintă unul din elementele care limitează nivelul de producţie obţinut.

În experienţele de cîmp de lungă durată din Republica Moldova au fost stabilite nivelele de producţie la diferite culturi pe fonduri naturale (nefertilizate) şi fertilizate cu diferite doze de îngrăşăminte minerale, inclusiv azot [24].

Conform Institutului de Cercetări pentru Pedologie, Agrochimie şi Protecţia Solurilor „Nicolae Dimo”, din cantitatea de azot folosită la o unitate de suprafaţă, circa 40% se utilizează de culturi, 20% se imobilizează de microflora solului, 20% se pierd în rezultatul denitrificării, iar 15% este levigată în straturile inferioare ale profilului de sol. Problema utilizării raţionale a azotului din îngrăşămintele organice şi minerale a fost mereu în centrul atenţiei cercetătorilor şi producătorilor agricoli. Actualitatea problemei creşte în condiţiile scumpirii îngrăşămintelor minerale de azot, dar şi din cauza pericolului cu mult mai pronunţat a emisiilor oxizilor de azot în intensificarea încălzirii globale comparativ cu dioxidul de carbon. În acelaşi timp, creşte considerabil necesitatea majorării ponderii azotului biologic în consumul total de azot în agricultură.

Analiza dinamicii recoltelor obţinute la majoritatea culturilor agricole demonstrează prezenţa unei corelaţii strînse dintre compensarea deficitului de azot prin intermediul îngrăşămintelor organice şi minerale aplicate şi recolta obţinută. În condiţiile lipsei cantităţilor suficiente de azot încorporate cu îngrăşămintele organice şi minerale, necesităţile plantelor în azot sînt acoperite aproape în întregime din mineralizarea substanţei organice a solului.

Regimul fosforului în cernoziomurile cercetate se află în dependenţă deplină de regimul lor humic. La moment şi pe viitor, una din problemele fundamentale în cercetarea agronomică rămîne cea de mobilizare a fosforului din formele neaccesibile, îndeosebi din rezervele existente în straturile mai adînci pe profilul solului. Un aspect mai puţin studiat este rolul micorizei (simbioza rădăcinilor plantelor şi a hifelor de ciuperci) în majorarea accesibilităţii fosforului.

Regimul de potasiu, este favorabil pe mai bine de 90% din suprafeţele terenurilor arabile în Republica Moldova. Rezultatele experienţelor de cîmp de lungă durată dau dovadă că cea mai înaltă eficacitate a îngrăşămintelor minerale de azot şi fosfor poate fi obţinută la aplicarea lor în comun cu potasiul.

1.3. Influenţa însuşirilor biologice asupra stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomurilor

Solul poate fi considerat ca un organism viu [59, 120]. Valoarea lui se datorează proceselor necontenite de sinteză-descompunere a substanţei organice a solului [40].

Ecologia solului studiază totalitatea organismelor şi condiţiilor din sol, care asigură procesele de sinteză-descompunere a resturilor organice pe întreg lanţul trofic în sol.

Printre indicatorii biologici ai fertilităţii solului menţionăm: masa microbiană de C şi N; azotul potenţial mineralizabil; respiraţia solului; raportul dintre carbon în biomasă şi conţinutul total de carbon; raportul dintre respiraţie şi biomasă etc. [117].

Indicatorii biologici ai fertilităţii solului cernoziomului tipic din stepa Bălţului au fost studiaţi de Maria Nicorici în perioada anilor 2004-2008 [19]. În calitate de indicatori biologici ai fertilităţii solului au fost studiaţi: biomasa microbiană totală şi eucariotă, respiraţia şi potenţialul celulozolitic al solului, aminoacizii, potenţialul enzimatic, potenţialul fitotoxic al solului, rîmele de ploaie, nivelul activităţii biologice a solului.

A fost stabilită influenţa asolamentului, culturii permanente şi fertilizării asupra indicatorilor biologici menţionaţi.

În veriga asolamentului cu grîu de toamnă şi sfeclă de zahăr, pe fond fertilizat şi nefertilizat, s-a evidenţiat influenţa preponderentă a procedeelor agrotehnice asupra rezervelor de materie organică labilă, dar nu asupra rezervelor totale de substanţă organică în sol. Conţinutul

fracţiei labile a substanţei organice a solului după carbon constituie 2,9-4,0% din rezervele totale de carbon în sol. Carbonul din masa microbiană constituie doar 1,3-2,0% din cantitatea totală de carbon din sol, dar prin această „ureche de ac" trec toate procesele de sinteză-descompunere a substanţei organice a solului, ciclul mare şi mic de circuit ale elementelor biofile în biosfera sa [19].

Proprietăţile biologice ale solului influenţează atît indicatorii agrofizici, cît şi indicatorii agrochimici ai fertilităţii solului, care, la rîndul său, influenţează nivelul de producţie. Producţia a fost întotdeauna mai mare în asolament, comparativ cu cultura permanentă [7, 8, 14, 19]. Sporul de producţie de la fertilizare în asolament, în medie pentru 3 ani de zile, a constituit la grîul de toamnă – 0,58 t/ha, iar în cultura permanentă – 0,09 t/ha. La cultura sfeclei de zahăr sporul de producţie de la fertilizare în asolament a constituit 13,8 t/ha, iar în cultura permanentă – 4,86 t/ha. Din cauza potenţialului biologic mai mic în solul utilizat sub cultura permanentă sporul de producţie (în valorare relativă) este mai mare decît în asolament [19].

Marinescu C. şi Senikovscaia I. au studiat complexul microbian al cernoziomului tipic din stepa Bălţului pe terenurile experimentale ale ICCC „Selecţia", şi au stabilit că biomasa microbiană în stratul de sol 0-28 cm a constituit pentru solul înţelenit – 597,5; pentru solul sub pîrloagă – 420,0; pentru solul utilizat la arabil – 362,5 şi pentru solul utilizat sub ogor negru – 105 m kg C/g de sol. Biomasa microbiană determinată se află în strînsă corelaţie cu conţinutul de substanţă organică din aceste soluri [73].

Cercetările efectuate anterior în experienţele de cîmp de lungă durată în asolamente şi culturi permanente în stepa Bălţului orientate la studierea la nivel molecular a substanţelor humice (fără fracţionarea lor în acizi humici şi fulvici) au demonstrat importanţa a adaosului permanent de materie organică proaspătă în sol [34]. În lipsa materiei organice proaspete în sol are loc dominarea proceselor de descompunere asupra celor de sinteză a substanţei organice a solului cu înrăutăţirea concomitentă a calităţii solului (complexul de proprietăţi agrofizice, agrochimice, şi biologice). Nu a fost găsită o corelaţie anumită dintre rezerva totală de azot în sol, dimensiunea fracţiei labile şi coeficientul de mineralizare a substanţei organice a solului. Astfel, un aspect destul de important devine intensitatea proceselor de transformare a substanţei organice a solului, care este determinată de o mulţime de factori, biotici şi abiotici.

Raportul dintre fracţia labilă şi stabilă a substanţei organice a solului şi intensitatea proceselor de transformare a substanţei organice a solului sînt determinante de procesul de formare a nivelului de producţie pentru toate culturile în asolament şi pentru fiecare în parte. Ponderea fertilităţii naturale a solului în formarea productivităţii asolamentului cu culturi cerealiere şi ierburi, în medie pentru perioada 1990-1996, a constitut 64-80,2%, iar în

asolamentul cu culturi cerealiere şi prăşitoare – 84,1-88,1% [34]. Este o realitate faptul că cu cît asolamentul, împreună cu sistemele de fertilizare şi lucrare a solului, este mai imperfect, cu atît degradarea solurilor este mai înaltă.

Generalizarea datelor experimentale obţinute în cercetările efectuate de Stadnic S. în experienţa de cîmp de lungă durată cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament au stabilit ponderea fertilităţii solului în formarea nivelului de producţie pentru diferite culturi din asolament la aplicarea diferitor sisteme de fertilizare în asolament. Ponderea fertilităţii naturale a solului în formarea nivelului de producţie constituie 100% pe martorul absolut (fără fertilizare). Grîul de toamnă şi sfecla de zahăr reacţionează cel mai mult la fertilizare. Sporul de producţie de la fertilizarea minerală, organică şi organo-minerală pentru aceste culturi este maximă şi constituie, în medie pentru anii 1996-2009, de la 23 pînă la 30%, adică ponderea fertilităţii naturale a solului în formarea nivelului lor de producţie alcătuieşte – 70-77%. Pentru floarea soarelui şi porumb la boabe, în aceeaşi perioadă de timp, ponderea fertilităţii solului în formarea nivelului de producţie a alcătuit 84,0-86,0% [4].

Ponderea fertilităţii naturale a solului în formarea nivelului de producţie este mai mare pe fondul cu fertilizare minerală, decît pe fondul cu fertilizare organică şi organo-minerală. Îngrăşămintele minerale folosite separat, au contribuit la sporirea nivelului de producţie, asigurînd concomitent şi o degradare mai mare a fertilităţii naturale a solului.

Fracţia labilă a substanţei organice a solului determină formarea micro- şi macroagregatelor solului. Fracţia labilă a substanţei organice a solului este reprezentată de resturi vegetale la diferite etape de descompunere în sol şi în acizi humici la etapele iniţiale de formare care posedă o rezistenţă mai mică la procesele de transformare microbiologică în sol. Fracţia labilă a substanţei organice a solului este dominată de compuşii alifatici, comparativ cu fracţia stabilă, care are compuşii ciclici asemănători fenolilor. Ponderea fracţiei labile în rezervele de substanţă organică a solurilor virgine atinge valori de pînă la 40%**,** iar în solurile arabile este de 3-4 ori mai mică [144]. Solurile arabile îşi pierd, în primul rînd, structura granulometrică, ca rezultat al pierderii fracţiei labile de substanţă organică a solului. În final, are loc compactarea solurilor, reducerea capacităţii de penetrare a apei în sol, creşterea pericolului de eroziune de apă şi de vînt ş.a. Este bine cunoscut fenomenul de „oboseala solului” (în limba rusă – «выпаханность почв», iar în engleză – „warn out soils”). Ea se datorează epuizării stocului de substanţă organică labilă şi deteriorării structurii solului, care, la rîndul său, favorizează creşterea buruienilor, în deosebi perene. Nu întîmplător eficacitatea îngrăşămintelor minerale, exprimată prin sporul de producţie obţinut de la aplicarea lor, este mai mare pe

terenurile arabile cu o perioadă mai îndelungată de folosire decît imediat după desțelenirea lor [94].

Sokolovski A. menţiona lipsa unei corelaţii dintre conţinutul formelor mobile de nutrienţi şi eficacitatea îngrăşămintelor, ceea ce indică inadmisibilitatea viziunii simplificate de aplicare a fertilizanţilor după conţinutul formelor mobile de nutrienţi în sol [90].

Astfel, starea biologică a solului, exprimată prin prezenţa condiţiilor favorabile de transformare a substanţei organice, influenţează asupra proprietăţilor agrofizice, agrochimice şi a capacităţii de producţie agricolă a solului.

1.4. Acţiunea sinergetică a însuşirilor agrofizice, agrochimice şi biologice la formarea calităţii solului şi productivităţii culturilor de cîmp

Omenirea se află în faţa unei dileme: cum de majorat nivelul de producţie fără a afecta mediul ambiant şi sănătatea oamenilor! [130]. Situaţia va fi destul de încordată în următorii 40 ani. Populaţia pe globul pămîntesc va spori de la 7 mlrd, la moment, pînă la 8 mlrd, în a. 2030 şi 9 mlrd în a. 2050 [101, 142]. Pe de altă parte, va creşte concurenţa pentru resursele naturale: sol, energie, apă ş.a. Concomitent, vor fi mai pronunţate şi consecinţele încălzirii globale. Problema reducerii şi adaptării la încălzirea globală deja este destul de acută la moment. Va creşte şi globalizarea economiei cu consecinţe sociale manifestate prin polarizarea după venituri a păturilor sociale.

În cazul că sistemul bazat pe modelul industrial de intensificare a agriculturii cu utilizarea inputurilor nu va fi modificat, riscul degradării solului şi mediului ambiant, precum şi majorarea consecinţelor negative a încălzirii globale va creşte [142]. Solul este considerat ca unul dintre resursele naturale de bază. Din cauza că agricultura nu asigură o dezvoltare durabilă a societăţii, solurile continuă să degradeze rapid. Krupenikov I.A. constată existenţa a mai bine de 40 de forme de degradare a cernoziomurilor [54]. Seriozitatea problemelor apărute în secolul al XXI-lea impune necesitatea reexaminării nu numai a sistemelor de agricultură, dar şi a întregului sistem de aprovizionare a populaţiei cu produse alimentare [101, 118, 130, 142].

Cu regret, nici un sistem de agricultură existent şi nici sistemul de aprovizionare cu hrană a populaţiei în condiţiile economiei de piaţă nu ţine cont de consecinţele negative asupra mediului ambiant şi sănătăţii oamenilor. Aceste consecinţe sînt puse pe umerii generaţiilor viitoare, care vor fi nevoite să găsească soluţii. Problema constă în ireversibilitatea unor schimbări în ecosistemul natural, care nu vor putea fi soluţionate pe viitor, dacă nu sînt stopate la moment. Drept exemplu serveşte biodiversitatea în partea aeriană şi subterană a solului. Cartea roşie devine tot mai voluminoasă însă aceasta ţine doar de speciile pe cale de dispariţie pe care

noi le cunoaştem. Sînt însă specii din lumea misterioasă a organismelor din sol pe care ştiinţa nu le cunoaşte, iar odată cu dispariţia lor riscăm să pierdem pentru totdeauna taina echilibrului ecologic existent în natură.

În literatura ştiinţifică din ultimii ani apare tot mai frecvent termenul de servicii ecosistemice sau susţinerea bunurilor publice. Fermierul care respectă cerinţele faţă de protecţia mediului ambiant, acordă servicii societăţii prin faptul că el preîntîmpină poluarea şi degradarea solurilor şi a apelor subterane, păstrează biodiversitatea, reduce pericolul agravării sănătăţii oamenilor. Comunitatea Europeană a inclus acest aspect de susţinere a bunurilor publice în politica sa oficială [125]. Recent la Universitatea de Stat „Alecu Russo" din Bălţi a avut loc o conferinţă ştiinţifică internaţională dedicată acestei probleme [24].

Ştiinţa şi practica agricolă conştientizează cu greu că agricultura are nevoie de alternative pentru modelul existent de agricultură. Pentru zona de stepă cu insuficienţă de umiditate, folosirea irigării este costisitoare, dar în cazul necorespunderii calităţii apei faţă de cerinţele de utilizare a acesteia pentru irigare cresc consecinţele negative economice şi ecologice pentru o durată îndelungată de timp. Speranţa că soiurile şi hibrizii cu rezistenţă la secetă vor reduce necesităţile în apă nu sînt argumentate, deoarece capacitatea de transpiraţie a plantelor în condiţii cu deficit de apă este limitată. În schimb, majorarea cantităţii de apă accesibilă plantelor prin ameliorarea proprietăţilor agrofizice, managementul corect al resturilor vegetale permite unei cantităţi mai mari de apă să se infiltreze în sol şi mai puţină să fie pierdută de la suprafaţa lui. În final, nivelul şi stabilitatea producţiei pe ani va fi mai mare comparativ cu posibila creştere a nivelului de producţie de la extinderea noilor soiuri şi hibrizi de plante prin ameliorarea materialului genetic [125].

Calitatea solului devine un factor tot mai pronunţat pentru asigurarea dezvoltării durabile a agriculturii. Doar un sol cu proprietăţi agrofizice, agrochimice şi biologice favorabile poate funcţiona şi acorda servicii pentru mediul ambiant (sechestrarea carbonului, stocarea şi purificarea apei, păstrarea biodiversităţii ş.a.).

Printre indicatorii sănătăţii solului diferiţi autori menţionează [113, 115].

a) Parametrii agrofizici:

- Textura solului
- Densitatea aparentă şi capacitatea de infiltrare a apei
- Capacitatea de reţinere a apei
- Rezervele de apă productivă în sol
- Temperatura solului

- Structura solului şi hidrostabilitatea agregatelor

b) Parametrii agrochimici

- Conţinutul total de C şi N
- pH
- conductivitatea electrică
- conţinutul formelor mobile de N,P,K

c) Parametrii biologici

- Masa microbiană după C şi N
- Capacitatea potenţială de mineralizare a azotului
- Activitatea biologică a solului (respiraţia solului)
- Raportul dintre C în biomasă şi C în substanţa organică a solului.

Prin stabilizarea şi monitorizarea celor mai reprezentativi indicatori, parametri ai calităţii solului devine posibil de a aprecia nivelul de dezvoltare durabilă a fiecărei gospodării. Considerăm că importanţa unor astfel de cercetări în cooperare cu producătorii agricoli va creşte considerabil pe viitor.

Toate proprietăţile solului (fizice, chimice, biologice) sînt strîns legate între ele şi se află în permanentă interacţiune. Componentul biologic al solului este în preponderenţă invizibil pentru ochiul liber, dar circuitul apei şi majorităţii elementelor nutritive în sol are loc prin intermediul interacţiunii florei şi a faunei, inclusiv microbiene cu proprietăţile agrofizice şi agrochimice ale solului.

Larson şi Pierce [115] definesc calitatea solului drept capacitatea lui de a funcţiona datorită proprietăţilor lui fizice, chimice, biologice, care:

- asigură mediu pentru creşterea plantelor,
- dirijează cu mişcarea apei în mediul ambiant,
- serveşte ca tampon în formarea, acumularea şi degradarea compuşilor toxici [115].

Majoritatea proprietăţilor solului indicate anterior sînt în strînsă legătură sau în funcţie cu conţinutul de substanţă organică din sol. Reducerea conţinutului de substanţă organică a solului a contribuit la degradarea structurii solului, a capacităţii de acumulare şi infiltrare a apei în sol, creşterea compactării solului ş.a. Folosirea tehnicii grele şi lucrarea solului fără a ţine cont de maturitatea lui fizică, în special primăvara devreme, agravează starea proprietăţilor agrofizice ale solului.

Prin menţinerea acestor proprietăţi în limita parametrilor optimi devine posibil de a reduce impactul negativ al factorilor intensificării agriculturii şi anume: lucrarea solului cu

întoarcerea brazdei, irigarea, fertilizarea cu îngrăşăminte minerale, folosirea pesticidelor în combaterea bolilor, dăunătorilor şi buruienilor ş.a. În aşa mod, poate fi ameliorată situaţia economică a agricultorilor, deoarece sursele energetice neregenerabile folosite la lucrarea solului şi derivatele lor sînt scumpe la moment, şi se vor scumpi mai mult pe viitor. Reducerea dependenţei de inputuri permite de a ameliora starea ecologică a mediului ambiant şi are o influenţă benefică asupra sănătăţii oamenilor. În viitor cercetările în domeniul solului şi folosirii lui raţionale vor fi bazate pe intensificarea abordărilor interdisciplinare cu participarea specialiştilor din diferite domenii de pregătire profesională. Cercetările vor fi sistemice în schimbul celor simplificate (reducţioniste), dominante la moment. Sănătatea plantelor, animalelor şi a omului se află în strînsă dependenţă de sănătatea solului. Acest fapt era bine conştientizat pînă la începutul „revoluţiei verzi" în agricultură [145]. Cu regret, agricultura întîmpină multe bariere în tranziţia spre un sistem de agricultură durabilă, inclusiv formele de proprietate asupra pămîntului, acces la credite şi inputuri ş.a.

Este bine stabilit că eficacitatea inputurilor (folosirea nutrienţilor din îngrăşămintele minerale, a apei irigaţionale etc.) în agricultură scade odată cu reducerea calităţii solului. Care sînt proprietăţile solului care limitează creşterea nivelului de producţie este o întrebare acută, dar puţin studiată, şi, cu părere de rău, deseori neglijată. Eforturi ştiinţifice considerabile necesită a fi depuse în stabilirea parametrilor optimi pentru obţinerea unui nivel scontat de producţie.

Noi considerăm că un rol deosebit în armonizarea potenţialului productiv al soiurilor şi hibrizilor cu proprietăţile solului îl are agricultura de precizie. Prin aplicarea realizărilor ştiinţifice de ultima oră din domeniul studierii spaţiului cosmic, devine posibil de a adapta cerinţele plantelor la neomogenitatea temporală şi spaţială a fertilităţii solului [138].

Aplicarea noilor tehnologii cosmice necesită cunoştinţe profunde referitor la reacţia diferitor culturi faţă de schimbarea proprietăţilor agrofizice, agrochimice şi biologice a solului. În lipsa inputurilor (îngrăşămintelor) producţia culturilor variază în limite foarte mari din cauza neomogenităţii fertilităţii solului. Capacitatea solului de a asigura plantele cu azot nu depinde întotdeauna numai de conţinutul substanţei organice în sol. Nu mai puţin importantă este calitatea substanţei organice a solului, gradul de infestare cu boli, dăunători şi buruieni ş.a. Folosirea diferenţiată, dar sistemică a cunoştinţelor existente permite de a reduce (optimiza) folosirea inputurilor cu efecte concomitent benefice asupra mediului ambiant şi sănătăţii oamenilor.

1.5. Impactul diferitor procedee agrotehnice asupra proprietăţilor agrofizice ale solului

a) Asolamentul şi cultura permanentă

Respectarea asolamentului permite de a imita, într-o anumită măsură, ecosistemele naturale, care sînt cu mult mai favorabile după influenţa lor asupra proprietăţilor agrofizice ale solului decît sistemele agricole existente la moment. Toate căile de aprovizionare suplimentară cu material energetic (carbon) pentru activitatea biotei din sol contribuie la ameliorarea calităţii solului şi acordarea serviciilor pentru mediul ambiant şi sănătatea oamenilor [113, 114, 115].

Selectarea corectă a culturilor şi alternarea lor în asolament, influenţează asupra la aşa indicatori agrofizici cum sînt: structura solului, hidrostabilitatea agregatelor structurale, densitatea aparentă, capacitatea de infiltrare a apei, capacitatea de reţinere a apei, rezistenţa antierozională, substanţa organică a solului ş.a.

Culturile agricole, lucrarea şi fertilizarea solului nu modifică textura solului (componenţa lui granulometrică), însă influenţează considerabil asupra stării de calitate fizică, cantităţii şi calităţii materiei organice a solului. Cercetările efectuate în experienţele de cîmp de lungă durată din Federaţia Rusă au demonstrat majorarea conţinutului de agregate structurale şi hidrostabilităţii lor sub influenţa includerii ierburilor perene în asolament [59]. A fost stabilită o legătură corelativă strîns negativă (z = -0,63) dintre conţinutul de materie organică şi densitatea aparentă a solului [3].

Cunoscutul savant rus în domeniul asolamentelor Vorobiov S.A., a comparat cantitatea de resturi vegetale rămase în sol după diferite culturi. Ele diferă nu numai în aspect cantitativ, dar şi calitativ. Grîul de toamnă lasă în sol 2,5-2,7 t/ha de resturi vegetale, trifoiul – 6,2-6,3 t/ha [32]. La culturile leguminoase calitatea resturilor vegetale este incomparabilă cu cea a paielor de grîu cu conţinut extrem de mic de azot.

În baza analizei unui spectru larg de surse bibliografice Boincean B., a propus determinarea cantităţii de resturi vegetale rămase în sol raportată la producţia de bază pentru diferite culturi [32].

Au fost determinate conţinutul de C şi N în resturile vegetale şi raportul C/N. După conţinutul de carbon resturile vegetale sînt mai mult sau mai puţin similare (40%), dar după conţinutul de N diferenţa este foarte mare. Resturile vegetale la culturile cerealiere sînt sărace în azot, atît în partea aeriană, cît şi în cea subterană, iar culturile leguminoase sînt mai bogate în azot. Conţinutul de azot total în masa aeriană a măzărichii de primăvară constituie 3,75%, iar în rădăcini 1,87%. La porumb conţinutul de azot în rădăcini şi în masa aeriană constituie 0,62 şi 0,70%, corespunzător [32].

La paiele de grîu de toamnă conţinutul de azot total constituie 0,49%. Raportul C/N în rădăcini la măzărichea de primăvară constituie 21,9, iar în partea aeriană 11,3%. La porumb acest raport este echivalent cu 70 pentru rădăcini şi 59 pentru partea aeriană, iar în paiele grîului de toamnă raportul C/N constituie 81,8 [32].

Acest raport este foarte important, deoarece determină intensitatea de descompunere a resturilor vegetale în sol şi influenţa lor asupra proprietăţilor agrofizice ale solului.

Nu mai puţin important este şi raportul dintre culturile semănate compact şi cele prăşitoare, care influenţează nu numai nivelul antierozional al solului, în special în condiţiile de stepă, dar şi intensitatea de descompunere a materiei organice a solului.

Cesneac G.I., din Ucraina, a constatat o creştere a pierderilor de humus de 2,5 ori mai mare în cazul majorării gradului de saturare a asolamentelor cu culturi prăşitoare pînă la 75%, comparativ cu 25% pentru culturile semănate des [32].

Lîcov A.M. a stabilit pentru solurile podzolite o creştere de 4 ori a pierderilor de substanţă organică din sol la majorarea ponderii culturilor prăşitoare în structura suprafeţelor de însămînţare pînă la 75% comparativ cu ponderea culturilor prăşitoare în mărime de 25% [56, 57]. În asolamente cu ierburi perene are loc acumularea materiei organice în sol asigurînd un bilanţ pozitiv.

Cercetările efectuate în experienţele de cîmp de lungă durată a ICCC „Selecţia" mărturisesc că din cantitatea totală de biomasă de grîu şi porumb produsă în asolamente şi culturi permanente au fost evacuate din cîmp cu partea aeriană 60,5-65,4 % în asolament şi 73,2-73,7% în cultura permanentă. În asolamentul cu ierburi perene a fost evacuată cu recolta cea mai mică cantitate de biomasă 60,5% [32].

Cantitatea de energie extrasă cu biomasă necesită a fi compensată cu material energetic. Calculele efectuate au dovedit că în asolamente se creează codiţii cu mult mai favorabile de compensare a pierderilor anuale de energie decît în cultura permanentă. Cele mai nefavorabile condiţii de compensare a pierderilor de energie se creează în ogorul negru [32].

Mosolov V.P. a stabilit că cantitatea de agregate structurale hidrostabile creşte la ierburile perene şi scade la culturile anuale. La desţelenirea solului se observă o reducere treptată a conţinutului de agregate hidrostabile – în primul an cu 31,3%, în al doilea an cu 54,6% şi în al treilea an cu 62,3% [75].

În comparaţie cu cultura lucernei amestecul de lucernă şi graminee asigură o creştere cu 28,8-42,4% a agregatelor hidrostabile în sol cu diametrul >0,25 mm în stratul arabil [75].

În SUA domină cultura repetată şi permanentă a porumbului susţinută de programe naţionale de subvenţii în agricultură. Cu regret, aceasta contribuie la deteriorarea multor însuşiri

agrofizice a solului (structura, stabilitatea agregatelor ş.a.) din cauza scăderii cantităţii şi calităţii substanţei organice a solului [20]. Producţia înaltă a culturii permanente a porumbului, sub influenţa dozelor majorate de îngrăşăminte minerale şi pesticide pentru combaterea bolilor, dăunătorilor şi a buruienilor, nu este echivalentă cu influenţa lor asupra conţinutului de substanţă organică a solului, intensitatea proceselor de eroziune şi compactare a solului [20]. Folosirea resturilor vegetale de porumb în calitate de fertilizant nu soluţionează pe deplin problema în cauză.

Bullock D.G. constată că trecerea de la asolamente de lungă durată la asolamente de scurtă durată, cu o diversitate mai mică de culturi, contribuie la degradarea structurii solului, reducerea hidrostabilităţii agregatelor structurale, majorarea valorilor densităţii aparente, micşorarea capacităţii de infiltrare a apei, la creşterea vulnerabilităţii solului la eroziune [107]. Bineînţeles că aceste schimbări sînt determinate, în primul rînd, de reducerea conţinutului de substanţă organică în sol.

Han D.V. a determinat raportul C/N în acizii humici din agregatele structurale cu dimensiuni de 1-3 mm şi mai mici de 0,25 mm. A fost constatat un conţinut mai mare de carbon în agregatele structurale 1-3 mm, ceea ce contribuie la o capacitate mai mare de formare a agregatelor structurale hidrostabile [97].

Majoritatea cercetătorilor constată că lipsa unei legături dintre structura solului, conţinutul de substanţă organică a solului şi producţia obţinută, este condiţionată de lucrarea şi fertilizarea solului ş.a [111]. Rolul structurii solului creşte în anii nefavorabili, în special, în anii secetoşi, datorită unei capacităţi sporite de acumulare a apei în sol. Presupunem că, capacitatea de reţinere a apei în sol va spori sub influenţa unor cantităţi suplimentare de resturi vegetale introduse în sol.

Formarea agregatelor structurale este determinată de partea activă (proaspătă) a substanţei organice a solului. Ponderea părţii active în conţinutul total de substanţă organică este de 3-4 ori mai mică în solurile arabile decît în cele înţelenite [140]. Ca urmare, solurile arabile dispun de o capacitate de infiltrare a apei mai mică, sînt mai compactate, mai puţin structurate, ceea ce duce la pierderi enorme de apă prin scurgeri la suprafaţa solului.

Socolovski A.N. scria despre scăderea fertilităţii solurilor arabile nu din cauza unor cantităţi mai mici de substanţe nutritive în ele, dar din cauza pierderii structurii lor [90]. Aceste rezultate au fost confirmate şi prin cercetările secţiei Sisteme Agricole a ICCC „Selecţia” [105].

Toate acestea explică lipsa unei corelaţii directe dintre eficacitatea îngrăşămintelor minerale şi conţinutul de elemente nutritive mobile în sol [122], fapt ce încă o dată confirmă rolul calităţii biologice (sănătăţii) solului în agricultura contemporană.

Studiul a mai multor cercetători a demonstrat că materia organică a solului este ca o peliculă în formă de coloizi la suprafaţa părţii minerale a solului [29]. Pentru solurile cernoziomice cationii de calciu au o importanţă primordială în asigurarea coagulării fracţiilor mobile de substanţă organică a solului pînă la saturarea deplină a capacităţii de absorbţie a mineralelor. De aici reiese că solul are o limită în capacitatea sa de acumulare a substanţei organice a solului, iar stabilitatea conţinutului de substanţă organică a solului depinde de raportul dintre fracţiile stabile şi instabile a substanţei organice în sol.

Cercetările realizate în Secţia Sisteme Agricole a ICCC „Selecţia" de către Lidia Bulat au stabilit că pe variantele cu o cantitate mai mare de resturi vegetale şi îngrăşăminte organice se acumulează o cantitate mai mare de substanţă organică în diferite agregate structurale cu dimensiuni de 0,5; 1 şi 3 mm [32]. Aceasta demonstrează că fluxul sistematic de resturi vegetale şi îngrăşăminte organice permite de a cimenta microagregatele în macroagregate structurale, asigurînd hidrostabilitatea şi rezistenţa lor la acţiunea destructivă a proceselor de lucrare mecanică a solului şi la eroziunea prin apă şi de vînt. Capacitatea substanţei organice, formată din diferite resturi vegetale, de a cimenta agregatele structurale depinde de componenţa biochimică a acestora şi a îngrăşămintelor organice (fapt menţionat anterior).

Pentru solurile cernoziomice cele mai preţioase din punct de vedere agronomic sînt agregatele cu dimensiunile de 0,25-3 mm [27]. Pragul superior în conţinutul de agregate structurale hidrostabile este considerat 75-80%. Un conţinut mai mare de astfel de agregate duce la majorarea porozităţii şi folosirii iraționale a apei prin evaporare.

Formarea agregatelor structurale se desfăşoară cu mult mai lent decît deteriorarea lor. Formarea agregatelor structurale cu dimensiuni de 2 mm pe pajişti la nivel de 30-35% are loc timp de 7-8 ani, pe cînd distrugerea lor de la 30% pînă la 5-7% la desţelenirea solurilor virgine are loc timp de 1-2 ani [112]. Pe solurile structurate plantele consumă mai puţină energie pentru pătrunderea în sol a rădăcinilor în căutarea apei şi a nutriţiei minerale. Pentru condiţiile de stepă importanţa structurii solului în reglementarea regimului hidric este de neapreciat.

Cercetătorii americani au stabilit că condiţiile de formare a agregatelor structurale sînt cu mult mai favorabile în asolament cu ierburi perene, decît în cultura permanentă a porumbului deşi cuantificarea acestei afirmaţii nu întotdeauna este un lucru simplu [124].

Cu cît diversitatea culturilor în asolament este mai mare, cu atît influenţa benefică asupra solului este mai evidentă. Bineînţeles că rolul primordial în aceste schimbări le aparţine proceselor microbiologice din sol. Power de la Universitatea din Lincoln, Nebraska a stabilit că rotaţia: porumb – soia asigură o recoltă mai mare de porumb şi soia, dar din cauza unei cantităţi mai mici de resturi vegetale lăsate în sol de cultura soia această rotaţie contribuie la o degradare

mai mare a structurii solului decît cultivarea în cultura permanentă a porumbului pe fond fertilizat [136]. Putem presupune că asolamentele de scurtă durată cu folosirea îngrăşămintelor minerale, în lipsa unei cantităţi suficiente de îngrăşăminte organice şi resturi vegetale, vor contribui la deteriorarea structurii solului.

Compararea diferitor sisteme de agricultură, inclusiv a sistemelor alternative, în condiţiile Platoului Mare din SUA a evidenţiat prioritatea sistemelor alternative de agricultură bazate pe aplicarea asolamentelor cu o diversitate mai mare de culturi (asolament cu 5 cîmpuri) cu folosirea sistemelor minime de lucrare a solului şi a fertilizanţilor organici. Compararea a fost efectuată cu rotaţia tipică pentru această regiune: porumb – soia pe fondul lucrării minime a solului [124]. Minimalizarea lucrării solului fără încorporarea unei cantităţi suficiente de resturi vegetale şi îngrăşăminte organice în sol nu poate ameliora semnificativ proprietăţile agrofizice ale solului.

În condiţiile statului Washington Reganold I. a determinat o structură mai bună a solului în lipsa fertilizării minerale şi cu o cantitate redusă de pesticide comparativ cu sistemul convenţional de agricultură cu folosirea îngrăşămintelor minerale şi a pesticidelor [137].

Rolul culturilor perene, îndeosebi a amestecului de lucernă cu culturi graminee, este determinantă în formarea structurii solului pe întreg profilul lui. Culturile anuale, îndeosebi amestecul lor (borceagul), influenţează benefic asupra structurii solului, însă într-o măsură mai mică din cauza unei mase de rădăcini mai mici şi a duratei de vegetaţie (de interacţiune cu solul) mai scurte. Ogorul negru contribuie în cea mai mare măsură la deteriorarea structurii solului [58, 63].

După impactul pozitiv asupra structurii solului culturile pot fi amplasate în următoarea ordine descrescîndă: amestecul de ierburi leguminoase şi graminee perene – amestecul de ierburi anuale (leguminoase şi graminee) – culturile cerealiere de toamnă – porumbul – culturile cerealiere şi leguminoase de primăvară – inul – cartoful – sfecla de zahăr şi alte culturi rădăcinoase [58]. Această ordine poate fi modificată în dependenţă de structura suprafeţelor de însămînţare.

De rînd cu influenţa culturilor, nu mai puţin important este impactul deteriorator asupra structurii solului, a lucrărilor intense a solului, irigării, tasării solului cu maşinile grele, dozelor înalte de îngrăşăminte minerale ş.a.

Structura solului poate fi deteriorată sub influenţa a trei grupe de factori:

a. Factorii mecanici: lucrarea solului, picăturile de ploaie şi grindină pe suprafaţa nemodificată a solului, îngheţurile ş.a.

b. Factorii fizico-chimici: variaţia umidităţii, folosirea îngrăşămintelor fiziologic acide, componenţa cationilor din complexul absorbtiv a solului;
c. Factorii biologici: microorganismele aerobe descompun substanţa organică a solului, inclusiv formele stabile. Produsele de descompunere a substanţei organice a solului joacă un rol dublu în sol – formarea, dar şi degradarea agregatelor structurale ale solului [86].

Motivul de bază a pierderii fertilităţii solului desţelenit constă în distrugerea agregatelor structurale, pierderea structurii.

Starea structurală a solului influenţează rezerva de apă accesibilă. Culturile consumă o cantitate diferită de apă. La rîndul său, rezerva de apă în sol exercită o influenţă directă asupra structurii solului şi a altor proprietăţi agrofizice.

Cantitatea sumară de apă din sol folosită în perioada de vegetaţie este determinată de producţia obţinută şi coeficientul de utilizare a apei (consumul de apă pentru formarea unei unităţi de masă uscată). Culturile cu un coeficient înalt de utilizare a apei şi cu o perioadă mai lungă de vegetaţie, prezintă dezavantaje în calitate de premergător pentru culturile cerealiere de toamnă. La semănat rezervele de apă în sol pot limita obţinerea unei germinaţii uniforme şi înfrăţirii plantelor în toamnă.

Nu mai puţin importantă este utilizarea apei din diferite straturi de sol la diferite culturi. Grîul de toamnă foloseşte apa din primul metru de sol şi parţial din al doilea metru de sol. Sfecla de zahăr şi floarea-soarelui folosesc apa preponderent din straturile mai adînci ale solului [32, 58].

Alternarea corectă a culturilor în cadrul asolamentului permite de a diminua efectul negativ al deficitului de apă, îndeosebi în anii secetoşi.

b) Sistemul de fertilizare a solului

Proprietăţile agrofizice ale solului sînt influenţate preponderent de substanţa organică a solului.

Fondatorul agrochimiei moderne Justus von Liebig, diferenţia influenţa fertilizanţilor organici şi minerali asupra solului şi nivelului de producţie. Liebig considera că un nivel înalt de producţie într-o gospodărie sau într-o întreagă ţară nu poate servi ca mărturie despre un model raţional de gospodărire. Aceasta reieşea din faptul că odată cu obţinerea produselor agricole în cîmp producătorul agricol lipseşte solul şi cîmpul de condiţiile necesare pentru reproducerea recoltelor [67]. Liebig aprecia înalt rolul ierburilor perene în asolament, iar excluderea lor din asolament fiind cea mai sigură cale de sărăcire a oricărei naţiuni. Paralel cu ierburile perene în

asolament s-a studiat şi utilizarea gunoiului de grajd în calitate de sursă de restabilire a fertilităţii solului. Îmbinarea ierburilor perene în asolament cu folosirea gunoiului de grajd este calea de bază în reproducerea fertilităţii solului [73].

Indicele integral al fertilităţii solului este substanţa organică a solului [29, 50, 63]. Multiplele cercetări confirmă că în lipsa îngrăşămintelor (martorul absolut), are loc reducerea conţinutului de substanţă organică a solului [40, 49, 72]. Referitor la influenţa îngrăşămintelor asupra substanţei organice a solului părerea savanţilor este diferită. Unii consideră că datorită unei cantităţi mai mari de resturi vegetale acumulate în sol, ca rezultat al majorării nivelului de producţie, îngrăşămintele minerale sînt capabile să menţină conţinutul de substanţă organică în sol [72]. Alţii consideră că îngrăşămintele minerale nu sînt în stare să menţină conţinutul de substanţă organică în sol, reieşind din creşterea neproporţională a producţiei şi a cantităţii de resturi vegetale lăsate în sol [59].

Rezultatele ştiinţifice obţinute recent în experienţele de cîmp de lungă durată în statul Illinois, SUA, au demonstrat foarte convingător despre incapacitatea sistemului mineral de fertilizare de a menţine conţinutul de azot total pe întreg profil al solului. Experienţa de cîmp de lungă durată din Illinois este una din cele mai vechi în lume. După 50 de ani de aplicare a îngrăşămintelor minerale în doze care depăşeau cantitatea de azot extrasă cu producţia, conţinutul de azot total pe întreg profilul solului s-a redus dramatic [134]. Cercetările anterioare în SUA au evidenţiat stimularea mineralizării resturilor vegetale în sol sub influenţa îngrăşămintelor minerale cu azot [102]. Declinul în conţinutul de azot total are loc concomitent cu reducerea conţinutului de carbon total. O legitate asemănătoare a fost observată în experienţele de cîmp de lungă durată a ICCC „Selecţia” cu studierea diferitor sisteme de fertilizare în asolament [3]. Micşorarea conţinutului de substanţă organică în sol este un lucru firesc, deoarece, în pofida aplicării dozelor optime de fertilizare minerală, producţia culturilor agricole este formată la 75-97% datorită fertilităţii solului [32]. Cu alte cuvinte, plantele „preferă” azotul solului pentru formarea roadei [32, 134]. În timpul descompunerii substanţei organice a solului, inclusiv a resturilor vegetale o cantitate enormă de carbon se eliberează în timpul proceselor de metabolism a microorganismelor din sol [119]. Descompunerea resturilor vegetale şi a îngrăşămintelor organice în sol influenţează asupra proprietăţilor agrofizice ale solului. Proprietăţile agrofizice existente ale solului cît şi alte procedee agrotehnice (lucrarea şi irigarea solului), influenţează procesele de descompunere a resturilor vegetale.

Reducerea conţinutului azotului total în sol a contribuit la diminuarea productivităţii culturilor sau stabilizarea producţiilor. Cercetătorii din diferite ţări propun diversificarea

producerii agricole cu trecerea treptată de la inputurile de N sintetic la asolamente cu folosirea azotului fixat de culturile leguminoase [106].

Activitatea microbiologică a solului este dependentă de cantitatea şi calitatea materialului energetic şi de proprietăţile agrofizice ale solului. Într-un sol structurat apa se acumulează mai bine şi se mişcă printre macropori. Există pericolul de levigare a nitraţilor în straturile inferioare ale profilului solului, în special, atunci cînd cantitatea de azot aplicată depăşeşte cantitatea necesară plantelor [116].

O practică agricolă durabilă este bazată pe managementul corect al substanţei organice a solului, care influenţează integral asupra proprietăţilor agrofizice, agrochimice şi biologice a solului. Sistemele alternative de agricultură sînt bazate pe diversificarea culturilor în cadrul asolamentului în ansamblu cu integrarea sectoarelor zootehnice şi a fitotehniei pentru asigurarea unui circuit mai deplin al nutrienţilor şi al energiei în fiecare gospodărie.

Cercetările efectuate la ICCC „Selecţia", au demonstrat că includerea ierburilor perene în asolament nu permite compensarea pierderilor anuale de substanţă organică a solului în rezultatul mineralizării. Compensarea deficitului de substanţă organică a solului devine posibilă doar la folosirea suplimentară a gunoiului de grajd [32]. Importanţa gunoiului de grajd în calitate de îngrăşămînt organic constă nu numai în compensarea deficitului de substanţă organică în sol, dar şi în formarea unei rezerve de materie organică activă, capabilă să amelioreze proprietăţile agrofizice ale solului [116]. Alternarea culturilor este principial de importantă în perioada de tranziţie de la sistemul convenţional de agricultură la cel durabil, inclusiv ecologic, cu aplicarea doar a îngrăşămintelor organice.

Îngrăşămintele organice, care sînt benefice pentru acumularea substanţei organice în sol, sînt o parte componentă a sistemului de agricultură durabilă. În vederea asigurării unei agriculturi durabile pentru viitor, prioritate va avea acel sistem agricol care va depinde mai puţin de sursele energetice nerenovabile pentru sinteza îngrăşămintelor minerale, în special de azot, şi transportarea lor la depărtări mari [116, 117]. Stabilirea modalităţilor de reducere a folosirii nutrienţilor chimici de către plante, serveşte ca o şansă de reducere a poluării apei subterane şi produselor alimentare.

Cercetările ICCC „Selecţia" au demonstrat că îngrăşămintele reduc viteza de mineralizare a substanţei organice a solului comparativ cu martorul absolut [105, 106]. Date similare au fost obţinute în experienţa de lungă durată din Rotamsted, Marea Britanie [139]. Reducerea vitezei de descompunere a substanţei organice a solului are loc ca rezultat al unei cantităţi mai mari de rădăcini restituite în sol pe fond fertilizat. Însăşi îngrăşămintele minerale cu azot sînt o sursă neesenţială de acumulare a azotului în sol. După datele lui Powlson D., îngrăşămintele minerale

cu azot pe parcursul utilizării timp de un secol au contribuit la acumularea doar a 3% azot în formă de azot organic (total) [139]. Mineralizarea materiei organice a solului sub influenţa îngrăşămintelor minerale are loc nu numai în stratul 0-20 cm, dar pînă la 60-70 cm adîncime. Cercetările recente în experienţele de cîmp de lungă durată au demonstrat că de la 21% pînă la 38% din cantitatea totală de azot mineralizată se formează în perioada lunilor de iarnă (noiembrie – februarie) [139]. Aceasta actualizează problema levigării nitraţilor în straturile mai adînci ale solului.

Îngrăşămintele organice contribuie la acumularea substanţei organice în sol, însă viteza de acumulare depinde de structura suprafeţelor de însămînţare (ponderea culturilor prăşitoare şi a ogorului negru), dozele aplicate de îngrăşăminte organice, condiţiile climaterice, starea fracţiei coloidale a solului ş.a. [29, 50]. După desţelenirea solului humificarea gunoiului de grajd diferă în diferite perioade. Acumularea mai intensă a humusului are loc în primii ani după încorporarea lui în sol, dar scade brusc în următorii ani. În condiţiile unor măsuri agrotehnice constante se stabileşte un echilibru dintre sinteza şi descompunerea materiei organice a solului [94].

Un şir de cercetători presupun că aplicarea îngrăşămintelor minerale modifică considerabil proprietăţile hidrofizice. Se observă o influenţă pozitivă care se explică prin faptul că are loc acumularea mai mare a resturilor vegetale în variantele fertilizate care asigură un bilanţ pozitiv al substanţei organice a solului [71].

Cercetările şi practica agricolă au stabilit că folosirea în comun a îngrăşămintelor organice şi minerale contribuie, în cea mai mare măsură la acumularea substanţei organice în sol, la ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului şi sporirea nivelului de producţie [63, 144]. Aceasta serveşte ca o practică obligatorie pentru agricultura modernă în vederea restabilirii fertilităţii solului. Toate îngrăşămintele organice, inclusiv paiele, rumeguşul de lemn ş.a. sînt destul de valoroase.

Prezintă interes rezultatele experienţelor efectuate în condiţii de cîmp pe solurile din regiunea Moscovei, Rusia cu folosirea dozelor majorate de îngrăşăminte organice [59, 60, 61]. A fost înregistrată o creştere a nivelului de producţie a diferitor culturi la aplicarea în comun a îngrăşămintelor organice şi minerale. De obicei, se consideră că gunoiul de grajd serveşte drept sursă de elemente nutritive pentru plante, însă în cazul aplicării unor doze mai mari de îngrăşăminte minerale pe fondul îngrăşămintelor organice, ponderea elementelor nutritive din gunoiul de grajd comparativ cu cantitatea totală de elemente nutritive introdusă în sol se micşorează pînă la valori nesemnificative, care pot fi neglijate. Alţi cercetători consideră că sporul de producţie de la aplicarea în comun a îngrăşămintelor organice şi minerale se datorează unui conţinut mai înalt de microelemente în gunoiul de grajd. Pentru solurile studiate din

gospodăria didactică „Mihailovshoie”, raionul Podolisk, regiunea Moscova, microelementele n-au fost factorul limitativ [63]. În afară de gunoi de grajd în experienţă au fost folosite şi alte îngrăşăminte organice: turbă, paiele, rumeguşul de lemn, masa verde de lucernă. În primul an recoltele de cartof pe fondul cu îngrăşăminte minerale şi masă verde de lucernă, în calitate de îngrăşământ verde, a crescut cu 7-11% comparativ cu fondul nefertilizat. Paiele şi rumeguşul au redus nivelul de producţie, inclusiv pe fondul cu doza dublă de NPK (cu 25-17%). La al doilea an de experimentare, la aplicarea aceleiaşi doze crescînde de îngrăşăminte minerale, efectul masei verzi de lucernă a scăzut considerabil, iar efectul paielor, turbei şi a rumeguşului, au crescut considerabil. S-a constatat un spor de producţie, în special, pe fondul acestor îngrăşăminte organice la aplicarea dozelor majorate de îngrăşăminte minerale. Materialul organic inert, cu un raport foarte larg dintre C/N, asigură o eficacitate mai înaltă a îngrăşămintelor minerale. Rezultatele obţinute confirmă rolul indirect al îngrăşămintelor organice, care se manifestă prin ameliorarea proprietăţilor agrofizice şi biologice ale solului, dar mai puţin în calitate de sursă directă de nutriţie a plantelor [62, 63, 76, 110].

Rezultate similare au fost obţinute de cercetătorii francezi Barbier I., Chaminade R. [108, 133], care indică rolul fiziologic – biochimic al substanţei organice în sol [29, 51, 98]. Chaminade R. a testat dozele crescînde de îngrăşăminte minerale pe soluri sărace în substanţa organică şi cu adăugarea a 2% de materie organică în formă de turbă. Cercetătorul a stabilit că în lipsa substanţelor organice dozele crescînde de îngrăşăminte minerale asigură un spor de producţie pînă la un anumit nivel, apoi recoltele scad sau se stabilizează. Prezenţa substanţei organice, inclusiv în formă de turbă, permite creşterea absolută a nivelului de producţie fără a schimba legitatea menţionată. Extrasul de elemente nutritive cu producţia este mai înalt în prezenţa substanţei organice, inclusiv în formă de substanţe humice. O astfel de influenţă este determinată de rolul fiziologic – biochimic al substanţelor humice.

Aceeaşi legitate a fost observată la majorarea dozelor de îngrăşăminte minerale pe fondul solurilor cu conţinut sporit de substanţă organică în sol. Majorarea conţinutului de substanţă organică în sol de 2-3 ori a contribuit la creşterea recuperării îngrăşămintelor minerale de 2 ori [63]. Pe variantele cu fertilizare organică ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului contribuie în timp la o variaţie mai mică pe ani a producţiei culturilor cerealiere. Dacă variaţia recoltelor culturilor pe parcelele fertilizate cu îngrăşăminte minerale şi fără fertilizare în experienţele de lungă durată din Moscova au constituit 45,8-46,6%, apoi pe variantele cu fertilizare organică – 30,8% [63].

Aceeaşi tendinţă a fost constatată în experienţele de lungă durată a ICCC „Selecţia” la aplicarea diferitor sisteme de fertilizare în asolament [3]. În experienţa de lungă durată cu

agricultura ecologică a Secţiei Sisteme Agricole la aplicarea suplimentară a resturilor vegetale de grîu, orz şi porumb observăm un nivel de producţie mai înalt la majoritatea culturilor, în special în anii secetoşi. Presupunem că acest lucru se datorează ameliorării proprietăţilor agrofizice ale solului, inclusiv a capacităţii de acumulare a apei, fapt ce contribuie la o asigurare mai bună cu apă a plantelor. Rolul îngrăşămintelor organice în ameliorarea proprietăţilor agrofizice a solului este benefică, confirmată de opiniile diferitor cercetători, care în acest aspect sînt mai puţin contradictorii [71].

Pe solurile cu textură grea, comparativ cu cele cu textură uşoară, efectul îngrăşămintelor organice creşte [36]. Majorarea dozelor de îngrăşăminte organice pe solurile uşoare poate contribui la o influenţă mai pronunţată asupra proprietăţilor agrofizice ale solului.

După părerea lui Kuk D.U. (1970) gunoiul de grajd facilitează calitatea lucrării solului prin fărîmiţarea bolovanilor, corectarea greşelilor efectuate la lucrarea necalitativă şi fără respectarea termenilor optimi [56].

În literatura de specialitate pot fi găsite şi date experimentale referitor la influenţa negativă a gunoiului de grajd asupra solului şi a productivităţii plantelor [71]. Seneavchi A.L. consideră că acţiunea pozitivă a gunoiului de grajd asupra proprietăţilor agrofizice poate fi obţinută doar în cazul unui bilanţ pozitiv sau nedeficitar de substanţă organică a solului [100]. Cu regret problema influenţei îngrăşămintelor organice asupra proprietăţilor agrofizice a solului rămîne puţin studiată.

Cercetările efectuate în Ucraina, pe cernoziom podzolit, au demonstrat că peste 20 de ani structura şi hidrostabilitatea agregatelor la administrarea sistematică a îngrăşămintelor s-a majorat. Iar la finele experienţei la perioada de 50 de ani diferenţa era neînsemnată. Practic nu s-au schimbat aşa indicatori ca: densitatea, porozitatea şi capacitatea de penetrare a aerului. Administrarea sistematică a îngrăşămintelor organice şi minerale acţionează puţin pozitiv asupra structurii şi hidrostabilităţii solului. În orice caz, înrăutăţirea proprietăţilor agrofizice sub influenţa îngrăşămintelor minerale şi a celor organice în timp de 50 de ani nu s-a evidenţiat.
[70].

Medvedev V.V. a studiat diferiţi indicatori ai proprietăţilor agrofizice ale solului de cernoziom pe fond fertilizat cu gunoi de grajd, comparativ cu fondul nefertilizat. În majoritatea cazurilor diferenţele au fost neesenţiale, dar cu tendinţa de ameliorare a lor [71]. Autorul conclude că, influenţa pozitivă a gunoiului de grajd asupra proprietăţilor agrofizice ale solului este cu mult mai mare decît influenţa lui negativă. Menţionăm că administrarea a 80 t/ha de gunoi de grajd pe solurile de cernoziom, treptat în doze mai mici nu a contribuit la majorarea conţinutului de substanţă organică a solului, iar folosirea aceleiaşi doze la o singură încorporare

în sol a dus la majorarea conţinutului de substanţă organică în sol. După părerea noastră majorarea dozelor de gunoi de grajd creşte pericolul pierderilor nejustificate de azot şi scade coeficientul de humificare a gunoiului de grajd [31].

Datele experimentale expuse anterior permit de a presupune o schimbare relativ mică a proprietăţilor agrofizice ale solurilor de cernoziom, ca rezultat al bilanţului deficitar de materie organică în sol.

Kudzin, în experienţele de lungă durată cu diferite sisteme de fertilizare pe cernoziomul Institutului de Ameliorare şi Producere a Seminţelor din Mironovka (Ukraina), a stabilit prioritatea sistemului organic şi organo-mineral de fertilizare asupra proprietăţilor agrofizice ale solului comparativ cu martorul absolut, nefertilizat şi sistemul mineral de fertilizare [89]. Densitatea aparentă a solului pe variantele nefertilizate şi fertilizate cu îngrăşăminte minerale a constituit 1,25 şi 1,26 g/cm^3, iar pe cele cu fertilizare organică şi organo-minerală – 1,18 şi 1,20 g/cm^3, corespunzător. Porozitatea solului a constituit pe variantele nefertilizate şi fertilizate cu gunoi de grajd + NPK – 52,9 şi 52,1%, iar pe variantele nefertilizate şi fertilizate cu îngrăşăminte minerale – 47,7 şi 49,6%, corespunzător.

După capacitatea de penetrare a apei s-au evidenţiat parcelele fertilizate cu gunoi de grajd – 13,43 mm/oră/cm^2, fiind cu mult mai înaltă decît pe variantele cu fertilizare organo-minerală (9,83) şi îndeosebi cu fertilizarea minerală (3,51) şi cele nefertilizate (3,19).

Analogic cazurilor menţionate anterior, gunoiul de grajd acţionează semnificativ asupra proprietăţilor agrofizice ale solului doar la folosirea lui în doze mari – 50 şi 100 t/ha.

Un aspect foarte important, care este subapreciat în agricultura modernă este rezistenţa opusă de către sol uneltelor de lucrare a solului. Cartografierea cîmpurilor din experienţele de cîmp de lungă durată din Rotamsted au stabilit că parcelele fertilizate cu gunoi de grajd opun o rezistenţă mai mică uneltelor de lucru a solului, comparativ cu parcelele nefertilizate sau fertilizate cu îngrăşăminte minerale [36]. Date analogice au fost obţinute în experienţa de cîmp de lungă durată la Academia Agricolă „K.A. Timireazev” din Moscova [58].

Considerăm acest aspect destul de important în condiţiile deficitului anual crescînd necompensat de substanţă organică a solului. Am acordat o atenţie deosebită studierii experimentale a problemei în cauză. Este important de a stabili corect nu numai metoda, periodicitatea şi adîncimea lucrării solului, dar şi evaluarea stării solului în vederea reducerii cheltuielilor neargumentate de combustibil la lucrarea lui. Problema capătă o amploare şi mai mare în legătură cu extinderea masivă, în ultimii ani, a sistemului conservativ de agricultură.

c) Sistemul de lucrarea a solului

Comparativ cu alternarea culturilor (prin intermediul resturilor vegetale) şi fertilizarea solului lucrarea solului nu introduce nimic în sol [91]. Ea poate doar redistribui cele încorporate în sol.

În acest sens lucrarea solului, este cel mai agresiv procedeu agrotehnic asupra fertilităţii solului [2]. Drept mărturie serveşte scăderea bruscă a conţinutului de substanţă organică în solurile recent desţelenite. Viteza de mineralizare a substanţei organice a solului scade treptat cu anii din cauza epuizării fracţiei labile a substanţei organice a solului. Arderea resturilor vegetale şi a paielor duce atît la reducerea conţinutului substanţei organice a solului, cît şi la deteriorarea proprietăţilor agrofizice [127]. Arderea resturilor vegetale ale culturilor cerealiere spicoase în statul Kansas, SUA a condiţionat reducerea capacităţii de infiltrare a apei în sol, care, la rîndul său, a favorizat scurgerea la suprafaţă a apei şi eroziunea solului [128].

Păstrarea resturilor vegetale la suprafaţa solului prin aplicarea sistemului conservativ de agricultură reduce pericolul formării crustei la suprafaţa solului, sporeşte infiltrarea apei în sol, reduce scurgerea apei la suprafaţă şi pierderile erozionale cu majorarea concomitentă a nivelului de producţie [146, 147]. Resturile vegetale la suprafaţa solului reduc pierderea evaporaţională de apă productivă din sol [127]. O astfel de diferenţă nu poate fi determinată în cazul unei cantităţi insuficiente de resturi vegetale lăsate la suprafaţa solului sau în cazul unei durate destul de îndelungate cu lipsă de precipitaţii.

Lipsa sau folosirea insuficientă a îngrăşămintelor organice în asolament cu folosirea tehnicii agricole grele, provoacă compactarea solurilor, care necesită afînarea lor prin arătură. Arătura contribuie la dehumificarea solurilor şi compactarea lor ulterioară la adîncimi şi mai mari. Astfel, mecanizarea agriculturii a creat un cerc vicios care nu poate fi depăşit doar prin lucrarea solului. Problema necesită o abordare sistemică, dar nu reducţionistă (simplistă).

Soluţionarea concomitentă a problemei productivităţii culturilor şi a menţinerii fertilităţii solului nu poate fi asigurată nici în baza efectuării arăturii prea frecvente în asolament, nici în baza refuzului total de arătură în asolament [2].

Soluţia este minimalizarea lucrărilor solului şi refuzul de răsturnarea brazdei, dar cu condiţia majorării vitalităţii solului, adică a creării condiţiilor favorabile pentru biota solului, inclusiv a rîmelor de ploaie capabile să afîneze suficient solul.

Omul nu poate schimba textura solului. De asemenea, nu pot fi schimbate nici legităţile proceselor de solificare a cernoziomurilor în condiţii de stepă. Prin managementul corect al substanţei organice a solului omul poate schimba proprietăţile agronomic favorabile ale solului. Structura solului şi stabilitatea agregatelor sînt printre acele proprietăţi foarte valoroase pentru

agricultura modernă. Lucrarea solului în stare umedă contribuie atît la compactarea lui, cît şi la deteriorarea structurii. Pentru managementul corect în calitate de model al solurilor trebuie să servească ecosistemele naturale [118, 123]. Cu cît culturile sînt mai productive şi mai diverse, cu atît mai multă materie organică este restituită în sol şi mai mică este deteriorarea acesteia. Cu cît condiţiile pentru acumularea materiei organice în sol sînt mai favorabile, cu atît şi ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului sînt mai eficiente. Rolul central în formarea solurilor le revine plantelor – vegetaţiei, aşa că alegerea corectă a speciilor de plante, inclusiv a soiurilor şi hibrizilor în cadrul fiecărei specii, alternarea lor în cadrul asolamentelor, sînt cruciale în eficientizarea măsurilor agrotehnice.

La moment sistemul conservativ de agricultură se consideră unul dintre cele mai progresiste în lume în vederea asigurării unei dezvoltări durabile a agriculturii [104, 109, 129]. Minimalizarea lucrări solului, inclusiv a sistemului No-Till este necesar să fie bine armonizată cu întreg asolamentul şi cu folosirea culturilor succesive în asolament.

Lipsa teoriei lucrării solului complică argumentarea şi aplicarea unui sistem raţional de lucrare a solului. Situaţia se complică din cauza complexităţii şi a naturii contradictorii a acestui procedeu, care dispune de un şir de avantaje şi dezavantaje. Eficacitatea lucrării solului este determinată şi de condiţiile climaterice şi pedologice în cadrul aceleiaşi regiuni. Nu întîmplător, discuţiile pe marginea problemei de a folosi arătura cu plug cu cormană sau de a o evita continuă pe parcursul a mai bine de un secol [45, 51, 62, 73, 77, 83, 91, 95].

Viliams V.R. considera arătura anuală obligatorie, reieşind din faptul că culturile anuale contribuie la deteriorarea structurii solului [35]. Argumentul de bază conta în faptul că structura solului se deteriorează în stratul 0-10 cm, iar în stratul 10-20 cm se îmbunătăţeşte, ceea ce impune necesitatea schimbării lor cu locul.

În timp au fost acumulate date ştiinţifice care nu confirmau această afirmaţie. Lebedeanţev A. N. a stabilit diferenţierea stratului arabil după fertilitate pentru solurile cernoziomice. Conform rezultatelor analizelor probelor de sol, stratul superficial dispune de o fertilitate mai înaltă comparativ cu straturile inferioare din cauza influenţei benefice a resturilor organice (razelor solare) [52]. Aceleaşi argumente erau folosite de Ovsinschi I., care a activat în partea de Nord a Basarabiei (s. Grinăuţi, r-nul Ocniţa), însă gradul înalt de infestare cu buruieni a stopat răspîndirea acestui procedeu agrotehnic în practica de producere. Ideea refuzului de arătură cu plugul cu cormană a fost promovată de Maliţev T.S. şi Baraev A.I. [71]. Această idee capătă a doua viaţă în agricultura modernă, odată cu apariţia erbicidelor în combaterea buruienilor [78].

Rolul lucrării solului constă nu numai în optimizarea proprietăţilor agrofizice, dar şi în crearea condiţiilor pentru folosirea eficientă a îngrăşămintelor, ameliorarea stării fitosanitare a semănăturilor, protecţia solului de eroziune, reducerea pericolului secetei, reducerea cheltuielilor energetice ş.a.

Reieşind din avantajele şi dezavantajele diferitor procedee de lucrare a solului mulţi cercetători consideră oportună îmbinarea acestor procedee cu întoarcerea şi fără întoarcerea brazdei sub diferite culturi în cadrul asolamentului [28, 34, 47, 88].

Degradarea proprietăţilor agrofizice ale solului, sub influenţa arăturii, are loc preponderent, din cauza descompunerii materiei organice a solului [48]. Concomitent cu reducerea rezervelor de substanţă organică a solului în straturile superficiale şi adînci, are loc schimbarea calităţii humusului prin majorarea mobilităţii lui, adică lărgirea conţinutului fracţiilor nestabile de substanţă organică. Influenţa negativă asupra proprietăţilor agrofizice ale solului creşte la aplicarea tractoarelor şi a maşinilor agricole grele. Astfel, densitatea aparentă a solului în lipsa trecerii pe cîmp a tractorului a constituit 1,07 g/cm^3, iar după o trecere cu tractorul K-700 – 1,23 g/cm^3, după 4 treceri – 1,29 g/cm^3, iar după 6 treceri – 1,33g/cm^3 [28]. Corespunzător, scade şi permeabilitatea apei în sol.

Cu cît solul este mai bogat în substanţă organică şi resturi vegetale, cu atît influenţa negativă a metodelor de lucrare şi frecvenţa trecerii pe cîmp a agregatelor grele scade. Majorarea conţinutului de substanţă organică în sol necesită atenţie nu numai ca o modalitate de ameliorare a proprietăţilor agrofizice ale solului, dar şi ca o posibilitate de reducere a cheltuielilor la lucrarea lui, reducere a proceselor de degradare a cernoziomurilor şi de adaptare la tendinţele de deşertificare a terenurilor.

d) Interacţiunea rotaţiei culturilor, lucrării şi fertilizării solului în asolament

Măsurile agrotehnice de bază: rotaţia culturilor, lucrarea şi fertilizarea solului pot asigura cea mai înaltă eficacitate doar în cazul îmbinării lor optime în cadrul asolamentului. Acest principiu este fundamental, în special, pentru tranziţia spre un sistem de agricultură durabilă, inclusiv ecologică.

Respectarea întregului sistem de agricultură este benefic nu numai sub aspectul ameliorării proprietăţilor agrofizice ale solului, dar şi a proprietăţilor agrochimice şi biologice ale solului. Ele vor contribui la un nivel de producţie mai înalt şi la o eficacitate mai înaltă de folosire a inputurilor în agricultură. Se va ţine cont şi de influenţa condiţiilor climaterice asupra acţiunii şi interacţiunii părţilor componente ale sistemului de agricultură. Nu mai puţin important

este că fiecare gospodărie are condiţiile sale specifice, de aceea rezultatele obţinute în unele condiţii nu întotdeauna sînt valabile pentru alte condiţii.

Prezentăm unele concluzii formulate de Gunter Kant privind acţiunea şi interacţiunea rotaţiei culturilor, sistemelor de lucrare şi fertilizare [40].

✓ folosirea dozelor majorate de îngrăşăminte minerale nu este raţională în cazul efectuării arăturii, comparativ cu lucrarea solului fără întoarcerea brazdei;

✓ minimalizarea lucrării solului a contribuit la reducerea fluctuaţiilor în nivelul de producţie obţinut pentru diferite gospodării agricole;

✓ erorile admise în alegerea premergătorilor pentru diferite culturi nu pot fi compensate cu excesul de îngrăşăminte minerale şi pesticide pentru combaterea bolilor, dăunătorilor şi a buruienilor;

✓ „asolamentul nesănătos" împreună cu lucrarea incorectă a solului nu pot fi compensate totalmente cu substanţe chimice;

✓ dozele de azot din îngrăşămintele chimice sînt neeficiente în asolament cu capacitate înaltă de fixare a azotului biologic;

✓ alegerea corectă a rotaţiei culturilor şi sistemului de lucrare a solului în asolament permit reducerea problemelor legate de atacul bolilor, dăunătorilor şi buruienilor;

✓ autorul nu recomandă excluderea arăturii, dar admite folosirea ei periodică în asolament, în dependenţă de textura solului, reacţia culturilor, folosirea îngrăşămintelor organice etc.

Datele experimentale obţinute în experienţa polifactorială a ICCC „Selecţia" cu studierea acţiunii şi interacţiunii culturilor, sistemelor de lucrare şi fertilizare a solului în asolament au demonstrat foarte convingător posibilitatea reducerii cheltuielilor legate de folosirea îngrăşămintelor minerale şi a substanţelor chimice pentru combaterea bolilor, dăunătorilor şi buruienilor în cazul includerii amestecului de ierburi leguminoase şi graminee în asolament [26].

Medvedev V.V. a efectuat o serie de experienţe de cîmp şi în condiţii de laborator pentru modelarea proprietăţilor agrofizice ale solurilor de cernoziom. Printre parametrii care au stat la bază optimizării indicilor agrofizici ai solului au fost: structura solului şi densitatea aparentă. A fost stabilit că cea mai bună structură a solului după raportul dintre agregatele structurale de diferite dimensiuni este:

- în anii favorabili după condiţiile climaterice şi de nutriţie a plantelor: 20-5 mm – pînă la 25%; 5-0,25 mm – pînă la 60%; <0,25 mm – nu mai puţin de 15%;
- în anii nefavorabili după condiţiile climaterice şi nutriţie a plantelor: 20-5 mm – pînă la 10-15%; 5-2 mm – pînă la 20%; 2-0,25 mm – 45-60%; <0,25 mm – nu mai puţin de 1,5%.

După dimensiunea predominantă a agregatelor structurale:

- în anii favorabili – 20-0,25 mm;
- în anii nefavorabili – 5-0,25 mm [71].

În asolament densitatea aparentă optimă pentru majoritatea culturilor variază în diapazonul 1,1-1,3 g/cm^3. În acest interval, influenţa densităţii aparente a solului asupra productivităţii culturilor este nesemnificativă [71].

Realizarea acestui model optim pentru parametrii agrofizici ai solului poate fi realizat doar în cazul îmbinării rotaţiei culturilor şi sistemelor de lucrare şi fertilizare a solului în asolament. Optimizarea proprietăţilor agrofizice a solului şi a complexului de indicatori agrofizici, agrochimici şi biologici ai solului necesită modificări în sistemul de gospodărire. Aceste schimbări necesită timp şi nu întotdeauna sînt corelate cu obţinerea unui efect economic maxim. Deseori, apare necesitatea procurării noilor maşini agricole pentru implementarea unui sistem modernizat de lucrare a solului. Printre principiile de bază necesare de respectat în mişcarea spre un management durabil în agricultură menţionăm:

- folosirea asolamentelor cu amestecuri de ierburi perene leguminoase şi graminee;
- folosirea culturilor cu o masă abundentă de rădăcini;
- reîntoarcerea resturilor vegetale înapoi în sol sau la suprafaţa solului;
- compostarea resturilor vegetale pentru administrarea lor în cîmp;
- folosirea culturilor succesive şi a culturilor mixte pentru acumularea substanţei organice în sol, reducerea eroziunii solului, levigării nitraţilor etc.;
- îmbinarea fitotehniei cu ramura vităritului pentru reciclarea cît mai completă a nutrienţilor şi energiei în fiecare gospodărie prin folosirea culturilor furajere şi reîntoarcerea gunoiului de grajd în sol;
- minimalizarea lucrării solului;
- folosirea fîşiilor fertilizate şi nefertilizate pentru diferite culturi şi soluri în cadrul fiecărei gospodării pentru evaluarea eficacităţii fertilizării solului;
- monitorizarea stării fitosanitare a semănăturilor;
- lucrarea solului în perioada maturizării lui fizice.

Concomitent cu ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului, vor fi create condiţii mai favorabile pentru nutriţia plantelor, acumularea şi folosirea apei în sol, vor fi reduse problemele fitosanitare ce ţin de atacul plantelor de boli, dăunători şi buruieni [116].

1.6. Concluzii la capitolul 1

1. Analiza surselor bibliografice a permis de a evidenţia principalele proprietăţi agrofizice ale cernoziomurilor care determină starea lor de calitate: densitatea aparentă, porozitatea totală şi capilară, rezervele de apă productivă în sol, rezistenţa solului la penetrare, structura şi hidrostabilitatea agregatelor structurale ale solului ş.a.
2. Substanţa organică a solului este indicele integral al fertilităţii solului, inclusiv a cernoziomului tipic din stepa Bălţului.
3. Managementul substanţei organice a solului, prin intermediul asolamentului, lucrării şi fertilizării solului etc., permite atît ameliorarea proprietăţilor agrofizice, agrochimice şi biologice ale solului, cît şi influenţa asupra nivelului de producţiei a culturilor.
4. Se constată efectul sinergetic benefic al interacţiunii rotaţiei culturilor, sistemului de lucrare şi fertilizare, asupra stării de calitate a solului şi productivităţii culturilor în asolament. Acest efect poate servi ca bază în tranziţia spre un sistem de agricultură durabilă.
5. În prezent o atenţie insuficientă este acordată atît în cercetare, cît şi în practica agricolă la proprietăţilor agrofizice şi rolului primordial al compensării pierderilor anuale de substanţă organică în sol, în vederea ameliorării calităţii acestuia şi menţinerii sau majorării nivelului de producţie agricolă.

2. CONDIŢIILE ŞI METODELE DE CERCETARE

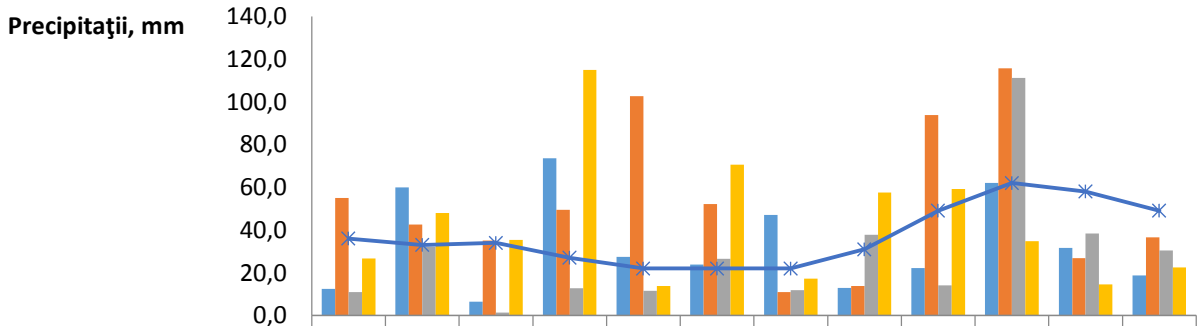
2.1. Condiţiile pedoclimaterice

Conform datelor staţiei meteorologice a IP ICCC „Selecţia” mun. Bălţi, anul agricol 2008-2009 s-a caracterizat printr-un surplus de precipitaţii (tab. 2.1.), care a constituit 79,7 mm faţă de media multianulă, cu o repartizare neuniformă pe parcursul anului şi cu un deficit de precipitaţii în primăvara anului 2009 (-19,9 mm) şi vara aceluiaşi an (-56,7 mm) (figura 2.1.).

Tabelul 2.1. Suma precipitaţiilor căzute în perioada anilor 2009-2012 conform staţiei meteorologice a IP ICCC „Selecţia”

Suma precipitaţiilor	**Anii**				
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**Media multianuală**
	524,7	605,1	463,1	347,4	445,0

În anul 2009-2010 s-a înregistrat o cantitate şi mai mare de precipitaţii căzute comparativ cu media multianuală, care a constituit 160,1 mm. Acest an agricol s-a caracterizat cu o perioadă secetoasă de toamnă care a înregistrat o cantitate mai mică de precipitaţii (-24,2 mm) faţă de media multianuală a aceleiaşi perioade.



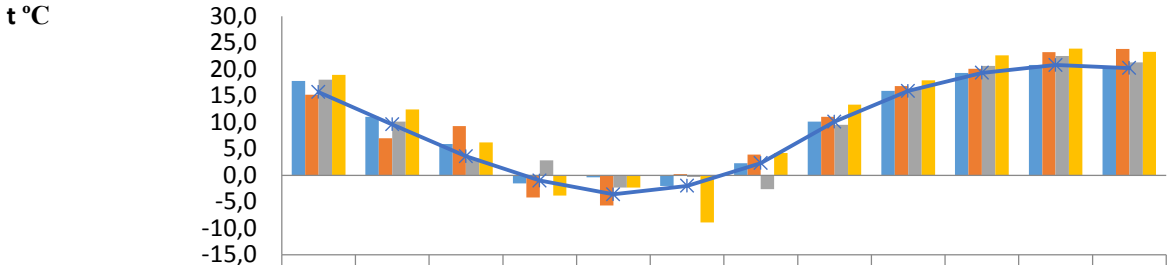
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2009	12,4	59,9	6,5	73,6	27,4	23,8	47,0	12,9	22,2	62,0	31,6	18,7
2010	55,0	42,5	35,1	49,4	102,7	52,2	11,0	13,8	93,8	115,6	26,8	36,5
2011	10,9	32,1	1,4	12,8	11,5	26,6	11,9	37,7	14,1	111,1	38,3	30,4
2012	26,7	47,9	35,4	114,9	13,8	70,5	17,3	57,6	59,2	34,7	14,6	22,5
media multianuală	36,0	33,0	34,0	27,0	22,0	22,0	22,0	31,0	49,0	62,0	58,0	49,0

Fig. 2.1. Cantitatea de precipitaţii căzute în perioada anilor 2009-2012 conform staţiei meteorologice a IP ICCC „Selecţia”

Din anii luaţi în studiu, doar anul agricol 2011-2012 îl putem considera ca un an secetos. Conform datelor staţiei meteorologice a IP ICCC „Selecţia”, acest an a înregistrat o insuficienţă de umiditate care a constituit -97,6 mm comparativ cu media multianuală (tab. 2.1.). Cele mai secetoase anotimpuri au fost cele din toamnă a anului 2011 (-58,6 mm) şi din vară a anului 2012

(-97,2 mm), care au influenţat, indicatorii agrofizici ai solului şi productivitatea culturilor de cîmp.

În anul agricol 2008-2009 temperatura medie a aerului a constituit +10,7ºC (figura 2.2.), comparativ cu +1,5ºC mai mare comparativ ca media multianuală (+9,2ºC). Primăvara temperatura a fost mai înaltă, iar cantitatea de precipitaţii a fost mai mică în timpul verii, comparativ cu media multianuală.



	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2009	17,8	11,0	5,9	-1,5	-0,4	-2,0	2,3	10,1	15,9	19,3	20,8	20,2
2010	15,2	7,0	9,3	-4,2	-5,7	0,2	3,9	11,0	16,8	20,1	23,2	23,8
2011	18,0	10,1	3,2	2,8	-2,3	-0,3	-2,6	9,5	16,3	20,6	22,5	21,3
2012	18,9	12,4	6,2	-3,8	-2,3	-8,9	4,2	13,3	17,9	22,6	23,9	23,3
media multianuală	15,7	9,6	3,6	-1,0	-3,6	-2,0	2,3	10,1	15,9	19,3	20,8	20,2

Fig.2.2. Temperatura aerului conform staţiei meteorologice a IP ICCC „Selecţia” pentru anii 2009-2012

În 2009-2010 temperatura medie a fost mai ridicată cu + 1,4ºC faţă de media multianuală. Toţi anii de studiu au avut o creştere a temperaturii aerului, care a constituit în mediu 1,2ºC comparativ cu media multianuală.

Pentru cultura sfeclei de zahăr cele mai favorabile condiţii de creştere şi dezvoltare a plantelor pe parcursul perioadei de vegetaţie s-au creat în anul 2010, iar pentru grîul de toamnă în anul 2011.

Experienţele sînt amplasate pe cernoziom tipic humifer, puternic profund, argilo-lutos pe depozite loesoide (grosimea orizontului humifer 92 cm). Adîncimea efervescenţei carbonaţilor este de 65 cm.

Indicii agrochimici ai solului la momentul fondării experienţei au fost următorii:

1. conţinutul humusului în stratul 0-20 cm – 4,65 %, 20-40 cm – 4,12 %, 40-60 cm – 2,73 %;
2. valoarea pH_{H2O} – 6,6-7,1; pH_{KCl} – 6,2-6,5;
3. conţinutul de azot total – 0,24-0,26 %;
4. conţinutul de fosfor total – 0,12-0,13 %;
5. potasiu total – 2,20-2,40 %.

O descriere mai detaliată a solului din experienţele de lungă durată pe asolamente şi culturi permante este prezentată în monografia dlui Boincean [32, 105] şi în lucrarea în comun a prof. Krupenikov I. şi Boincean B. [55].

Conform opiniei lui A. Canarache [5], textura este principala însuşire fizică a solului, cu rol deosebit de important în determinarea însuşirilor fizice şi chimice. Textura prezintă o importanţă deosebită pentru capacitatea de producţie a solului, caracteristicile lui agronomice şi ameliorative, tehnologia de valorificare superioară a resurselor de sol. Totodată, textura este o însuşire practic nemodificabilă a solului, iar tehnologiile agricole şi ameliorative trebuie să se adapteze la specificul textural.

Conform datelor studiului pedologic, efectuat de alţi cercetători [9], învelişul de sol al terenului experienţelor de cîmp de lungă durată ale ICCC „Selecţia" se caracterizează cu textură argilo-lutoasă omogenă în spaţiu (tab. 2.2.), tipică pentru cernoziomurile tipice ale Moldovei de Nord.

Tabelul 2.2. Parametrii statistici medii ai compoziţiei granulometrice a cernoziomurilor tipice arabile [9]

Orizontul şi adîncimea (cm)	**Dimensiunile fracţiunilor (mm);**						
	1-0,25	**0,25-0,05**	**0,05-0,01**	**0,01-0,005**	**0,005-0,001**	**<0,001**	**<0,01**
Ahp1 0-25	-	7,7	28,7	11,8	13,3	38,3	63,3
Ahp2 25-40	-	8,1	28,4	11,3	13,7	38,3	63,3
Ah 40-49	-	8,3	28,6	11,5	13,6	38,0	63,1
Bhk1 49-70	-	8,8	28,3	10,8	14,6	37,6	63,0
Bhk2 70-91	-	9,1	28,3	10,6	15,0	37,0	62,6
BCk1 91-110	-	9,5	27,8	10,4	15,5	36,7	62,5
BCk2 110-140	-	9,9	27,9	10,1	15,5	36,6	62,2
Ck 140-160	-	10,2	28,2	9,9	15,2	36,5	61,6

Conform datelor tabelului 2.2., cernoziomurile tipice argilo-lutoase de pe terenurile experimentale ale ICCC „Selecţia" se caracterizează cu conţinut înalt de argilă fină (38 %). Ele dispun de o structură agronomic favorabilă glomerular–grăunţoasă şi un conţinut de humus de cca 4,5-5,5% în stratul arabil. Sunt apreciate ca cele mai bune pe teritoriul Republicii Moldova. Cu regret, conţinutul de humus în stratul arabil al acestor soluri a scăzut considerabil, iar structura naturală a acestora, în mare parte, a fost deteriorată prin lucrare intensivă a solului [9]. Ca rezultat al dehumificării şi destructurării, stratul recent arabil a pierdut rezistenţa la compactarea secundară. Deciziile referitor la metodele agrotehnice de lucrare a solului se iau în consideraţie conform valorilor densităţii aparente şi a porozităţii totale pentru anumite clase texturale de sol [5]. Conform cercetărilor pedologice cernoziomurile loturilor experimentale a ICCC „Selecţia" se caracterizează cu textură argilo-lutoasă [9].

2.2. Schema experienţei şi metodele de cercetare

Cercetările s-au efectuat pe parcursul anilor 2009-2012 în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente a ICCC „Selecţia", fondată în anul 1961.

Cîmpul experimental este amplasat pe un teren cu expoziţie sud – vestică, cu panta de 1-2°. Experienţele includ 8 asolamente cu 10 sole în trei repetiţii cu repartizarea variantelor - sistematică. În experienţă se studiază productivitatea comparativă a culturilor de cîmp şi a asolamentului în întregime cu diferit nivel de saturare cu culturi prăşitoare. Suprafaţa parcelelor în asolament constituie – 283 m^2, iar în cultura permanentă – 450 m^2.

Studiul s-a efectuat în veriga asolamentului: ogor ocupat (borceag de primăvară) – grîu de toamnă – sfeclă de zahăr în asolamentul 3 (fond fertilizat) şi asolamentul 7 (fond nefertilizat) cu acelaşi nivel de saturare cu culturi prăşitoare – 60% (porumb – 30%, sfeclă de zahăr – 20%, floarea-soarelui – 10%). Culturile cerealiere de toamnă semănate compact au constituit 30%, iar borceagul de primăvară – 10% (tab.2.4.); ogor negru – grîu de toamnă – porumb pentru boabe în asolamentul 2 (fond fertilizat), nivelul de saturare cu culturi prăşitoare fiind 50%; lucernă anul 3, după prima coasă – grîu de toamnă – sfeclă de zahăr în asolamentul 5 (fond fertilizat) cu 40% saturare cu culturi prăşitoare. Pentru cercetare au fost selectate: grîu de toamnă (Odesskaia – 51), sfeclă de zahăr (hibridul Vilia) şi porumb (hibridul Moldovenesc 451). Concomitent, cercetările au fost efectuate şi în cultura permanentă pe fond fertilizat şi nefertilizat.

La grîul de toamnă îngrăşămintele minerale ($N_{60}P_{30}K_{30}$) au fost administrate toamna pînă la lucrarea de bază a solului şi N_{30}, ca sursă de hrană suplimentară primăvara. Îngrăşămintele minerale au fost aplicate în următoarele forme: azotat de amoniu, superfosfat simplu, sare de potasiu, iar cele organice sub formă de gunoi de grajd.

La cultura sfeclei de zahăr în asolament se introduc în toamnă 40 t/ha de gunoi de grajd şi $N_{60}P_{30}K_{30}$. Pentru evaluarea agronomică comparativă a indicatorilor obţinuţi în asolament şi în cultura permanentă au fost efectuate cercetări concomitent pe parcele cu ogor negru şi pîrloagă pe fond fertilizat şi nefertilizat.

Procedeele tehnologice la cultivarea culturilor de cîmp în Zona de Nord corespund recomandărilor elaborate şi publicate în anii precedenţi de ICCC „Selecţia" împreună cu alte instituţii de învăţămînt şi cercetare din Republica Moldova [17, 23, 26].

Probele de sol pentru studierea proprietăţilor agrofizice ale solului au fost prelevate primăvara după semănatul culturii şi toamna după recoltare din straturile: 0-10, 10-20, 20-30 şi 30-40 cm, în trei repetiţii. Umiditatea solului şi apa accesibilă au fost determinate primăvara, vara şi toamna (la momentul recoltării culturilor) în straturile de sol 0-100 şi 0-200 cm.

Tabelul 2.4. Schema experienţelor include următoarele variante:

- **veriga asolamentului 3 şi 7:**

Rotaţia culturilor în asolament/fond de fertilizare	**Asolamentul 7 Fond nefertilizat**	**Asolamentul 3 Fond fertilizat**
Borceag de primăvară	-	$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara
Grîu de toamnă	-	$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara
Sfecla de zahăr	-	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$

- **veriga asolamentului 2:**

Rotaţia culturilor în asolament	**Fond de fertilizare**
Ogor negru	-
Grîu de toamnă	$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara
Sfecla de zahăr/Porumb pentru boabe	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$/$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara

- **veriga asolamentului 5:**

Rotaţia culturilor în asolament	**Fond de fertilizare**
Lucerna anul 3, după prima coasă	-
Grîu de toamnă	$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara
Sfecla de zahăr/Porumb pentru boabe	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$/$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara

- **cultura permanentă:**

Cultura/fond de fertilizare	**Fond nefertilizat**	**Fond fertilizat**
Grîu de toamnă	-	$N_{60}P_{30}K_{30}$ + N_{30} primăvara
Sfecla de zahăr	-	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$
Ogor negru (începînd cu anul 1965)	-	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$
Pîrloagă (începînd cu anul 1984)	-	Gunoi de grajd 40 t/ha + $N_{60}P_{30}K_{30}$

Pentru realizarea scopului şi a obiectivelor cercetărilor, în afară de efectuarea analizelor tradiţional efectuate în cadrul programului de cercetare a Laboratorului de Tehnologii Agricole şi Sisteme Agrotehnice, suplimentar au fost realizate următoarele:

- **Densitatea fazei solide** a solului – prin metoda picnometrică [14];
- **Densitatea aparentă** a solului – după metoda cilindrelor [14];
- **Porozitatea totală** a solului – prin calcul [14];
- **Structura şi hidrostabilitatea agregatelor structurale –** cu ajutorul sitelor şi a dispozitivului lui Bakşeev [14];
- **Rezistenţa solului la penetrare –** cu dispozitivul lui Reveakin [33];
- **Determinarea indicatorilor energetici –** cu ajutorul utilajului tenzometric a întreprinderii de stat „STAŢIA DE STAT PENTRU ÎNCERCAREA MAŞINELOR” mun. Chişinău;

- **Rezerva de apă accesibilă –** prin metoda gravimetrică [14];
- **Conţinutul şi rezerva de substanţă organică –** după Tiurin [94];
- **Analiza statistică a rezultatelor –** după Dospehov [44];
- **Evidenţa recoltei –** s-a efectuat mecanizat sau manual, în funcţie de planta de cultură.

2.3. Concluzii la capitolul 2

1. Analiza condiţiilor climaterice a anilor de cercetare (2009-2012), mărturisesc despre seceta drastică în perioada de toamnă – vară a anului agricol 2011-2012. Temperatura medie anuală a aerului pentru toată perioada de studii (2009-2012) a fost cu 1,2 °C mai înaltă decît temperatura medie multianuală.
2. Datele meteorologice confirmă tendinţa de încălzire a climei şi o variaţie mai mare a condiţiilor climatice pe anotimpuri comparativ cu mediile anuale.
3. Cercetările au fost efectuate în experienţa de cîmp de lungă durată în cadrul asolamentelor şi a culturii permanente a ICCC „Selecţia” cu respectarea cerinţelor fată de executarea investigaţiilor ştiinţifice în cîmp şi în laborator.

3. PROPRIETĂŢILE AGROFIZICE A CERNOZIOMULUI TIPIC ÎN FUNCŢIE DE ASOLAMENT ŞI FERTILIZARE

3.1. Proprietăţile agrofizice ale cernoziomului tipic

Regimul hidric şi de aeraţie sînt cei mai importanţi factori de care depinde creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor, eficacitatea folosirii substanţelor nutritive din sol. Îngrăşămintele asigură creşterea masei radiculare la plante, care influenţează asupra acumulării substanţei organice, complexului absorbtiv a solului şi modificarea proprietăţilor agrofizice. Cercetările efectuate în experienţele de cîmp de lungă durată în veriga asolamentului cu culturi cerealiere şi sfeclă de zahăr pe fond fertilizat şi nefertilizat, în asolament cu ierburi leguminoase perene şi în cultura permanentă, au permis evaluarea diferitor indicatori ai proprietăţilor agrofizice ale solului pe cernoziomul tipic arabil din stepă Bălţului.

3.1.1. Densitatea solului

Valoarea densităţii fazei solide a solului depinde de compoziţia mineralogică, conţinutul de humus în sol, precum şi de raportul dintre aceşti componenţi. De la un sol la altul densitatea variază puţin, cu excepţia solurilor bogate în humus [99]. Creşterea conţinutului de humus determină scăderea valorii densităţii fazei solide a solului, în timp ce hidroxizii ferici determină creşterea acesteia. Din această cauză orizontul Ah al cernoziomului tipic luat în studiu, comparativ bogat în humus, densitatea fazei solide are valori mai mici, care sînt cuprinse între 2,4-2,6 g/cm^3, în timp ce în orizonturile subiacente densitatea solului depăşeşte valoarea de 2,7 g/cm^3. Rezultatele cercetărilor efectuate confirmă că valoarea densităţii cernoziomului cercetat este slab influenţată de rotaţia culturilor şi de fondul de fertilizare (tab. 3.1.).

Tabelul 3.1. Densitatea fazei solide a cernoziomului tipic pe variantele studiate în experienţa de cîmp de lungă durată în cadrul asolamentelor şi a culturii permanente, anul 2009
(pentru stratul de sol 0-40 cm $DL_{0.5}$=0,02 g/cm^3)

Statul de sol, cm	Pîrloagă		Grîu de toamnă				Sfeclă de zahăr				Ogor negru	
			Asolament		Cultura permanentă		Asolament		Cultura permanentă			
	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.
0-10	2,47	2,49	2,48	2,45	2,52	2,53	2,52	2,51	2,52	2,53	2,55	2,50
10-20	2,50	2,51	2,55	2,62	2,48	2,50	2,48	2,49	2,50	2,60	2,52	2,52
20-30	2,54	2,56	2,53	2,44	2,50	2,51	2,51	2,53	2,48	2,47	2,54	2,55
30-40	2,55	2,53	2,47	2,47	2,48	2,47	2,50	2,50	2,51	2,47	2,55	2,48
0-40	**2,52**	**2,52**	**2,50**	**2,50**	**2,50**	**2,50**	**2,50**	**2,51**	**2,50**	**2,51**	**2,54**	**2,51**

Din punct de vedere agronomic cunoaşterea densităţii solului prezintă o informaţie importantă, deoarece, într-o oarecare măsură, indică raportul dintre partea minerală şi organică a acestuia.

3.1.2. Densitatea aparentă şi porozitatea solului – indicatorii integrali ai stării de calitate fizică a cernoziomului loturilor experimentale

Densitatea aparentă şi porozitatea totală a solului sînt cei mai principali indicatori ai stării de calitate fizică a solului.

Cercetările efectuate timp de 4 ani au demonstrat că cea mai mică valoare a densităţii aparente a stratului arabil al solului a fost pe pîrloagă (1,12 g/cm^3), indiferent de fondul de fertilizare (tab. 3.2.).

Tabelul 3.2. Densitatea aparentă a solului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 0-20 cm,g/cm^3

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	1,21	1,17	1,13	1,13	1,16
		fertilizat	1,21	1,19	1,14	1,12	1,17
	cultura permanentă	nefertilizat	1,20	1,16	1,19	1,21	1,19
		fertilizat	1,21	1,11	1,17	1,19	1,17
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	1,21	1,11	1,15	1,04	1,13
		fertilizat	1,23	1,13	1,17	1,09	1,16
	cultura permanentă	nefertilizat	1,22	1,16	1,19	1,14	1,18
		fertilizat	1,22	1,13	1,15	1,15	1,16
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	1,16	1,12	1,12	1,09	1,12
		fertilizat	1,18	1,13	1,12	1,05	1,12
Ogor negru		nefertilizat	1,28	1,19	1,26	1,24	1,24
		fertilizat	1,27	1,16	1,21	1,21	1,21
$DL_{0,5}$			0,02	0,06	0,05	0,04	

O valoare satisfăcătore a densităţii aparente s-a depistat pentru stratul arabil al solului la culturile amplasate în asolament comparativ cu solul utilizat sub aceleaşi culturi în cultura permanentă. Cea mai înaltă valoare a acestui indicator a fost înregistrată pentru solul utilizat ca ogor negru, amplasat în cultura permanentă, care a constituit 1,24 g/cm^3 pe fond nefertilizat şi 1,21 g/cm^3 pe fond fertilizat. Aceste valori nu le putem considera extremale, dat fiind faptul că ele satisfac normelor pentru acest tip de sol. Densitatea aparentă, în acest caz, este influenţată, în mare măsură, de starea structurală şi de conţinutul de substanţă organică în sol.

Dospehov B.A., Puponin A.I., Rasadin A.I. şi alţii considerau valoarea densităţii aparente a solului un indicator foarte important în vederea minimalizării lucrării solului [80]. Cu cît valoarea densităţii aparente a solului este mai aproape de cea optimă necesară pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor, cu atît necesitatea în lucrarea solului, inclusiv cu întoarcerea brazdei, este mai mică. Sub acest aspect pe cernoziomurile din stepa Bălţului sînt toate premizele pentru minimalizarea lucrării solului.

Este bine cunoscut faptul că concomitent cu adîncimea se măreşte şi valoarea densităţii aparente a solului. O situaţie similară se observă şi pentru stratul post arabil de sol 20-40 cm (tab. 3.3.).

Tabelul 3.3.Densitatea aparentă a solului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 20-40 cm,g/cm^3

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	1,33	1,32	1,30	1,33	1,32
		fertilizat	1,31	1,30	1,30	1,29	1,30
	cultura permanentă	nefertilizat	1,31	1,26	1,29	1,30	1,29
		fertilizat	1,31	1,29	1,28	1,25	1,28
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	1,35	1,31	1,27	1,21	1,29
		fertilizat	1,29	1,25	1,25	1,22	1,25
	cultura permanentă	nefertilizat	1,29	1,34	1,31	1,27	1,30
		fertilizat	1,29	1,28	1,31	1,27	1,29
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	1,24	1,22	1,23	1,20	1,22
		fertilizat	1,25	1,24	1,24	1,21	1,24
Ogor negru		nefertilizat	1,38	1,40	1,37	1,30	1,36
		fertilizat	1,37	1,38	1,32	1,28	1,34
$DL_{0,5}$			0,05	0,07	0,04	0,05	

Pînă în anul 1990, pe cernoziomuri frecvent se practica arătura pînă la adîncimea de 35-40 cm. Ca rezultat, întreg stratul arabil din cauza destructurării lui a pierdut rezistenţa de a se opune compactării secundare. La moment se ară la adîncimea de pînă la 20 cm. Partea subiacentă 20-35 cm sau 20-40 cm a solului, nefiind afînată prin arătură sau cizelare deja mai mult de 20 ani, s-a compactat puternic. Pe variantele cu ogor negru densitatea aparentă a solului constituie 1,34-1,36 g/cm^3, iar pe pîrloagă – 1,22-1,24 g/cm^3. Celelalte variante ocupă o poziţie intermediară.

Valorile mai mici sînt caracteristice solului sub pîrloagă, iar cele mai mari – solului utilizat ca ogor negru amplasat în cultura permanentă. Restul variantelor ocupă o poziţie intermediară între aceste două variante. În ceea ce priveşte rotaţia culturilor, comparativ cu solul mai compactat, utilizat în cultura permanentă, se observă o tendinţă de menţinere sau depăşire a densităţii aparente a solului faţă de nivelul optim, atît la cultura grîului de toamnă, cît şi la cultura sfeclei de zahăr.

Densitatea aparentă pentru întreg stratul de sol 0-40 cm este prezentată în tabelul 3.4. Legitatea a rămas similară celei menţionate pentru straturile precedente. Ulterior, densitatea aparentă a solului va fi folosită la calculul porozităţii totale. Ea se foloseşte, la fel, pentru determinarea rezervelor de substanţă organică, azot, fosfor şi potasiu total în sol ş.a.

Tabelul 3.4. Densitatea aparentă a solului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 0-40 cm, g/cm^3

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	1,27	1,25	1,22	1,23	1,24
		fertilizat	1,26	1,25	1,22	1,21	1,23
	cultura permanentă	nefertilizat	1,26	1,21	1,24	1,26	1,24
		fertilizat	1,26	1,20	1,23	1,22	1,23
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	1,28	1,21	1,21	1,13	1,21
		fertilizat	1,26	1,19	1,21	1,16	1,20
	cultura permanentă	nefertilizat	1,26	1,25	1,25	1,21	1,24
		fertilizat	1,26	1,21	1,23	1,21	1,23
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	1,20	1,17	1,18	1,15	1,17
		fertilizat	1,22	1,19	1,18	1,13	1,18
Ogor negru		nefertilizat	1,33	1,30	1,32	1,27	1,30
		fertilizat	1,32	1,27	1,27	1,25	1,28
$DL_{0,5}$			0,02	0,04	0,04	0,04	

Porozitatea totală a solului are o legătură directă cu densitatea aparentă a acestuia. Valorile mari indică la o capacitate sporită de reţinere a apei, permeabilitate mare pentru apă şi aeraţie bună. Tasarea părţii solide a solului poate fi exprimată nu numai prin densitatea aparentă, ci şi prin porozitatea totală, care prezintă volumul total al porilor exprimat în procente.

Există o legătură foarte strînsă între conţinutul de substanţă organică, densitatea aparentă şi porozitate. Între aceşti indicatori se observă o corelaţie negativă. Cu cît conţinutul de substanţă organică în sol este mai înalt, cu atît mai mică este densitatea lui aparentă şi, corespunzător, mai mare este porozitatea totală a lui [99].

În literatura de specialitate s-a constatat că pentru creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor de cultură valoarea acestui indice trebuie să fie cuprinsă în intervalul de 55-60% [46].

Datele prezentate în tabelul 3.5. demonstrează că porozitatea totală a stratului superior de 0-20 cm este cea mai mare la varianta cu pîrloagă, care a constituit în mediu pentru 4 ani - 54,8%, pe fond nefertilizat şi 55,2% pe cel fertilizat, iar cea mai mică la varianta cu ogor negru, care a constitut 51,0%, pe fond nefertilizat şi 51,7% pe cel fertilizat, corespunzător. Totodată se observă o tendinţă de ameliorare a porozităţii totale a solului în asolament comparativ cu aceleaşi culturi amplasate în cultura permanentă.

În ceea ce priveşte stratul de sol 20-40 cm se observă o scădere a valorii porozităţii totale pentru toate variantele studiate (tab. 3.6.). care a fost condiţionată de densitatea aparentă mai mare a solului şi de un conţinut mai redus de substanţă organică, comparativ cu stratul de sol 0-20 cm.

Tabelul 3.5. Porozitatea totală a solului la variantele studiate în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 0-20 cm, %

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	51,9	53,5	55,1	55,1	53,9
		fertilizat	52,3	53,1	55,0	55,8	54,0
	cultura permanentă	nefertilizat	52,0	53,6	52,4	51,6	52,4
		fertilizat	51,9	55,9	53,5	52,7	53,5
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	51,6	55,6	54,0	58,4	54,9
		fertilizat	50,8	54,8	53,2	56,4	53,8
	cultura permanentă	nefertilizat	51,4	53,8	52,6	54,6	53,1
		fertilizat	52,4	55,9	55,2	55,2	54,7
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	53,3	54,9	54,9	56,1	54,8
		fertilizat	52,8	54,8	55,2	58,0	55,2
Ogor negru		nefertilizat	49,5	53,1	50,3	51,1	51,0
		fertilizat	49,4	53,8	51,8	51,8	51,7
$DL_{0,5}$			1,20	2,40	2,19	2,58	

Din aceste considerente, legitatea a rămas similară celei menţionate pentru stratul de sol 0-20 cm: cele mai mari valori ale porozităţii totale a solului s-au depistat pe pîrloagă pe fond nefertilizat – 52,0% şi 51,5% pe cel fertilizat, iar cele mai mici valori – pentru ogorul negru, pe fond nefertilizat – 46,5% şi 46,8% pe cel fertilizat.

Tabelul 3.6. Porozitatea totală a solului la variantele studiate în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 20-40 cm, %

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	46,8	47,2	48,0	46,8	47,2
		fertilizat	46,6	47,0	47,0	47,5	47,0
	cultura permanentă	nefertilizat	47,4	49,4	48,2	47,8	48,2
		fertilizat	47,4	48,2	48,6	49,8	48,5
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	45,9	47,7	49,3	51,7	48,7
		fertilizat	48,7	50,3	50,3	51,5	50,2
	cultura permanentă	nefertilizat	48,3	46,3	47,5	49,1	47,8
		fertilizat	47,8	48,2	47,0	48,6	47,9
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	51,3	52,1	51,7	52,8	52,0
		fertilizat	50,9	51,3	51,3	52,5	51,5
Ogor negru		nefertilizat	45,8	45,0	46,2	48,9	46,5
		fertilizat	45,5	45,1	47,5	49,1	46,8
$DL_{0,5}$			2,27	2,47	1,66	1,72	

Porozitatea totală a solului pe aceleaşi variante studiate în experienţa de cîmp de lungă durată în asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă pentru stratul de sol 0-40 cm este prezentată în tabelul 3.7.

Tabelul 3.7. Porozitatea totală a solului la variantele studiate în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2009-2012, stratul de sol 0-40 cm, %

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii				Media pe 4 ani
			2009	2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	49,3	50,3	51,5	50,9	50,5
		fertilizat	49,5	50,1	51,0	51,6	50,5
	cultura permanentă	nefertilizat	49,7	51,5	50,3	49,7	50,3
		fertilizat	49,6	52,0	51,0	51,2	51,0
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	48,8	51,7	51,7	55,0	51,8
		fertilizat	49,8	52,5	51,7	53,9	52,0
	cultura permanentă	nefertilizat	49,8	50,0	50,0	51,8	50,4
		fertilizat	50,1	52,1	51,1	51,9	51,3
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	52,3	53,5	53,3	54,5	53,4
		fertilizat	51,8	53,0	53,2	55,2	53,3
Ogor negru		nefertilizat	47,6	49,0	48,2	50,0	48,7
		fertilizat	47,5	49,5	49,7	50,4	49,3
$DL_{0,5}$			0,89	1,63	1,75	1,61	

Tendinţele sînt similare celor menţionate pentru ambele straturi de sol 0-20 şi 20-40 cm. Valorile stabilite sînt considerate ca optime pentru culturile studiate.

3.1.3. Rezistenţa la penetrare a solului

Rezistenţa la penetrare a solului este un indicator important în aprecierea proprietăţilor fizico-mecanice ale solului, aşa cum caracterizează capacitatea de opunere a rezistenţei la penetrarea în sol a sistemului radicular al plantelor şi organelor de lucru ale maşinilor agricole.

Rezultatele obţinute denotă faptul că acest indicator al solului este influenţat atît de rotaţia culturilor, cît şi de fondul de fertilizare (tab. 3.8.).

Tabelul 3.8. Rezistenţa la penetrare a solului la variantele studiate în experienţa de cîmp de lungă durată în asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anii 2010-2012, stratul de sol 0-30 cm, kg/cm^2

Cultura	Rotaţia	Fondul de fertilizare	Anii			Media pe 3 ani
			2010	2011	2012	
Grîu de toamnă	asolament	nefertilizat	17,8	12,0	20,4	16,7
		fertilizat	14,5	18,6	20,5	17,9
	cultura permanentă	nefertilizat	24,2	21,7	26,1	24,0
		fertilizat	25,4	18,3	21,9	21,9
Sfecla de zahăr	asolament	nefertilizat	36,4	28,7	34,4	33,2
		fertilizat	27,7	26,1	30,2	28,0
	cultura permanentă	nefertilizat	35,4	27,2	32,6	31,7
		fertilizat	32,9	29,3	35,2	32,5
Pîrloagă	cultura permanentă	nefertilizat	27,6	16,6	20,5	21,6
		fertilizat	26,0	16,6	19,9	20,8
Ogor negru		nefertilizat	30,4	27,5	33,0	30,3
		fertilizat	25,7	23,4	31,7	26,9
$DL_{0,5}$			6,02	7,04	4,77	

În anul 2010 cultura permanentă a grîului de toamnă a demonstrat o creştere a rezistenţei la penetrare a solului faţă de asolament cu 6,4 şi 10,9 kg/cm^2 pe fond nefertilizat şi fertilizat, corespunzător. În cultura permanentă a grîului de toamnă în anul 2011, la fel, a avut loc o creştere esenţială a rezistenţei la penetrare a solului faţă de solul din asolament cu 9,7 kg/cm^2. Pe fond nefertilizat în anul 2012 această diferenţă a constituit 5,7 kg/cm^2. În mediu, pentru perioada 2010-2012 rezistenţa la penetrare a solului la cultura grîului de toamnă în asolament şi cultura permanentă, pe fond nefertilizat, a constituit – 16,7 şi 24,0 kg/cm^2, corespunzător, iar pe fond fertilizat – 17,9 şi 21,9 kg/cm^2. Astfel, cultura permanentă a grîului de toamnă contribuie la o compactare mai mare a solului comparativ cu asolamentul, în special pe fond nefertilizat. Acelaşi lucru se observă şi în cultura permanentă a sfeclei de zahăr unde în 2010 creşterea acestui indice pe fond fertilizat a constituit 5,2 kg/cm^2 faţă de asolament, pe acelaşi fond de fertilizare. În anul 2011 la cultura permanentă a sfeclei de zahăr, creşterea acestui indice pe fond fertilizat a constituit 3,2 kg/cm^2 faţă de asolament pe acelaşi fond de fertilizare, iar în 2012 – 5,0 kg/cm^2. În mediu, pentru perioada 2010-2012 rezistenţa la penetrare la cultura sfeclei de zahăr în asolament şi cultura permanentă pe fond nefertilizat a constituit – 33,2 şi 31,7 kg/cm^2, iar pe fond fertilizat – 28,0 şi 32,5 kg/cm^2, corespunzător. Ogorul negru, pe fond fertilizat, în medie pe 3 ani de zile, a contribuit la o scădere a rezistenţei la penetrare a solului cu 3,4 kg/cm^2 faţă de aceeaşi variantă pe fond nefertilizat. Factorul determinant în reducerea rezistenţei la penetrare a solului în ogor negru, îndeosebi pe fond fertilizat, a constituit conţinutul mai mare de substanţă organică a solului şi apă, care a depăşit chiar şi rezervele de apă la cultura sfeclei de zahăr. Cea mai mică valoare a acestui indice a fost pe pîrloagă, pentru ambele fonduri de fertilizare, constituind 20,8-21,6 kg/cm^2. Menţionăm că cea mai mare rezistenţă la penetrare s-a depistat pentru solul utilizat la sfecla de zahăr în anul 2012 atît în asolament, cît şi în cultura permanentă, fiind chiar mai mare decît pentru solul utilizat ca ogor negru. Situaţia dată a fost condiţionată de seceta drastică din anul 2012.

Referitor la influenţa fondului de fertilizare, se observă că în majoritatea cazurilor odată cu aplicarea îngrăşămintelor, rezistenţa la penetrare a solului scade.

3.1.4. Structura solului şi hidrostabilitatea agregatelor structurale

Structura solului exprimă modul cum sînt grupate particulele elementare ale solului în masa lui. Starea structurală şi mărimea agregatelor pot fi modificate în dependenţă de măsurile agrotehnice folosite. În experienţele de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă a fost determinată pe parcursul anilor de cercetare ponderea agregatelor

structurale de diferit diametru (fig. 3.1., 3.2., 3.3., 3.4.) şi hidrostabilitatea agregatelor structurale cu diferit diametru (fig. 3.5., 3.6., 3.7., 3.8.).

La aprecierea stării structurale a solului (cernere uscată) am ales ca etalon fracţiunea de agregate 3-0,25 mm, fiind considerată agronomic cea mai valoroasă. Totodată, au fost determinate şi agregatele cu dimensiuni mai mari de 7 mm şi cele cu dimensiuni mai mici de 0,25 mm (anexa 11, anexa 12, anexa 13).

În anul 2009 ponderea agregatelor structurale cu dimensiuni favorabile din punct de vedere agronomic (3-0,25 mm) pentru solul de la cultura grîului de toamnă, în asolament şi cultură permanentă, au fost la acelaşi nivel, în mod special pe fond fertilizat – 54,2 şi 52,5%, corespunzător (fig. 3.1.). Pe fond nefertilizat după conţinutul acestor agregate în sol prioritatea i-a revenit asolamentului – 48,7 şi 44,8%, corespunzător. S-a observat o tendinţă pronunţată de majorare a conţinutului de agregate cu diametru mai mare de 7 mm în solul la cultura permanentă, pe ambele fonduri de fertilizate, cu tendinţa de creştere a mărimii agregatelor (13,9 – 15,3%, comparativ cu 10,2 – 10,7%).

În acelaşi an la cultura sfeclei de zahăr a fost constatată aceeaşi pondere a agregatelor structurale cu dimensiuni agronomice favorabile (3-0,25 mm) în asolament pe fond fertilizat şi în cultură permanentă, pe fond nefertilizat – 51,1%.

Ponderea lor a scăzut la amplasarea sfeclei de zahăr în asolament, pe fond nefertilizat şi în cultura permanentă, fond fertilizat – 44,8 şi 45,4%, corespunzător. În condiţiile anului 2009 influenţa rotaţiei culturilor şi a fertilizării asupra ponderii agregatelor structurale în sol nu a exercitat o influenţă previzibilă. Aceeaşi tendinţă de majorare în sol a conţinutului de agregate mai mari de 7 mm poate fi urmărită ca şi în cazul culturii grîului de toamnă – 11,5-13,7% în asolament şi 14,0-15,1% în cultura permanentă.

Pentru solul utilizat ca ogor negru este evidentă influenţa benefică a fertilizării cu îngrăşăminte organo-minerale asupra conţinutului de agregate structurale cu dimensiuni favorabile – 54,0%, faţă de 46,2% pe fond nefertilizat. Fertilizarea ogorului negru contribuie la reducerea conţinutului de agregate cu dimensiuni mai mari de 7 mm – de la 13,5% pînă la 9,9 %. Toate acestea au favorizat acumularea unei cantităţi mai mari de apă accesibilă pe profilul solului folosit ca ogor negru fertilizat, comparativ cu cel nefertilizat.

Solul de la parcelele cu pîrloagă s-a evidenţiat cu cel mai mic conţinut de agregate structurale cu dimensiuni 3-0,25 mm – 37,5 şi 33,8%, corespunzător, pe fond nefertilizat şi fertilizat. Concomitent, a crescut ponderea agregatelor cu dimensiuni mai mari de 7 mm – 15,2 şi 14,1%, corespunzător.

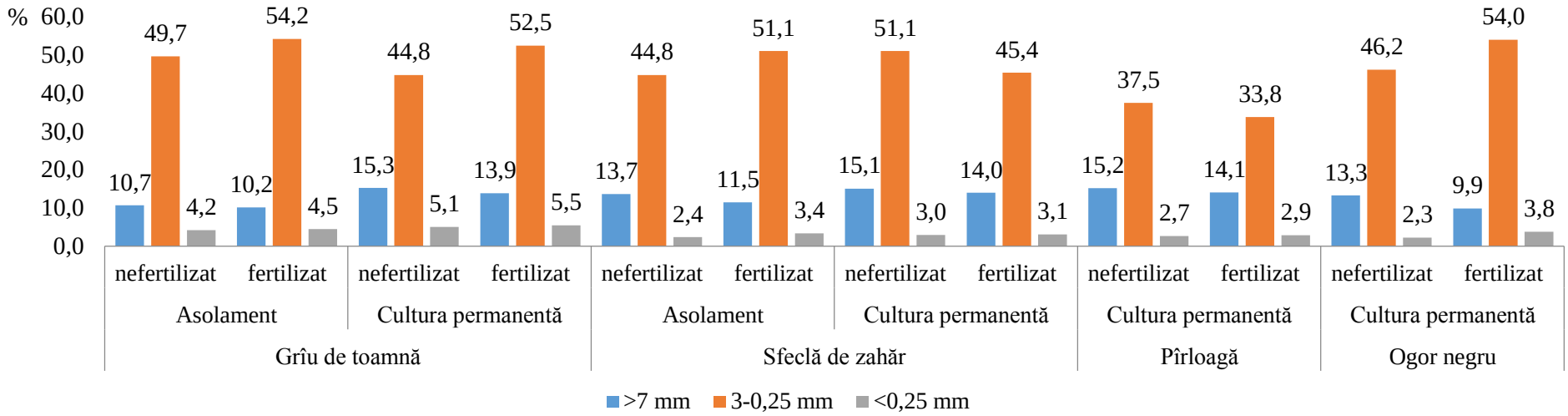


Fig. 3.1. Ponderea agregatelor structurale cu diferit diametru (%) în stratul arabil 0-40 cm al cernoziomului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anul 2009, (DL_{05} pentru >7= 0,77; 3-0,25=4,44 ;<0,25=0,41)

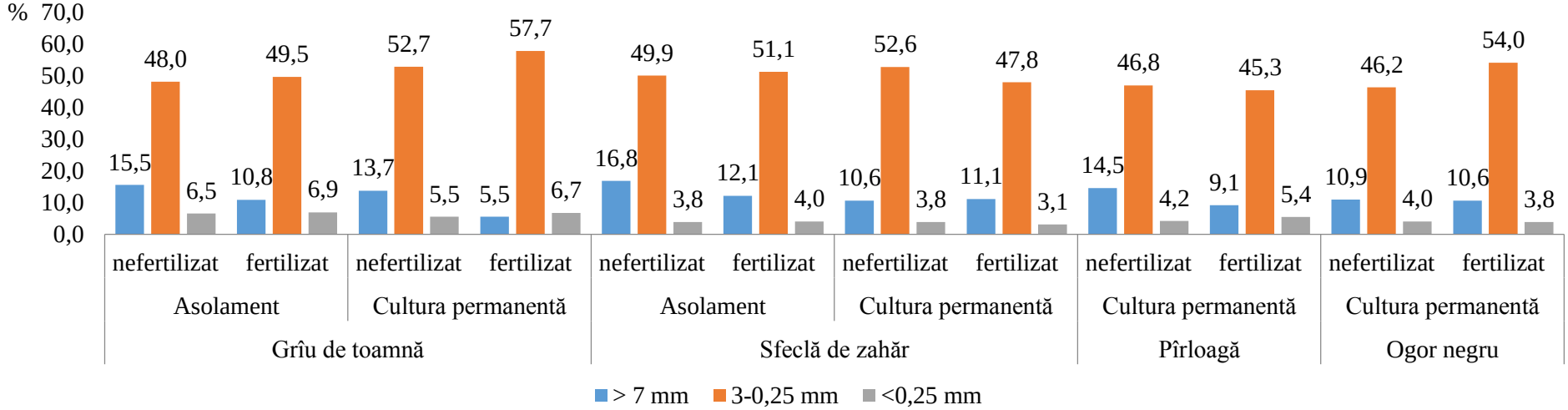


Fig.3.2. Ponderea agregatelor structurale cu diferit diametru (%) în stratul arabil 0-40 cm al cernoziomului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anul 2010, (DL_{05} pentru >7= 3,46; 3-0,25=3,33;<0,25=1,38)

În anul 2010, pe ambele fonduri de fertilizare, asolamentul a cedat variantei culturii permanente după ponderea în stratul arabil a agregatelor structurale cu dimensiuni de 3-0,25 mm – 48,0-49,5 şi 52,7-57,7% (fig. 3.2.). Se constată o tendinţă de ameliorare a conţinutului de agregate în solul utilizat sub cultură permanentă pe fond fertilizat comparativ cu fondul nefertilizat. Presupunem că această ameliorare a conţinutului de agregate structurale în cultura permanentă a fost favorizată de un regim hidric mai favorabil comparativ cu asolamentul.

Conţinutul de agregate cu dimensiuni mai mari de 7 mm a fost mai mare la solul din asolament pe ambele fonduri de fertilizare, comparativ cu solul utilizat sub cultura permanentă – 15,5-10,8% şi 13,7-5,5%, corespunzător.

La sfecla de zahăr analogic anului 2009, nu s-a evidenţiat o anumită legitate în acumularea agregatelor structurale agronomic valoroase în stratul arabil al solului.

Solul utilizat ca ogor negru, spre deosebire de anul precedent, a posedat acelaşi conţinut de agregate structurale cu dimensiuni 3-0,25 mm pe fond nefertilizat ca şi cel din pîrloagă pe ambele fonduri de fertilizare. Pe fond fertilizat conţinutul în sol de agregate structurale cu dimensiuni 3-0,25 mm a fost la nivelul celui determinat în 2009 – 54%.

În anul 2011, la cultura grîului de toamnă, influenţa fertilizanţilor a fost predominantă comparativ cu modul de creştere a culturilor (fig. 3.3.). Astfel, conţinutul în sol de agregate structurale cu dimensiuni 3-0,25 mm a fost la acelaşi nivel în asolament şi în cultură permanentă: pe fond nefertilizat – 50,2-52,7%, iar în asolament şi cultura permanentă, pe fond fertilizat – 58,3 şi 57,8%, corespunzător.

Pentru solul de sub sfecla de zahăr, analogic anilor precedenţi, nu s-a manifestat prioritatea modului de cultivare sau fertilizare a solului.

La parcelele de ogor negru permanent prioritate după conţinutul de agregate structurale cu dimensiuni 3-0,25 mm revine solului pe fond fertilizat – 55,8%, faţă de 50,4% pe fond nefertilizat, ceea ce depăşeşte considerabil conţinutul de agregate structurale similare în pîrloagă – 39,0-42,2%.

În anul 2012 la cultura grîului de toamnă solul din asolament, pe ambele fonduri de fertilizare, a depăşit după ponderea agregatelor structurale cu dimensiuni de 3-0,25 mm cultura permanentă pe ambele fonduri de fertilizare – 53,8-54,1% şi 49,8-51,7%, corespunzător (fig. 3.4.).

Pentru prima dată s-a manifestat influenţa benefică a asolamentului pe ambele fonduri de fertilizare faţă de cultura permanentă a sfeclei de zahăr – 50,7 şi 41,7-39,4%, corespunzător.

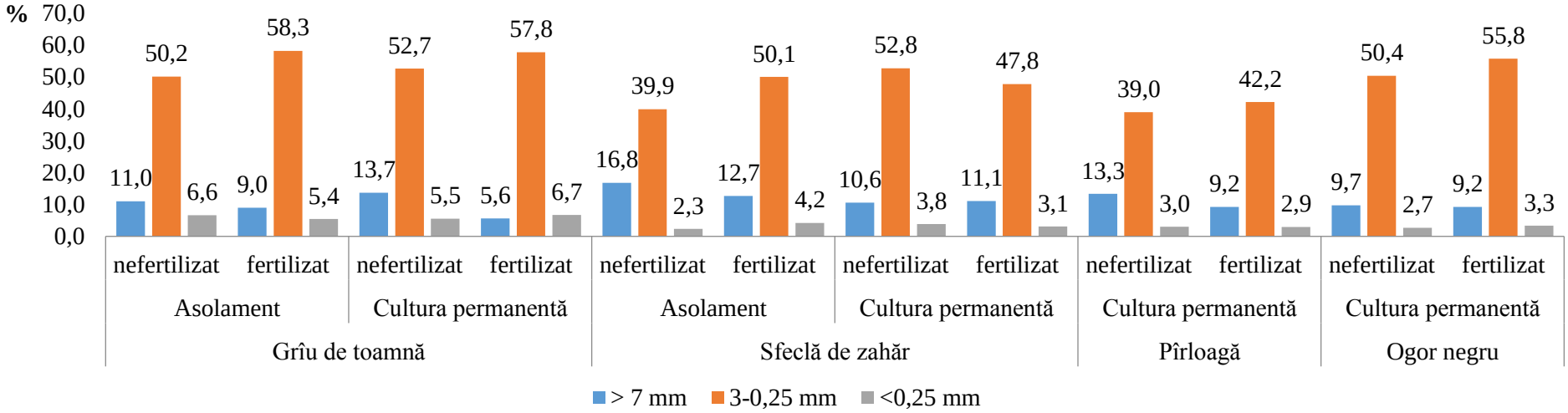


Fig. 3.3. Ponderea agregatelor structurale cu diferit diametru (%) în stratul arabil 0-40 cm al cernoziomului la variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anul 2011, (DL_{05} pentru >7= 2,30; 3-0,25=3,45;<0,25=2,13)

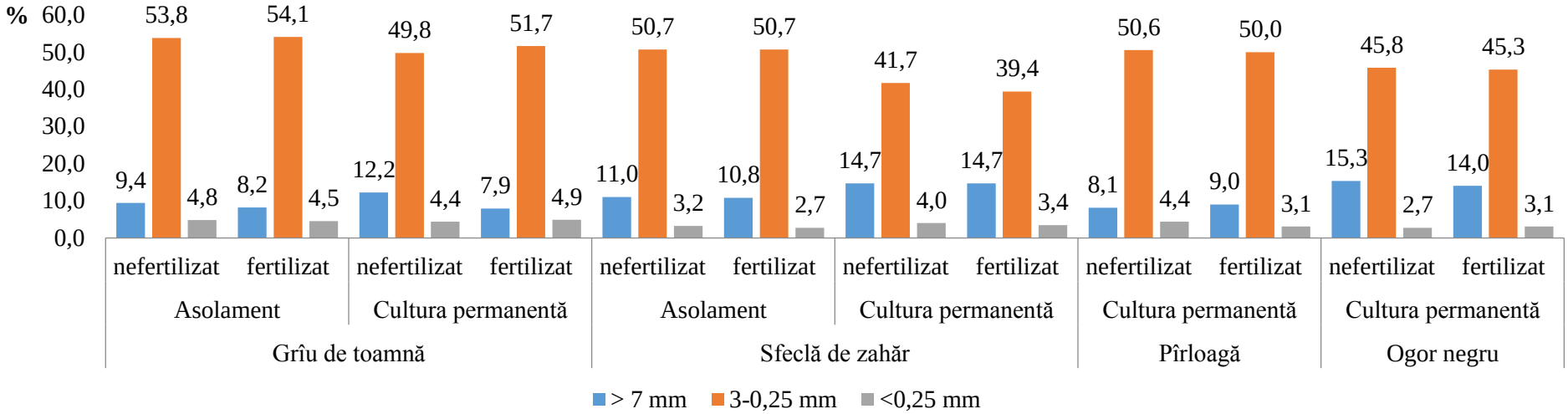


Fig. 3.4. Ponderea agregatelor structurale cu diferit diametru (%) în stratul arabil 0-40 cm al cernoziomului pe variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă, anul 2012, (DL_{05} pentru >7= 3,28; 3-0,25=2,49;<0,25=1,22)

Cultivarea permanentă a sfeclei de zahăr în anul 2012 a condus la reducerea în stratul arabil al solului nu numai a ponderii agregatelor cu dimensiuni agronomice favorabile 3-0,25 mm, dar a contribuit şi la creşterea acesteia pentru agregatele cu dimensiuni mai mari de 7 mm pînă la 14,7%, comparativ cu 10,8-11,0% în asolament (anexa 10).

În premieră, pentru anul 2012, ponderea agregatelor agronomic valoroase în solul de pe pîrloagă a depăşit considerabil solul din ogorul negru, pe ambele fonduri de fertilizare. La fel, în solul de pe ogorul negru conţinutul agregatelor structurale cu dimensiuni mai mari de 7 mm a constituit 14,0-15,3%, faţă de cel determinat pentru pîrloagă – 8,1-9,0%.

Concomitent cu conţinutul diferitor fracţiuni de agregate structurale, pentru solul variantelor studiate a fost determinată şi hidrostabilitatea agregatelor (fig. 3.5.,3.6., 3.7., 3.8.).

În anul 2009 hidrostabilitatea pe solul utilizat sub cultura permanentă, agregatele structurale cu dimensiuni cuprinse între 7-0,25 mm a fost mai mare decît pe solul din asolament (fig. 3.5.). Considerăm că această tendinţă este cauzată de reducerea vitezei de mineralizare a substanţei organice a solului în cultura permanentă a grîului de toamnă, comparativ cu asolamentul.

În ceea ce priveşte solul utilizat sub sfecla de zahăr se observă o tendinţă diametral opusă celei menţionate la cultura grîului de toamnă – 84,4-84,5%, în asolament, pe ambele fonduri de fertilizare şi 78,9-78,6% în cultura permanentă.

Solul utilizat ca ogor negru depăşeşte după hidrostabilitate solul de pe pîrloagă, pe fond nefertilizat şi fertilizat – 81,9 – 77,0 şi 75,0-74,2%, corespunzător.

În anul 2010 schimbări esenţiale ale hidrostabilităţii solului utilizat în asolament şi la cultura permanentă a grîului de toamnă n-au fost evidenţiate, indiferent de fondul de fertilizare (fig. 3.6.). Acelaşi lucru poate fi menţionat şi pentru cultura sfeclei de zahăr, cu o mică excepţie a fondului fertilizat în cultura permanentă.

Agregatele structurale pentru solul de pe pîrloagă în anul 2010 s-au evidenţiat prin cea mai înaltă rezistenţă la dispersare sub acţiunea apei, comparativ cu cele ale solului de pe toate variantele menţionate anterior, mai ales cu cel de pe ogorul negru, indiferent de fondul de fertilizare.

Astfel, ogorul negru contribuie la dispersarea agregatelor structurale ceea ce poate influenţa negativ asupra celorlalte proprietăţi agrofizice ale solului, inclusiv asupra capacităţii de acumulare a apei în sol.

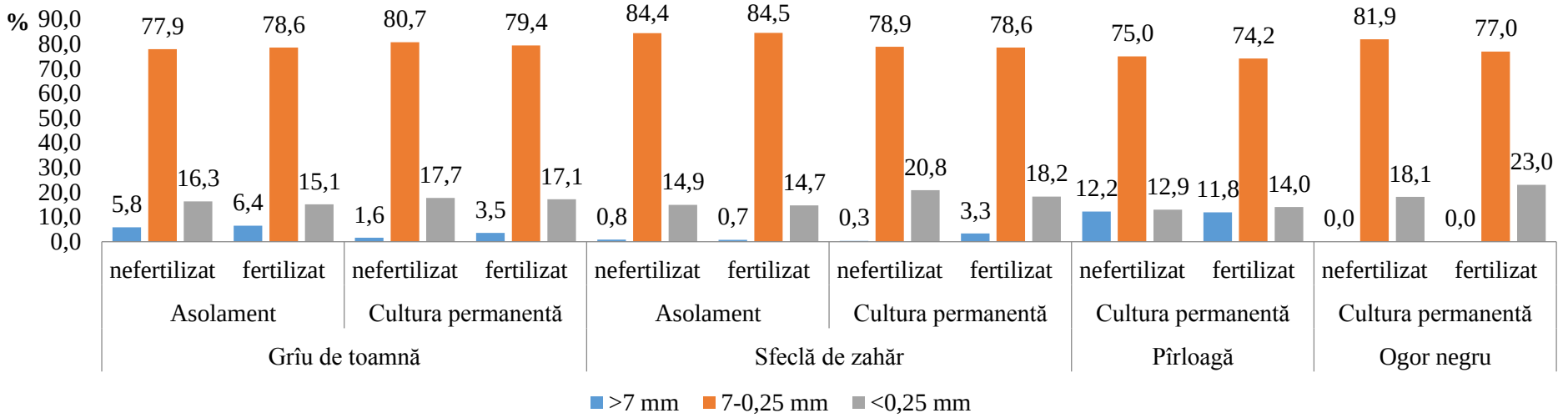


Fig. 3.5. Hidrostabilitatea agregatelor structurale de diferit diametru (%) pentru solul de pe variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă anul 2009, stratul de sol 0-40 cm (DL05 pentru >7= 2,44; 7-0,25=3,63 ;<0,25=4,70)

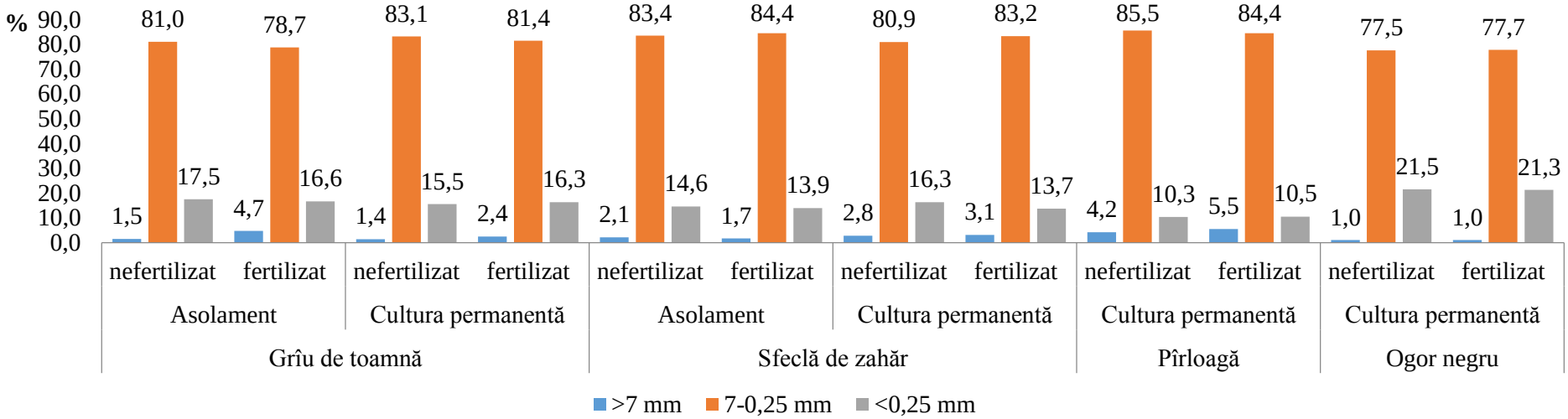


Fig. 3.6. Hidrostabilitatea agregatelor structurale de diferit diametru (%) pentru solul de pe variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă anul 2010, stratul de sol 0-40 cm (DL05 pentru >7= 2,34; 7-0,25=3,18 ;<0,25=2,13)

În anul 2011 solul din cultura permanentă pe fond nefertilizat a grîului de toamnă a avut avantaje după conţinutul de agregate hidrostabile faţă de fondul fertilizat – 82,2 şi 79,4%, corespunzător, ceea ce a fost la nivelul hidrostabilităţii agregatelor în asolament, pe fond fertilizat – 79,3% şi pe fond nefertilizat – 78,0% (fig. 3.7.).

Menţionăm o tendinţă de dispersare a agregatelor structurale ale solului în asolament, comparativ cu cultura permanentă ceea ce, la fel, este determinată de viteza procesului de descompunere a substanţei organice în sol sub cultura permanentă şi asolament.

Pentru solul utilizat sub sfecla de zahăr apare prioritatea evidenţiată a asolamentului pe fond fertilizat după conţinutul de agregate hidrostabile cu dimensiuni de 7-0,25 mm – 81,1%.

În solul de sub ogor negru, pe ambele fonduri de fertilizare, hidrostabilitatea agregatelor structurale cu dimensiuni de 7-0,25 mm este mai mare decît a celor din solul sub pîrloagă. Menţionăm, la fel, dispersarea agregatelor structurale ale solului pe ambele fonduri de fertilizare pe ogorul negru comparativ cu pîrloaga.

În anul 2012, an cu secetă pronunţată, apare prioritatea asolamentului pe ambele fonduri de fertilizare la cultura grîului de toamnă – 80,3 şi 82,2%, comparativ cu 76,6 şi 77,7% în cultura permanentă. Menţionăm la fel tendinţa de deteriorare a structurii solului în cultura permanentă comparativ cu asolamentul (fig. 3.8.).

Aceeaşi tendinţă se observă şi pentru cultura sfeclei de zahăr, cu prioritatea asolamentului faţă de cultura permanentă pe ambele fonduri de fertilizare.

Calitatea agregatelor structurale ale solului de pe pîrloagă este net superioară celor din ogorul negru pe ambele fonduri de fertilizare. Se observă, la fel, contrastul existent în cantitatea de agregate hidrostabile cu dimensiuni mai mici de 0,25 mm determinat în ogorul negru şi în pîrloagă. Ogorul negru se deosebeşte cu cea mai mare pondere a agregatelor structurale pulverizate în mărime mai mică de 0,25 mm – 26,1-28,1%.

Astfel, după ponderea agregatelor hidrostabile prioritatea revine parcelelor cu pîrloagă, faţă de ogor negru, dar, în majoritatea cazurilor, şi faţă de celelalte variante studiate în experienţă.

După ele urmează ponderea mai mare a agregatelor hidrostabile pentru solul din asolament, în special, pe fond fertilizat. Menţionăm tendinţa de reducere a hidrostabilităţii agregatelor structurale pentru solul utilizat în cultura permanentă, dar îndeosebi sub ogor negru, indiferent de fondul de fertilizare.

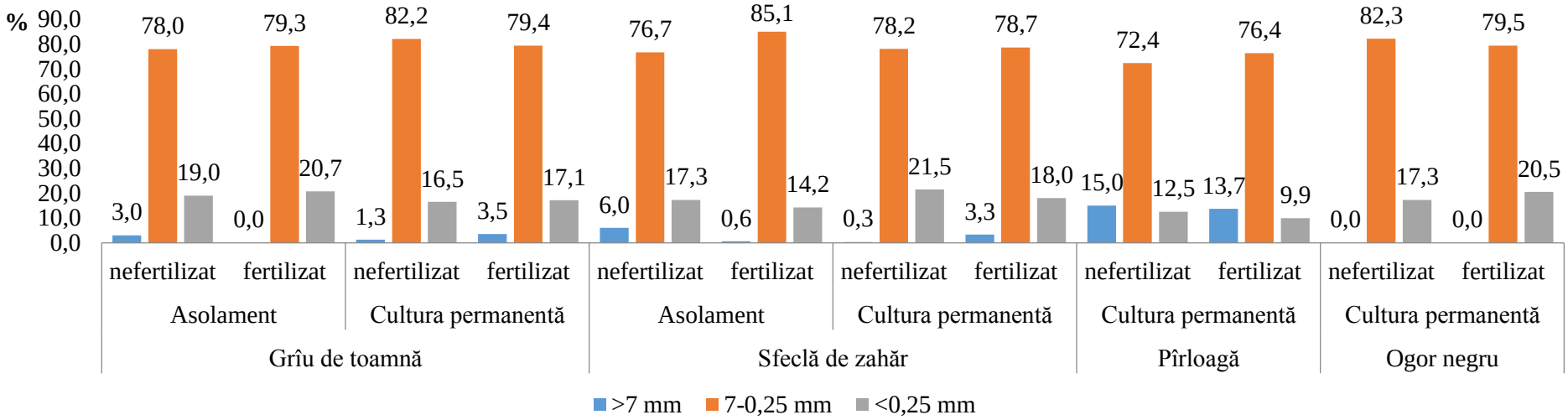


Fig. 3.7. Hidrostabilitatea agregatelor structurale de diferit diametru (%) pentru solul de pe variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă anul 2011, stratul de sol 0-40 cm (DL05 pentru >7= 5,77; 7-0,25=7,79 ;<0,25=5,13)

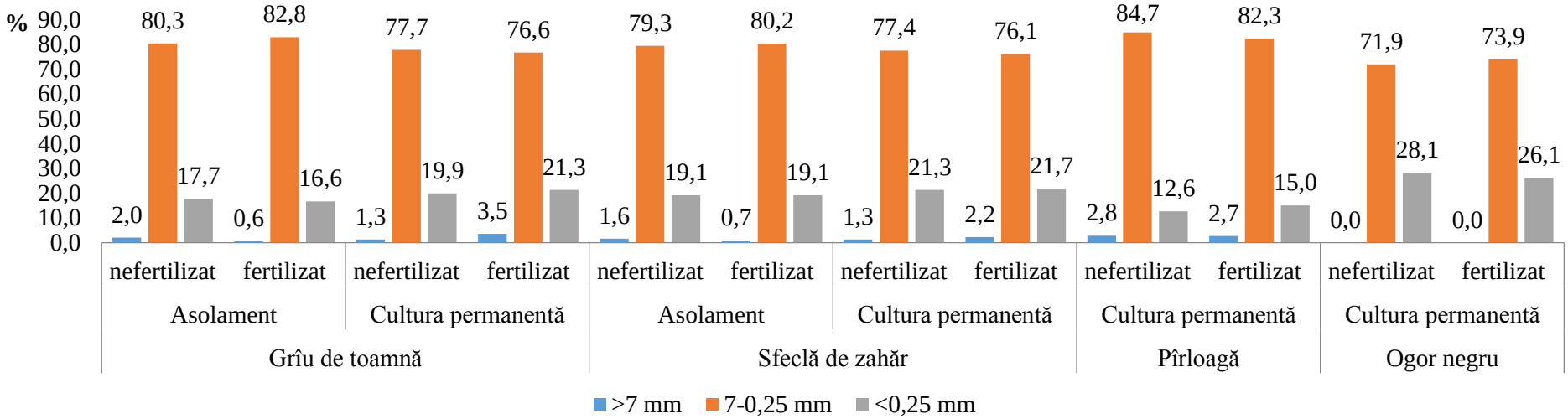


Fig. 3.8. Hidrostabilitatea agregatelor structurale de diferit diametru (%) pentru solul de pe variantele studiate, în experienţa de cîmp de lungă durată pe asolamente, culturi permanente, ogor negru şi pîrloagă anul 2012, stratul de sol 0-40 cm (DL05 pentru >7= 2,35; 7-0,25=3,60 ;<0,25=2,92)

3.1.5. Influenţa asolamentului şi fertilizării asupra rezistenţei de tracţiune a maşinilor agricole

Procedeele agrotehnice (asolamentul, lucrarea, fertilizarea, irigarea solului ş.a.) influenţează proprietăţile agrofizice, agrochimice şi biologice ale solului. La rîndul său, solul exercită influenţă asupra nivelului de producţie şi a calităţii producţiei obţinute.

Cercetările efectuate în perioada precedentă în experienţele de cîmp de lungă durată a ICCC „Selecţia" au demonstrat rolul determinant al substanţei organice a solului şi a resturilor organice proaspăt încorporate în sol în ameliorarea stării de calitate a solului în cazul omogenităţii spaţiale a texturii învelişului de sol. Aceste materiale au fost publicate în unul din capitolele cărţii „Solul ca Patrimoniu Mondial" dedicate celor 50 de ani de la fondarea experienţelor de cîmp de lungă durată pe asolamente a ICCC „Selecţia", publicată de editura Springer în 2014.

Una din concluziile de bază a acestei publicaţii constă în faptul că folosirea insuficientă a resturilor organice proaspete contribuie la intensificarea proceselor de descompunere a substanţei organice în sol, la reducerea conţinutului fracţiei labile de substanţă organică a solului care, de fapt, influenţează, în modul cel mai direct, proprietăţile agrofizice ale solului.

Situaţia se agravează în anii secetoşi, atunci cînd înrăutăţirea proprietăţilor agrofizice ale solului creează dificultăţi în asigurarea plantelor cu apă accesibilă.

Cercetările anilor precedenţi au permis de a constata că degradarea proprietăţilor agrofizice ale solului contribuie la majorarea cheltuielilor de motorină la lucrarea acestuia, din cauza rezistenţei sporite la lucrarea lui cu maşinile agricole, în particular, cu plugul cu cormană.

Din aceste considerente, cercetările au fost efectuate în cooperare cu Staţiunea de Stat de Încercare a Maşinilor Agricole din Chişinău (anexa 8), care dispune de utilaj tehnic pentru aprecierea rezistenţei solului la arat. Măsurările au fost efectuate cu folosirea staţiunii tenzometrice, care au permis obţinerea indicilor din tab. 3.9. pentru două asolamente (№ 2 şi № 5) din experienţa de cîmp de lungă durată. După cum a fost menţionat anterior, asolamentul № 5 include 3 cîmpuri de lucernă la masă verde din cele 10 cîmpuri cu folosirea a 4 t/ha gunoi de grajd la o unitate de suprafaţă în asolament. Asolamentul № 2 include un cîmp de ogor negru din cele 10 cîmpuri fără aplicarea îngrăşămintelor organice.

Indicatorii obţinuţi în cele două asolamente mărturisesc cu elocvenţă faptul că la aceeaşi adîncime de lucrare a solului – 22 cm după recoltarea grîului de toamnă, productivitatea agregatului a fost mai înaltă în asolamentul № 5, comparativ cu asolamentul № 2 – 0,63 ha/oră şi 0,55 ha/oră, corespunzător. Puterea consumată a constituit 65,8 cai putere în asolamentul № 5 şi 76,6 în asolamentul № 2.

Tabelul 3.9. Indicatorii energetici la efectuarea arăturii cu plug cu cormană în diferite asolamente de lungă durată a ICCC „Selecţia”, anul 2012

Indicatori	Valoarea indicatorilor pe asolamente	
	2	**5**
Regimul de lucru:		
Treapta de viteză a tractorului „Belarus 82.1”	3B	3B
Viteza de deplasare a agregatului, km/h	5,22	5,98
Turaţia arborelui cotit al motorului, min^{-1}	2201	2213
Consumul orar de combustibil, kg/h (l/h)	13,3 (16,1)	12,0 (14,5)
Adîncimea arăturii, cm	22	22
Lăţimea de lucru a plugului, m	1,05	1,05
Productivitatea calculată a agregatului, ha/h timp efectiv	0,55	0,63
Indicatori energetici:		
Puterea consumată, CP	76,6	65,8
Inclusiv:		
Puterea de tracţiune	42,0	39,6
Puterea de autodeplasare	6,9	7,9
Puterea de patinare	19,0	10,4
Pierderile de putere în transmisie	6,7	5,9
Puterea de acţionare a pompei sistemului hidraulic	2	2
Rezistenţa de tracţiune a maşinii, kg/f	2171	1790
Rezistenţa specifică de tracţiune, kgf/cm^2	0,94	0,78
Cheltuieli energetice specifice, CP×h/ha, (kW×h/ha)	139 (102)	104 (46,8)
Consumul specific de combustibil, kg/h (l/ha)	24,1 (29,1)	19,1 (23,0)
Gradul de solicitare a motorului, %	98	84
Patinarea propulsorilor, %	28	18
Duritatea solului, kg/cm^2	56,3	46,4

O serie de alţi indicatori au fost mai mari în asolamentul № 2 comparativ cu asolamentul № 5: puterea de tracţiune, puterea de autodeplasare, puterea de patinare, pierderea de putere în transmisie, rezistenţa de tracţiune a maşinii, rezistenţa specifică de tracţiune, cheltuieli specifice ale procesului tehnologic, gradul de solicitare a motorului, patinarea propulsorilor, care, în ultimă instanţă au majorat consumul de motorină pentru efectuarea arăturii solului la adîncimea de 22 cm.

Consumul specific de combustibil a alcătuit: în asolamentul № 2 – 29,1 l/ha, iar în asolamentul № 5 – 23,0 l/ha. Aceşti indicatori se află în strînsă concordanţă cu rezistenţa la penetrare, determinată concomitent cu măsurările efectuate cu ajutorul dispozitivelor tenzometrice.

Cu regret, din cauza excluderii ierburilor perene din asolamente, în lipsa folosirii gunoiului de grajd sau a altor surse de materie organică în sol, proprietăţile agrofizice ale solului s-au înrăutăţit, ceea ce a contribuit la majorarea consumului de carburanţi la efectuarea arăturii solului în gospodăriile agricole din Republica Moldova.

Acest fapt a fost confirmat de noi în cooperativa agricolă „Danulschii” din satul Danul, r-nul Glodeni, (anexa 14) care datorită includerii lucernei în asolament şi a folosirii gunoiului de

grajd (unica gospodărie din raion, care a păstrat fermele de vite mari cornute) a redus consumul de motorină cu 500 litri pe o suprafaţă de 100 ha (actul semnat de conducătorul gospodăriei, dl Colibaba Eduard pe 27 septembrie 2013).

Dacă presupunem că folosim plugul cu cormană doar pe o jumătate din terenurile arabile, adică pe 850 mii ha, economia la scară republicană, va constitui – 5 185 000 litri (86 cisterne a cîte 60 tone fiecare) la o sumă de 85 552 500 lei.

3.1.6. Conţinutul şi rezerva de substanţă organică – factorul integral în menţinerea stării de calitate şi capacităţii de producţie a cernoziomului tipic

Comparînd solul din ogorul negru în asolament cu cel din cultura permanentă, putem observa o scădere a conţinutului de substanţă organică cu 0,3% pe varianta nefertilizată şi cu 0,25% pe cea fertilizată. Scăderea este mai mică în cultura permanentă comparativ cu asolamentul (tab. 3.10.).

În ceea ce priveşte grîul de toamnă amplasat în asolament pe fond fertilizat, unde se introduc îngrăşăminte organo-minerale şi cel nefertilizat, unde nu se administrează îngrăşăminte, diferenţa pentru stratul 0-40 cm constituie 0,07 % în favoarea asolamentului pe fond fertilizat.

Tabelul 3.10. Conţinutul de substanţă organică (%) în asolament şi în cultura permanentă, anul 2009

Statul de sol, cm	Pîrloagă		Grîu de toamnă				Sfeclă de zahăr				Ogor negru	
			asolament		cultura permanentă		asolament		cultura permanentă			
	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.
0-20	5,50	5,91	4,44	4,50	4,31	5,28	4,42	4,50	4,42	4,88	3,96	4,01
20-40	5,00	4,89	4,33	4,41	4,26	5,11	4,28	4,42	4,34	4,41	3,85	3,90
0-40	5,25	5,34	4,38	4,45	4,28	5,19	4,35	4,46	4,38	4,64	3,90	3,95

Cel mai mare conţinut de substanţă organică în stratul de 0-40 cm este înregistrat la pîrloagă pe ambele fonduri – 5,25-5,34%, iar cel mai mic la ogorul negru – 3,90-3,95%. Celelalte variante ocupă o poziţie intermediară. Menţionăm că în cultura permanentă a grîului de toamnă şi a sfeclei de zahăr are loc o acumulare semnificativă a substanţei organice sub influenţa fertilizării comparativ cu asolamentul.

Comparativ cu pîrloaga, ogorul negru a avut o scădere a rezervei de substanţă organică în stratul de sol 0-40 cm şi anume cu 43,2 t/ha pe fond nefertilizat şi cu 54,3 t/ha pe fond fertilizat (tab. 3.11.). Ogorul negru în asolament a înregistrat o creştere faţă de ogorul negru în cultura permanentă pe fond nefertilizat cu 6,4 t/ha şi 7,8 t/ha faţă de fondul fertilizat. Grîul de toamnă pe fond fertilizat în asolament a avut o creştere cu 1,8 t/ha faţă de cel pe fond nefertilizat.

Cea mai mare rezervă de substanţă organică în stratul de sol 0-40 cm este înregistrată la pîrloagă pe ambele fonduri de fertilizare – 245,2-254,9 t/ha, iar cea mai mică la

ogorul negru – 202,0-200,6 t/ha, cu excepţia variantei fertilizate a sfeclei pentru zahăr în cultura permanentă, care a avut o creştere faţă de pîrloagă.

Tabelul 3.11. Rezerva de substanţă organică (t/ha) în asolament, cultura permanentă, ogor negru şi pîrloagă, anul 2009

Statul de sol, cm	Pîrloagă		Grîu de toamnă				Sfeclă de zahăr				Ogor negru	
			Asolament		Cultura permanentă		Asolament		Cultura permanentă			
	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.	Nef.	Fer.
0-20	123,2	133,6	103,9	107,1	100,0	117,2	98,1	101,7	102,5	132,9	94,2	93,0
20-40	122,0	121,3	114,3	114,6	107,4	111,8	112,1	110,5	116,3	138,5	107,8	107,4
Suma 0-40	245,2	254,9	218,9	221,7	207,4	229,0	210,2	212,2	218,8	271,4	202,0	200,6

Această creştere a fost influenţată, la rîndul ei, de un procent mai mare de substanţă organică şi o densitate aparentă, la fel, mai înaltă în stratul de 20-40 cm. Rezerva înaltă a substanţei organice în cultura permanentă a sfeclei de zahăr pe fond fertilizat este determinată de producţia foarte redusă de rădăcini şi, concomitent, pierderi mineralizaţionale mai mici comparativ cu asolamentul.

3.2.Concluzii la capitolul 3

1. Indicatorii agrofizici, cu excepţia densităţii solului, demonstrează valori maxime la ogorul negru şi minime la pîrloagă. Pe variantele studiate din veriga asolamentului cu grîu de toamnă şi sfeclă de zahăr aceşti indicatori ocupă o poziţie intermediară:

- În stratul de sol 0-20 cm densitatea aparentă pe parcelele cu ogor negru variază în limitele 1,21-1,24 g/cm^3 (slab tasat), iar pe parcelele cu pîrloagă este cca 1,12 g/cm^3 (ne tasat). Porozitatea totală a solului în stratul de sol 0-20 cm constituie pe parcele cu pîrloagă – 54,8-55,2%, iar pe cele cu ogor negru – 51-51,7%. Acest indicator după valori ocupă o poziţie intermediară pentru solul utilizat sub cultura grîului de toamnă şi sfeclă de zahăr. Tendinţele sînt similare şi pentru stratul de sol 20-40 cm.

- Cele mai mici valori a rezistenţei la penetrare au fost depistate pe parcelele cu grîu de toamnă pe ambele fonduri de fertilizare în asolament, ceea ce este diametral opus tendinţei observate pentru solul utilizat la cultura sfeclei de zahăr în asolament, în special, pe fond nefertilizat. Pe parcelele cu pîrloagă rezistenţa la penetrare a solului este cea mai mică constituind, în medie pentru 3 ani, 20,8-21,6 kg/cm^2, iar pe ogor negru 26,9-30,3 kg/cm^2.

- Ponderea agregatelor structurale agronomic valoroase (3-0,25 mm) a fost cea mai mare pentru solul utilizat sub cultura grîului de toamnă, atît în asolament, cît şi în cultura permanentă, constituind în medie, pentru 4 ani, pe fond nefertilizat – 50% -50,4%, iar pe fond fertilizat – 54,0%-54,9%, corespunzător. Cea mai mică pondere a agregatelor agronomic

valoroase a fost determinată pentru solul de pe parcelele cu ogor negru – 42,8-43,5%. După conţinutul în sol a agregatelor agronomic valoroase celelalte variante au ocupat o poziţie intermediară.

- Conţinutul procentual de agregate hidrostabile cu dimensiuni 7-0,25 mm, în medie pentru 4 ani, în stratul de sol 0-40 cm a fost cel mai mare la sfecla de zahăr în asolament pe fond fertilizat – 83,5%, iar pe fond nefertilizat – 80,9%. În cultura permanentă a sfeclei de zahăr pe ambele fonduri de fertilizare acest indicator a constituit 78,8-79,1%. Modul de cultivare şi fertilizare a grîului de toamnă nu a influenţat asupra hidrostabilităţii, conţinutul agregatelor hidrostabile fiind în limitele – 79,2-80,9%, ceea ce nu diferă de parcelele cu pîrloagă – 79,3-79,4%. Cea mai mică hidrostabilitate a agregatelor structurale a fost determinată pentru solul ogorului negru pe ambele fonduri de fertilizare – 77,0 -78,4%.

2. În asolamentul cu ierburi leguminoase perene împreună cu folosirea gunoiului de grajd scade rezistenţa opusă de sol faţă de organele de lucru a plugului cu cormană, astfel contribuind la reducerea cheltuielilor de combustibil la o unitate de suprafaţă.

4. REGIMUL HIDRIC AL SOLULUI, PRODUCTIVITATEA CULTURILOR ŞI EFICIENŢA ECONOMICĂ

4.1. Regimul hidric al solului

Apa lichidă în sol se găseşte în următoarele forme:

• Apa higroscopică – este reprezentată prin straturi de molecule de apă (dipoli) reţinute la suprafaţa particulelor de sol datorită forţelor de sorbţie. Nu este accesibilă pentru plante.

• Apa peliculară sau slab legată. După ce solul a fixat apa higroscopică în continuare fixează alte molecule de apă pînă la satisfacerea totală a capacităţii de sorbţie a solului. Această apă peliculară se mişcă numai în jurul moleculelor solului, şi poate fi folosită, într-o oarecare măsură, de către plante (apă greu accesibilă pentru plante).

• Apa capilară – este reţinută în porii capilari datorită forţelor de menisc. În condiţii naturale solul reţine numai o parte de apa capilară, pînă la nivelul capacităţii de cîmp (cel mai important indice hidrofizic al solului). În sol apă capilară poate fi diferenţiată în apă capilară sprijinită şi apă capilară suspendată. Apa capilară este comparativ uşor accesibilă pentru plante.

• Apa gravitaţională – prezintă apa care se scurge în adîncime sub influenţa forţelor de gravitate în cazul cînd solul este umezit peste nivelul capacităţii de cîmp.

Forţa de reţinere a apei în sol, mobilitatea şi accesibilitatea pentru plante se modifică, în funcţie de umiditate. Umiditatea solului exprimată în procente la care se înregistrează schimbări esenţiale ale mobilităţii şi accesibilităţii apei pentru plante, au căpătat denumirea de indici hidrofizici: capacitatea totală **(CT);** capacitatea de cîmp **(CC);** umiditatea de rupere a continuităţii apei în capilare (**URC)**; coeficientul de ofilire **(CO);** capacitatea de apă accesibilă **(CU = CC – CO);** coeficientul de higroscopicitate **(CH).** Coeficientul de higroscopicitate este utilizat la aprecierea prin calcul a coeficientului de ofilire **(CO = CH x 1,5).**

Apa accesibilă pentru plante se clasifică în:

1. Apa foarte uşor accesibilă – intervalul de umiditate de la **CT** pînă la **CC** (apa gravitaţională se mişcă sub influenţa forţelor gravitaţionale şi nu este reţinută în sol timp îndelungat).
2. Apa uşor şi moderat accesibilă pentru plante – intervalul de umiditate a solului de la **CC** pînă la **URC** (apa capilară, se mişcă sub influenţa forţelor capilare şi se reţine în sol timp îndelungat, formînd cele mai importante rezerve de umiditate pentru creşterea plantelor).
3. Apa greu accesibilă pentru plante – intervalul de umiditate de la **URC** pînă la **CO** (apa peliculară, se mişcă sub influenţa forţelor de sorbţie în jurul moleculelor de sol şi se reţine în sol timp îndelungat. Ea slab influenţează productivitatea plantelor de cultură.

Cercetările efectuate la determinarea umidităţii solului, în experienţele de cîmp de lungă durată, ne permit de a aprecia rezervele de apă accesibilă în sol la o anumită perioadă – de regulă, la începutul şi sfîrşitul perioadei de vegetaţie a plantelor de cultură [17].

Rezervele de apă accesibilă primăvara, atît în stratul de 0-100 cm, cît şi 0-200 cm, în cultura permanentă a grîului de toamnă nu cedează celor determinate în asolament indiferent de fondul de fertilizare (tab. 3.12.). La recoltare aceste rezerve de apă în sol sînt considerabil mai mici în asolament comparativ cu cultura permanentă pe fond nefertilizat – 144,6 şi 220,4 mm, iar pe fond fertilizat – 132,2 şi 175,5 mm, corespunzător.

La cultivarea grîului de toamnă în asolament consumul de apă în perioada de vegetaţie depăşeşte consumul de apă în cultura permanentă, constituind pe fond nefertilizat – 181,8 şi 134,4 mm, corespunzător, iar pe fond fertilizat – 202,1 şi 164,0 mm, corespunzător.

Astfel, consumul de apă în asolament pe fond nefertilizat creşte faţă de consumul de apă în cultura permanentă cu 47,4 mm, iar pe fond fertilizat cu 38,0 mm. În acelaşi timp, aplicarea fertilizanţilor în cadrul asolamentului sporeşte consumul de apă cu 20,3 mm, iar în cultura permanentă cu 30,0 mm. S-a constatat că asolamentul asigură un consum mai raţional de apă, fapt care necesită a fi confirmat şi prin consumul de apă pentru formarea unei unităţi de producţie.

Menţionăm faptul că ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul de apă din stratul de sol 0-200 cm constituie pe fond nefertilizat în asolament şi cultură permanentă – 53,4 şi 65,4%, corespunzător. Fertilizarea nu modifică brusc această regularitate constituind – 52,6 şi 61,6%, corespunzător. Aceasta demonstrează că în asolament plantele de grîu folosesc apa în măsură egală din stratul 0-100 şi 0-200 cm, pe cînd în cultura permanentă plantele sînt dependente, în măsură mai mare, de apa din stratul 0-100 cm. Putem presupune că cultura permanentă a grîului de toamnă va fi afectată mai mult în condiţiile unui an secetos. Fluctuaţiile în nivelul de producţie sînt mai mari în cultura permanentă comparativ cu asolamentul pe ambele fonduri de fertilizare (tab. 3.12., 3.13., 3.14.).

În anii de cercetare s-a determinat consumul total de apă (folosită din stratul de sol 0-200 cm şi din precipitaţiile atmosferice) şi ponderea apei din sol în formarea nivelului de producţie în asolament şi cultura permanentă. Am constatat că ponderea apei din sol în consumul total de apă pe fond nefertilizat în asolament constituie 47,1%, iar pe fond fertilizat 50,0%. Concomitent, ponderea apei din sol în consumul total de apă pe fond nefertilizat în cultura permanentă constituie 41,2%, iar pe fond fertilizat 46,1%. Astfel, nivelul de producţie a grîului de toamnă este mult mai dependent de precipitaţiile atmosferice în cultura permanentă decît în asolament.

La fel, este cunoscut faptul stabilit în cercetările anterioare, în cadrul experienţelor de cîmp de lungă durată cu asolamente şi culturi permanente, cu privire la sănătatea rădăcinilor de plante, adică capacitatea lor de a absorbi apă şi elementele nutritive din sol [32]. Cercetările noastre confirmă faptul că, în pofida rezervei suficiente de apă şi nutrienţi în solul din asolament şi cultura permanentă, plantele din cultura permanentă nu sînt capabile să le folosească. Aici se află cheia în înţelegerea multor aspecte ce ţin de folosirea raţională a apei, a nutrienţilor, combaterea organismelor nocive etc., în asolament şi cultura permanentă. Procesele mai favorabile de transformare a substanţei organice a solului din asolament favorizează o vitalitate mai înaltă şi condiţii mai bune pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor, comparativ cu cultura permanentă. Folosirea fertilizanţilor contribuie la o anumită ameliorare a acestor procese, dar nicidecum nu pot schimba sau compensa absenţa asolamentului. De aceea, reîntoarcerea la principiile agronomice de construire a asolamentelor în agricultura modernă rămîne unul crucial pentru modernizarea agriculturii. Consumul de apă din sol pentru formarea unei tone de boabe de grîu de toamnă în asolament, pe fond nefertilizat, a constituit – 439,4 m^3, iar pe fond fertilizat – 465,1 m^3, practic la acelaşi nivel de producţie (4,13-4,34 t/ha).

Consumul de apă din sol pentru formarea unei tone de boabe producţie de bază, pe fond nefertilizat în cultura permanentă, a constituit 1058,3 m^3, iar pe fond fertilizat 766,4 m^3.

Rolul asolamentului în reducerea consumului de apă din sol este considerabil mai înalt în lipsa fertilizanţilor – 619,1 mm (1058,3-439,2 mm). Folosirea îngrăşămintelor minerale şi organice contribuie nesemnificativ la creşterea consumului de apă din sol pentru formarea unei tone de boabe de grîu de toamnă – 22,1 mm (461,5-439,4 mm). La folosirea fertilizanţilor în cultura permanentă reducerea consumului de apă din sol este echivalent sub influenţa fertilizării – 291,9 (1058,3-766,4 mm) şi rotaţiei culturilor 285,2 mm (766,4-481,2 mm).

Astfel, efectul fertilizării este considerabil mai înalt în reducerea consumului de apă din sol la cultura permanentă decît în asolament. Cu alte cuvinte, folosirea îngrăşămintelor în asolament contribuie, dar în măsură mai mică, la folosirea mai raţională a apei din sol, comparativ cu cultura permanentă. Consumul de apă mai mic în cultura permanentă comparativ cu asolamentul, este determinat, după cum a fost menţionat anterior, de incapacitatea sistemului radicular de a folosi apa şi nutrienţii din sol. Cercetările microbiologice efectuate pe aceste variante, în experienţa de cîmp de lungă durată, de microbiologul Sandrac N.A., au demonstrat elocvent că în cultura permanentă domină colonii de fungi patogeni, care pot infecta concomitent sistemul radicular cu boli [87]. Este evident că fertilizarea nicidecum nu poate compensa efectul benefic al asolamentului asupra stării de calitate microbiologică a solului. Acest fapt a fost stabilit de mai mulţi cercetători [76].

Consumul total de apă (din sol + precipitaţii atmosferice) la formarea unei tone de producţie de bază a grîului de toamnă sub influenţa rotaţiei, inclusiv pe fond fertilizat, păstrează aceeaşi legitate ca şi în cazul consumului de apă din sol. În cultura permanentă creşte considerabil consumul neraţional de apă.

Din cele relatate anterior concluzia de bază scoate în evidenţă importanţa crucială a respectării asolamentului în folosirea raţională a apei din sol şi a precipitaţiilor atmosferice în condiţiile agriculturii cu insuficienţă de precipitaţii atmosferice. Aplicarea fertilizanţilor contribuie la o folosire mai raţională a apei din sol şi precipitaţii, însă nu pot compensa influenţa benefică a asolamentului.

Deoarece în asolamentul № 2 şi № 5 au fost determinaţi parametrii ce ţin de rezistenţa opusă de sol la mişcarea plugului cu cormană, vom urmări eficacitatea folosirii apei din sol la cultura grîului de toamnă, care este determinată de conţinutul de substanţă organică în sol şi proprietăţile agrofizice ale solului (tab. 3.12.).

Primăvara şi la recoltarea grîului de toamnă în asolamentul № 5 (cu lucernă) rezervele de apă accesibilă sînt mai mari decît în asolamentul № 2 (cu ogor negru). Avantajul asolamentului № 2 după rezervele de apă accesibilă primăvara în stratul de 0-100 şi 0-200 cm faţă de asolamentul № 5 constituie 15,0 mm (180,9 mm - 165,9 mm) şi 34,1 mm (357,1 mm - 323,0 mm), corespunzător. La recoltare diferenţa este mai mică, fiind în favoarea asolamentului № 2 – 11,9 şi 9,6 mm, corespunzător. În asolamentul № 2 consumul de apă din sol depăşeşte consumul de apă în asolamentul №5, îndeosebi pentru stratul de 0-200 cm – 217,0 şi 192,7 mm, corespunzător. Însă ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul de apă din sol constituie 59,1% în asolamentul № 5 şi 53,9% în asolamentul № 2.

Astfel, în asolamentul № 5 se creează condiţii mai favorabile pentru creşterea şi dezvoltarea rădăcinilor şi pentru acumularea apei, care, în final, contribuie la folosirea mai raţională a apei din precipiţiile atmosferice. Această presupunere se confirmă prin ponderea mai mică a apei din sol în consumul total de apă în asolamentul № 5, comparativ cu asolamentul № 2 – 48,6 şi 51,5%, corespunzător şi prin consumul de apă din sol pentru formarea unei tone de producţie de bază – 433,0 şi 481,0 m^3, corespunzător şi consumul total de apă pentru formarea unei tone de producţie de bază – 912,0 şi 933,5 m^3, corespunzător.

În anul secetos 2012 grîul de toamnă amplasat în asolamentul № 5 (cu lucernă) a înregistrat cel mai efectiv consum de apă pentru formarea unei tone de producţie de boabe, folosind preponderent apa din stratul de sol 0-100 cm (anexa 6 şi 7).

Tabelul 3.12. Utilizarea apei din sol şi precipitaţii la cultivarea grîului de toamnă în asolament şi cultura permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat, media pentru perioada 2009-2012

Stratul de sol, cm	Rezerva de apă accesibilă în sol, mm		Consumul de apă accesibilă din sol din contul rezervei iniţiale, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol, %	Suma precipitaţiilor în perioada de vegetaţie, mm	Consumul total de apă, mm	Ponderea rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol în consumul total de apă, %	Producţia, t/ha	Consumul din rezerva iniţială de apă accesibilă din sol, m^3 la o tonă de producţie de bază	Consumul total de apă din sol, m^3 tonă de producţie de bază
	primăvara (rezerva iniţială)	la recoltare								
Asolament fond nefertilizat										
0-100	164,6	67,6	97,0	53,4	203,9	385,7	47,1	4,13	439,4	932,3
0-200	326,4	144,6	181,8	-						
fond fertilizat										
0-100	168,4	62,4	106,3	52,6	203,9	406,1	50,0	4,34	461,5	934,5
0-200	334,3	132,2	202,1	-						
Cultura permanentă fond nefertilizat										
0-100	162,1	74,2	87,9	65,4	191,8	326,2	41,2	1,27	1058,3	2568,5
0-200	354,8	220,4	134,4	-						
fond fertilizat										
0-100	157,6	56,5	101,1	61,6	191,8	355,8	46,1	2,14	766,4	1662,6
0-200	339,5	175,5	164,0	-						
Asolamentul Nr. 5										
0-100	165,9	52,1	113,9	59,1	203,9	396,7	48,6	4,35	443,0	912,0
0-200	323,0	130,4	192,7	-						
Asolamentul Nr. 2										
0-100	180,9	64,0	116,9	53,9	203,9	421,0	51,5	4,51	481,0	933,5
0-200	357,1	140,1	217,0							

Cultura sfeclei de zahăr se deosebeşte de cultura grîului de toamnă atît după influenţa rotaţiei culturilor, cît şi după influenţa fertilizării (tab. 3.13.).

Primăvara în stratul 0-200 rezervele de apă productivă în sol în asolament sînt considerabil mai mari (311,9 mm şi 351,3 mm) decît în solul utilizat sub cultura permanentă pe fond nefertilizat 283,0 mm şi 338,9 mm pe fond fertilizat, corespunzător. Această legitate se păstrează şi către momentul recoltării culturii – 126,6 şi 176,8 mm pe fond nefertilizat şi 125,5 – 150,5 mm pe fond fertilizat, corespunzător.

În asolament şi la cultura permanentă consumul de apă din stratul de sol 0-200 cm a constituit, pe fond nefertilizat – 185,3 şi 174,5 mm, iar pe fond fertilizat – 157,5 şi 188,5 mm, corespunzător.

Ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul rezervelor iniţiale de apă accesibilă din sol a constituit în asolament şi cultura permanentă, pe fond nefertilizat – 60,4 şi 54,0%, corespunzător, iar pe fond fertilizat – 68,6 şi 56,4%, corespunzător.

Observăm o situaţie diametral opusă celei descrise pentru cultura grîului de toamnă. Dacă cultura grîului de toamnă preferă folosirea apei din stratul 0-100 cm de sol în cazul amplasării ei în cultura permanentă comparativ cu asolamentul, indiferent de fondul de fertilizare, apoi cultura sfeclei de zahăr, din contra, în condiţii de cultură permanentă preferă să folosească apa din straturile mai adînci ale solului.

Consumul înalt de apă din stratul de sol 0-100 cm în asolament pe ambele fonduri de fertilizare, dar îndeosebi pe fond fertilizat, majorează pericolul influenţei negative a insuficienţei de apă accesibilă în acest strat de sol, pentru formarea recoltei, fapt confirmat în condiţiile anului 2012 (anexa 2).

Ponderea apei din sol în consumul total de apă de către plante (apa din sol + precipitaţii atmosferice) a fost redus din solul de sub cultura permanentă comparativ cu cel din solul în asolament pe fond nefertilizat – 41,5 şi 43,4%, corespunzător, iar pe fond fertilizat – 43,4 şi 39,4%, corespunzător. Cu alte cuvinte, cultivarea sfeclei de zahăr în asolament tinde spre folosirea mai raţională a apei din precipitaţii atmosferice, pe cînd în cazul culturii permanente creşte dependenţa de precipitaţiile atmosferice, inclusiv de irigare. Situaţia este paradoxală, deoarece conţinutul de substanţă organică în sol este mai înalt în cultura permanentă pe fond fertilizat, dar capacitatea plantelor de a folosi această umiditate este redusă.

Pentru formarea unei tone de rădăcini consumul de apă din sol constituite în asolament şi în cultura permanentă, pe fond nefertilizat – 94,1 şi 465,3 m^3, corespunzător, iar pe fond fertilizat – 53,5 şi 366,7 m^3, corespunzător. Astfel, nerespectarea asolamentului contribuie la majorarea consumului neraţional de apă pe fond nefertilizat de 4,9 ori, iar pe fond fertilizat de 6,8 ori.

Fertilizarea reduce consumul neraţional de apă de 1,8 ori în asolament şi 1,3 ori în cultura permanentă. Se constată prioritatea indiscutabilă a asolamentului faţă de fertilizare în folosirea raţională a apei de către cultura sfeclei de zahăr. Bineînţeles că efectul sinergic maxim se obţine la îmbinarea lor raţională.

Asolamentul № 5 dispune de avantaje în acumularea apei în sol primăvara, îndeosebi în stratul 100-200 cm, faţă de asolamentul № 3 (fond fertilizat, dar fără ierburi perene). Menţionăm că consumul de apă pe parcursul perioadei de vegetaţie este mai înalt în asolamentul № 5. Ca rezultat, consumul de apă din sol în perioada de vegetaţie a sfeclei de zahăr a alcătuit, din stratul 0-100 cm în asolamentul № 3 şi № 5 – 108,0 şi 118,9 mm, corespunzător, iar din stratul 0-200 cm – 157,5 şi 209,8 mm, corespunzător.

Din cauza acumulării unei cantităţi mai mari de apă în stratul de sol 0-100 cm consumul de apă din sol a scăzut de la 68,6% în asolamentul № 3 pînă la 56,7% în asolamentul № 5. A crescut ponderea apei din sol în consumul total de apă în asolamentul № 5 – 46,4% faţă de 39,4% în asolamentul № 3. Adică, datorită unei capacităţi mai mari de acumulare a apei în sol în asolamentul № 5 (ceea ce este favorizat de ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului în asolamentul cu ierburi perene) scade dependenţa nivelului de producţie de cantitatea de precipitaţii atmosferice. Aceasta se confirmă în anii de studiu, cu excepţia anului 2012, care a fost, de fapt, o calamitate naturală. Spre exemplu, la aceeaşi cantitate de precipitaţii atmosferice în 2009, producţia de rădăcini în asolamentul № 5 a constituit 31,5 tone, iar în asolamentul № 2 – 27,5 tone, iar în anul 2011 – 33,6 şi 37,12 t/ha, corespunzător, fiind la aceleaşi nivel în 2010 (anexa 2 şi 7).

Este evident că în anii cu insuficienţă de precipitaţii atmosferice, cum au fost anii, 2009 şi 2011 comparativ cu 2010, creşte dependenţa nivelului de producţie a sfeclei de zahăr de consumul de apă din sol. Cu cît proprietăţile agrofizice sînt mai favorabile, adică mai aproape de parametrii optimali, cu atît cantitatea de apă acumulată în sol şi folosită de plante creşte. În anii 2009 şi 2011, cu o cantitate mai mică de precipitaţii atmosferice – 163,2 şi 271,7 mm, corespunzător comparativ cu anul 2010 – 370,4 mm ponderea apei din sol în consumul total de apă creşte, constituind 56,5 şi 47,1% în anii 2009 şi 2011 şi numai 21,3% în anul 2010 (anexa 2) pentru asolamentul № 3 (fertilizat). În asolamentul № 5 ponderea apei din sol în consumul total de apă pentru formarea nivelului de producţie creşte ba chiar în anul 2010 cu abundenţă de precipitaţii – de la 21,5% în asolamentul № 3 pînă la 34,3% în asolamentul № 5 (anexa 7).

Astfel, ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului contribuie la folosirea mai raţională a apei indiferent de condiţiile climaterice create.

Tabelul 3.13. Utilizarea apei din sol şi precipitaţii la cultivarea sfeclei de zahăr în asolament şi cultură permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat, media pentru perioada 2009-2012

Stratul de sol, cm	Rezerva de apă accesibilă, mm		Consumul de apă accesibilă din sol din contul rezervei iniţiale, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol, %	Suma precipitaţiilor în perioada de vegetaţie, mm	Consumul total de apă, mm	Ponderea rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol în consumul total de apă, %	Producţia, t/ha	Consumul din rezerva iniţială de apă din sol, m^3/tonă de producţie de bază	Consumul total de apă m^3 la o tonă de producţie de bază
	primăvara (rezerva iniţială)	la recoltare								
Asolament fond nefertilizat										
0-100	160,5	48,7	111,9	60,4	242,0	427,3	43,4	19,70	94,1	216,9
0-200	311,9	126,6	185,3							
fond fertilizat										
0-100	151,0	43,0	108,0	68,6	242,0	399,6	39,4	29,43	53,5	135,8
0-200	283,0	125,5	157,5							
Cultura permanentă fond nefertilizat										
0-100	159,7	65,5	94,2	54,0	246,1	420,6	41,5	3,75	465,3	1121,6
0-200	351,3	176,8	174,5							
fond fertilizat										
0-100	178,0	71,8	106,2	56,4	246,1	434,6	43,4	5,14	366,7	845,5
0-200	338,9	150,5	188,5							
Asolamentul Nr. 5										
0-100	160,5	41,7	118,9	56,7	242	451,9	46,4	30,78	68,2	146,8
0-200	307,1	97,3	209,8							

Prezintă interes condiţiile de acumulare şi consum a apei pe parcelele de lungă durată cu ogor negru şi pîrloagă (tab. 3.14.).

După rezervele de apă productivă în straturile de sol 0-100 cm şi 0-200 cm pe fond nefertilizat avantajul îi revine parcelelor de pîrloagă – 159,7 şi 166,6 mm şi 328 – 353,4 mm, corespunzător. Pe fond fertilizat are loc acumularea rezervelor de apă productivă în ogorul negru, atît în stratul 0-100 cît şi 0-200 cm – 168,7 şi 357,3 mm, corespunzător. În acelaşi timp, pe parcelele de pîrloagă fertilizată rezervele de apă productivă în stratul de sol 0-200 cm se reduc de la 353,4 pînă la 334,4 mm. Pe parcursul perioadei de vegetaţie rezervele de apă productivă în sol scad brusc pe parcelele de pîrloagă comparativ cu ogorul negru. Astfel, consumul de apă din sol din stratul 0-200 cm în ogorul negru a constituit pe fond nefertilizat şi fertilizat – 48,0 şi 29,9 mm, corespunzător.

Ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul de apă din sol pe fond nefertilizat şi fertilizat în ogor negru a constituit 78,1 şi 57,8%, corespunzător, iar în pîrloagă 46,3 şi 51,4%, corespunzător. Astfel, consumul de apă din sol este considerabil mai înalt în pîrloagă decît în ogorul negru. Dacă în pîrloagă consumul de apă din sol pe parcursul perioadei de vegetaţie nu diferă în dependenţă de fondul de fertilizare cu o tendinţă de prevalare a consumului de apă din stratul 0-100 cm pe fond fertilizat comparativ cu fondul nefertilizat – 51,4 şi 46,3%, corespunzător, apoi în ogor negru fertilizarea cu îngrăşăminte organo-minerale contribuie la reducerea consumului de apă în ambele straturi de sol 0-100 şi 0-200 cm.

Concomitent, se schimbă şi ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul de apă din sol. Pe fond nefertilizat consumul de apă are loc preponderent din stratul de sol 0-100 cm – 78,1%, iar pe fond fertilizat ponderea lui în consumul de apă din sol scade pînă la 57,8%, cu reducerea concomitentă a consumului de apă. Astfel, în lipsa asolamentului creşte considerabil rolul fertilizării solului în acumularea şi consumul de apă din sol. Consumul total de apă este semnificativ mai înalt pe pîrloagă indiferent de fondul de fertilizare comparativ cu ogorul negru.

Ponderea apei din sol în consumul total de apă (din sol + precipitaţii atmosferice) este relativ mai mică pe ogorul negru, fond nefertilizat şi fertilizat – 18,7 şi 12,5%, corespunzător, dar creşte considerabil şi are aceeaşi mărime pe fond nefertilizat şi fertilizat pe parcelele de pîrloagă – 51,4 – 51,1%. Astfel, folosirea apei din precipitaţiile atmosferice este foarte neefectivă în ogorul negru. Doar 14,3% din precipitaţiile atmosferice sînt folosite în ogorul negru pe fond nefertilizat şi 23% pe fond fertilizat. Opinia precum că ogorul negru contribuie la acumularea apei în sol poate fi justificată doar prin faptul că în ogorul negru se reduc consumurile de apă, dar nu prin acumularea apei din precipitaţii.

Tabelul 3.14. Utilizarea apei din sol şi precipitaţii în ogor negru şi pîrloagă (cultura permanentă) pe fond fertilizat şi nefertilizat, media pentru perioada 2009-2012

Stratul de sol, cm	Rezerva de apă accesibilă, mm		Consumul de apă accesibilă din sol din contul rezervei iniţiale, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol, %	Suma precipitaţiilor în perioada de vegetaţie, mm	Consumul total de apă, mm	Ponderea rezervei iniţiale de apă accesibilă din sol în consumul total de apă, %
	Primăvara (rezerva iniţială)	La recoltare					
Ogor negru (cultura permanentă) Fond nefertilizat							
0-100	159,7	122,2	37,5	78,1	208,7	256,7	18,7
0-200	328,0	280,0	48,0				
Fond fertilizat							
0-100	168,7	151,4	17,3	57,8	208,7	238,6	12,5
0-200	357,3	327,4	29,9				
Pîrloagă Fond nefertilizat							
0-100	166,6	64,3	102,3	46,3	208,7	429,8	51,4
0-200	353,4	132,3	221,1				
Fond fertilizat							
0-100	172,0	59,7	112,2	51,4	208,7	427,0	51,1
0-200	334,4	116,1	218,2				
Ogor negru (în asolament)							
0-100	168,8	118,8	60,6	59,8	208,4	309,7	32,7
0-200	302,2	259,4	101,3				
Lucernă, anul III de viaţă după prima coasă (în asolament)							
0-100	133,9	63,0	70,9	58,3			
0-200	230,7	109,1	121,6				

Prin compararea parcelelor de ogor negru în asolament şi cultura permanentă putem observa că consumul de apă pe durata perioadei de vegetaţie a fost considerabil mai mare din ambele straturi de sol 0-100 şi 0-200 cm, necătînd la rezerva mai mică de apă accesibilă în sol primăvara. Ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul de apă din sol a constituit 59,8%. Astfel, ponderea stratului de sol 0-100 cm în consumul total de apă din sol este aceeaşi în ogorul negru din asolament şi pe parcelele cu ogor negru permanent, dar în valoarea absolută pierderile sînt considerabil mai mari în ogorul negru din asolament pe fond fertilizat.

La fel, menţionăm că ponderea apei din sol în consumul total de apă din stratul 0-200 cm constituie 32,7%. Cu alte cuvinte, folosirea apei din precipitaţiile atmosferice pe ogorul negru este foarte neraţională.

4.2. Producţia culturilor de cîmp şi eficienţa economică

4.2.1. Producţia culturilor de cîmp în funcţie de asolament şi fertilizare

Producţia obţinută în diferite verigi ale asolamentului şi concomitent în cultura permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat este prezentată în tab. 4.1., 4.2., 4.3., 4.4.

Tabelul 4.1. Recolta grîului de toamnă în experienţa de cîmp de lungă durată în asolament şi cultura permanentă anii 2009-2012, t/ha

Anii	Asolament		DL_{05}	Cultura permanentă	
	Nefertilizat	Fertilizat		Nefertilizat	Fertilizat
2009	4,43	4,19	0,17	1,01	1,58
2010	3,52	4,31	0,06	0,90	1,65
2011	5,03	4,72	0,10	1,89	2,82
2012	3,57	4,16	0,11	1,29	2,5
media	**4,13**	**4,34**		**1,27**	**2,14**

Tabelul 4.2. Recolta sfeclei de zahăr în experienţa de cîmp de lungă durată în asolament şi cultura permanentă anii 2009-2012, t/ha

Anii	Asolament		DL_{05}	Cultura permanentă	
	Nefertilizat	Fertilizat		Nefertilizat	Fertilizat
2009	17,7	27,5	1,98	5,87	6,4
2010	35,71	50,58	1,03	4,46	6,67
2011	21,22	33,6	2,14	3,86	5,96
2012	4,26	6,02	0,53	0,82	1,51
media	**19,71**	**29,43**		**3,75**	**5,14**

Tabelul 4.3. Recolta grîului de toamnă în experienţa de cîmp de lungă durată în diferite asolamente, anii 2009-2012, t/ha

Anii	Asolament		DL_{05}
	Nr. 2	Nr. 5	
2009	4,42	4,42	0,17
2010	4,31	4,31	0,06
2011	4,82	4,36	0,10
2012	4,49	4,30	0,11
media	**4,51**	**4,35**	

Tabelul 4.4. Recolta borceagului de primăvară în dependenţă de fondul de fertilizare, anii 2009-2012, t/ha

Anii	Asolament		
	Nefertilizat	**Fertilizat**	**± t/ha şi %**
2009	11,07	16,07	+5,0/45,2
2010	14,33	16,07	+1,74/12,1
2011	8,67	13,23	+4,56/52,6
2012	7,47	10,07	+2,6/34,8
media	**10,39**	**13,86**	**+3,47/33,4**

În baza rezultatelor obţinute, am determinat efectul asolamentului şi efectul fertilizării pentru grîul de toamnă şi sfeclă de zahăr amplasate în veriga asolamentului: borceag de primăvară – grîu de toamnă – sfeclă de zahăr (tab. 4.5., 4.6.).

Efectul asolamentului este sporul de producţie de la amplasarea culturii în asolament, comparativ cu cultura permanentă pe fond fertilizat şi nefertilizat. Efectul fertilizării este sporul de producţie pe fond fertilizat, comparativ cu fondul nefertilizat.

Efectul asolamentului şi a fertilizării la cultura grîului de toamnă pe anii de studiu este prezentat în tab. 4.5.

În medie, pentru perioada 2009-2012 efectul asolamentului pe fond nefertilizat a constituit 2,86 t/ha sau 225,2%. Cel mai înalt efect al asolamentului pe fond nefertilizat s-a manifestat în anii 2009 şi 2011 după valoarea absolută a sporului de producţie obţinut de la rotaţia culturilor.

Efectul asolamentului pe fond fertilizat a scăzut, constituind în medie pentru 4 ani – 2,21 t/ha sau 103,3%. S-au evidenţiat după sporul de producţie de la asolament pe fond fertilizat anii 2009 şi 2010. Efectul fertilizării a fost considerabil mai mic atît în cultura permanentă, cît şi în asolament 0,87 t/ha (68,5%) şi 0,21 t/ha (5,1%), corespunzător, comparativ cu efectul asolamentului.

Efectul îngrăşămintelor creşte semnificativ în cultura permanentă comparativ cu asolamentul, dar această creştere nu compensează reducerea nivelului de producţie de la nerespectarea asolamentului.

Menţionăm că după nivelul de producţie obţinut la grîul de toamnă după diferiţi premergători (borceag de primăvară – asolamentul № 3; lucernă, anul trei de viaţă după prima coasă – asolamentul № 5 şi ogorul negru – asolamentul № 2) nu poate fi observată o regularitate oarecare, atît în medie pentru 4 ani de studiu, cît şi pentru fiecare an în parte (tab. 4.1., 4.3.).

Efectul asolamentului şi a fertilizării la cultura sfeclei de zahăr este prezentat în tabelul 4.6.

Tabelul 4.5. Efectul asolamentului şi a fertilizării la cultivarea grîului de toamnă în experienţele de cîmp de lungă durată cu asolamente şi culturi permanente, anii 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Producţia, t/ha		Efectul asolamentului ± t/ha şi %	Producţia, t/ha		Efectul asolamentului ± t/ha şi %	Sporul de producţie de la fertilizare, t/ha şi %	
	Fond nefertilizat			Fond fertilizat				
	Asolament	Cultura permanentă		Asolament	Cultura permanentă		Asolament	Cultura permanentă
2009	4,43	1,01	+3,42/338,6	4,19	1,58	+2,61/165,2	-0,24/	+0,57/56,4
2010	3,52	0,90	+2,62/291,1	4,31	1,65	+2,66/161,2	+0,79/22,4	+0,75/83,3
2011	5,03	1,89	+3,14/166,1	4,72	2,82	+1,90/67,4	-0,31/	+0,93/49,2
2012	3,57	1,29	+2,28/176,7	4,16	2,50	+1,66/66,4	+0,59/16,5	+1,21/93,8
media	**4,13**	**1,27**	**+2,86/225,2**	**4,34**	**2,14**	**+2,21/103,3**	**+0,21/5,1**	**+0,87/68,5**

Tabelul 4.6. Efectul asolamentului şi a fertilizării la cultivarea sfeclei de zahăr în experienţele de cîmp de lungă durată cu asolamente şi culturi permanente, anii 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Producţia, t/ha		Efectul asolamentului ± t/ha şi %	Producţia, t/ha		Efectul asolamentului ± t/ha şi %	Sporul de producţie de la fertilizare, t/ha şi %	
	Fond nefertilizat			Fond fertilizat				
	Asolament	Cultura permanentă		Asolament	Cultura permanentă		Asolament	Cultura permanentă
2009	17,7	5,87	+11,83/201,5	27,50	6,40	+21,10/329,7	+9,80/55,4	+0,53/9,0
2010	35,71	4,46	+31,25/700,7	50,58	6,67	+43,91/658,3	+14,87/41,6	+2,21/49,5
2011	21,22	3,86	+17,36/449,7	33,60	5,96	+27,64/463,8	+12,38/58,3	+2,10/54,5
2012	4,26	0,82	+5,22/652,5	6,02	1,51	+2,75/182,1	+1,76/41,3	+0,71/88,7
media	**19,71**	**3,75**	**+15,96/425,6**	**29,43**	**5,14**	**+24,29/472,6**	**+9,70/49,2**	**+1,39/37,0**

În medie pentru perioada 2009-2012, efectul asolamentului pe fond nefertilizat a constituit 15,96 t/ha sau 425,6%, fiind cu mult mai înalt decît cel determinat pentru cultura grîului de toamnă. S-au evidenţiat anii 2010 şi 2011 cu cel mai înalt spor absolut de producţie de rădăcini.

Efectul asolamentului pe fond fertilizat a constituit în medie pentru 4 ani – 24,29 t/ha sau 472,6%. La fel, s-au evidenţiat după sporul absolut în producţie de rădăcini de la respectarea asolamentului anii 2010 şi 2011.

Spre deosebire de cultura grîului de toamnă, efectul asolamentului pe fond fertilizat la cultura sfeclei de zahăr creşte de la 15,96 t/ha (425,6%) pînă la 24,29 t/ha (472,6%).

Efectul fertilizării analogic grîului de toamnă este considerabil mai mic la cultura sfeclei de zahăr, constituind – 9,70 t/ha (49,2%) în asolament şi 1,39 t/ha (37,0%) în cultura permanentă. Aici tendinţa este, la fel, opusă celei observate la cultura grîului de toamnă, adică efectul fertilizării este mai înalt în asolament comparativ cu cultura permanentă.

De aceea, nerespectarea asolamentului nu poate fi nici pe departe compensată cu folosirea îngrăşămintelor minerale şi organice. Cu atît mai mult că aici apar o sumedenie de probleme de ordin fitosanitar (infestare cu buruieni, atacul înalt cu boli şi dăunători, oboseala solului, tendinţa de degradare a proprietăţilor agrofizice a solului).

4.2.2. Eficienţa economică

În baza rezultatelor experimentale obținute în experienţele de cîmp de lungă durată la cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr cultivate în asolament şi în cultura permanentă, pe fond fertilizat şi nefertilizat, a fost determinată eficienţa economică a producerii lor, în conformitate cu fişele tehnologice (tab. 4.7.).

Evident că cheltuielile de producere diferă în funcţie de cultură şi fondul de fertilizare, fiind mai mari pe fond fertilizat comparativ cu fondul nefertilizat. Avînd o diferență relativ mică în cheltuielile de producere, diferenţa în producţia obţinută este considerabilă, în special, în cultura permanentă pentru ambele culturi. Ca rezultat, creşterea sfeclei de zahăr atît în asolament cît şi, îndeosebi, în cultura permanentă este nerentabilă. Cheltuielile de producere la creşterea sfeclei de zahăr depăşesc cu mult profitul brut obţinut de la comercializarea rădăcinilor cultivate.

Nivelul de producţie relativ mic la sfecla de zahăr în asolament a fost determinat de anii nefavorabili pentru creşterea culturii în anii de cercetare. Calculele au demonstrat că cultivarea sfeclei de zahăr nu este economic avantajoasă la nivelul de producţie mai mic de 35 t/ha.

O situație mai bună a fost constatată pentru cultura grîului de toamnă, în special, în asolament.

Tabelul 4.7. Eficienţa economică în funcţie de asolament, cultura permanentă şi fondul de fertilizare, media pentru anii 2009-2012 (la 100 ha)

Articolul cheltuielilor	**Grîu de toamnă**				**Sfeclă de zahăr**			
	Asolament		**Cultura permanentă**		**Asolament**		**Cultura permanentă**	
	nefertilizat	fertilizat	nefertilizat	fertilizat	nefertilizat	fertilizat	nefertilizat	fertilizat
Remunerarea muncii, lei	30278	30632	25409	27323	413312	434803	401938	414907
Contribuţii la asigurări sociale de stat obligatorii, lei	6964	7045	5844	6284	95062	100005	92446	95429
Prima de asigurare obligatorie de asistenţă medicală, lei	1211	1225	1016	1093	16532	17392	16078	16596
Seminţe, lei	112500	112500	112500	112500	324000	324000	324000	324000
Îngrăşăminte minerale, lei		298620		298620		229890		229890
Îngrăşăminte organice, lei						400000		400000
Pesticide, lei	103043	103043	103043	103043	148283	148283	148283	148283
Carburanţi şi lubrifianţi, lei	67496	69228	67496	69228	173138	242215	158510	228966
Altele (amortizarea şi repararea tehnicii), lei	53581	56058	53581	56058	70743	82033	70743	82033
Impozitul funciar	11560	11560	11560	11560	11560	11560	11560	11560
Cheltuieli totale, lei	**386633**	**689911**	**380449**	**685709**	**1252630**	**1990181**	**1223558**	**1951664**
Recolta, t/ha	4,13	4,34	1,27	2,14	19,71	29,43	3,75	5,14
Preţ de realizare, lei/t	3000	3000	3000	3000	575	575	575	575
Venit net, lei	1239000	1302000	381000	642000	1133325	1692225	215625	295550
Preţ de cost lei/t	936,2	1589,7	2995,7	3204,3	635,5	676,2	3262,8	3797,0
Profitul brut, lei	852367	612089	551	-43709	-119304,8	-297956	-1007933	-1656114
Profit la tonă, lei	2063,8	1410,3	4,3	-204,3	-60,5	-101,2	-2687,8	-3222,0
Profit la ha, lei	8523,7	6120,9	5,5	-437,1	-1193,1	-2979,6	-10079,3	-16561,1
Rentabilitatea, %	220,5	88,7	0,1	-6,37	-9,52	-14,97	-82,38	-84,86

Doar în asolament producerea grîului de toamnă a fost rentabilă, asigurînd o rentabilitate de 88,7 % pe fond fertilizat şi 220,5 % pe fond nefertilizat. Menţionăm că producerea rentabilă a grîului de toamnă pe fond fertilizat în asolament este asigurată la un nivel de producţie mai mare de 4,0 t/ha. Aceasta a devenit posibil din cauza amplasării grîului de toamnă după borceag de primăvară, care în anii secetoşi are avantaje incontestabile comparativ cu amplasarea grîului de toamnă după premergători cu termen de recoltare tîrzie (porumb pentru boabe, floarea-soarelui ş.a.). Cultivarea grîului de toamnă în cultura permanentă a generat pierderi, indiferent de fondul de fertilizare.

În concluzie menţionăm următoarele:

1. Preţurile mari la mijloacele de producere de origine industrială (motorină, fertilizanţi, pesticide), pe de o parte, şi preţurile relativ mici de achiziţie a rădăcinilor de sfeclă de zahăr, pe de altă parte, la un nivel de producţie mai mic de 35 t/ha în asolament generează pierderi la producerea de rădăcini de sfeclă de zahăr şi nu este avantajoasă din punct de vedere economic.

2. Producerea grîului de toamnă este profitabilă în asolament, pe fond fertilizat, la un nivel de producţie care depăşeşte 4,0 t/ha. Obţinerea acestui nivel de producţie este posibil la respectarea cerinţelor faţă de amplasarea culturii după premergători timpurii.

4.3. Concluzii la capitolul 4

1. Rezervele de apă accesibilă în sol la cultura grîului de toamnă în stratul 0-200 cm în primăvară sînt la acelaşi nivel, indiferent de modul de cultivare (asolament, cultură permanentă) şi fertilizare a solului (nefertilizat, fertilizat) – 326,4-354,8 mm.

2. Menţionăm tendinţa de majorare a rezervelor de umiditate în solul utilizat la cultura permanentă, comparativ cu asolamentul, deoarece consumul de apă către recoltare este mai mic în cultura permanentă decît în asolament – 134,4-164,0 mm pe fond nefertilizat şi fertilizat, corespunzător şi 181,8-202,1 mm, corespunzător.

3. La cultura grîului de toamnă ponderea apei din stratul de sol 0-100 cm în consumul total de apă din stratul 0-200 cm în asolament constituite 52,6-53,4%, iar în cultura permanentă – 65,4-61,6%. Astfel, grîul de toamnă în asolament foloseşte apa din straturile mai adînci ale solului.

4. La cultura sfeclei de zahăr rezervele de apă accesibilă în sol primăvară în stratul 0-200 cm sînt mai mari în cultura permanentă decît în asolament pe fond nefertilizat şi fertilizat – 351,3-338,9 mm şi 311,9-283,0 mm, corespunzător. Ponderea stratului 0-100 cm în aprovizionarea cu apă a plantelor constituie în asolament 60,4-68,6%, iar în cultura permanentă – 54,0-56,4%.

CONCLUZII GENERALE ŞI RECOMANDĂRI

1. Pentru cernoziomurile tipice arabile din stepa Bălţului, densitatea solului este un indicator relativ stabil, fiind slab influenţat de modul de cultivare a culturilor şi fondul de fertilizare – 2,47 – 2,55 g/cm^3, valorile optime fiind – 2,40-2,60 g/cm^3.

2. Pe parcelele de pîrloagă densitatea aparentă a solului posedă cele mai mici valori (1,12 g/cm^3), cele mai mari fiind pe parcelele cu ogor negru (1,21-1,24 g/cm^3). O poziţie intermediară ocupă solul la grîul de toamnă şi sfecla de zahăr din asolament şi cultura permanentă, indiferent de fondul de fertilizare. Valorile absolute ale densităţii aparente a solului cresc în stratul 20-40 cm, dar legitatea schimbărilor rămîne analogică stratului 0-20 cm, valorile optime pentru straturile superficiale fiind de 1,0-1,2 g/cm^3, iar pentru cele subiacente – 1,3-1,5 g/cm^3.

3. În medie pe 4 ani de zile porozitatea totală a solului, pentru stratul 0-20 cm, a constituit pe parcelele cu pîrloagă – 54,8-55,2%, iar în ogorul negru – 51,0-51,7%. Grîul de toamnă şi sfecla de zahăr în asolament şi cultura permanentă ocupă o poziţie intermediară indiferent de fondul de fertilizare. Aceeaşi legitate se păstrează şi pentru stratul de sol 20-40 cm, dar cu valori mai mici. Valorile satisfăcătoare ale porozităţii totale a solului pentru ambele straturi de sol variază în limitele – 50-55%.

4. Rezistenţa solului la penetrare este influenţată de cultură, de modul ei de cultivare şi de fertilizare. Asolamentul şi fertilizarea contribuie la reducerea durităţii solului, comparativ cu cultura permanentă şi fondul nefertilizat. Rezistenţa solului la penetrare la parcelele cu sfeclă de zahăr, indiferent de modul de cultivare şi de fertilizare (28,0-33,2 kg/cm^2), depăşeşte considerabil rezistenţa solului la penetrare în parcelele cu pîrloagă (20,8-21,6 kg/cm^2). Pentru o creştere şi dezvoltare optimă a plantelor valoarea rezistenţei la penetrate nu trebuie să depăşească 21 kg/cm^2.

5. Ponderea agregatelor structurale agronomic valoroase (3-0,25 mm) diferă în funcţie de an, de modul de cultivare şi de fertilizare a culturilor. În cultura permanentă şi pe fond fertilizat comparativ cu fondul nefertilizat în asolament se observă o tendinţă de majorare a ponderii acestor agregate. Ponderea agregatelor agronomic valoroase oscilează pentru anii de studiu în diapazonul 33,8-58,3%, valorile optime fiind – 50-60%.

6. În asolament, comparativ cu cultura permanentă, hidrostabilitatea agregatelor structurale, de regulă, este superioară, îndeosebi în anii secetoşi. Fertilizarea solului cu îngrăşăminte organo-minerale contribuie la majorarea hidrostabilităţii agregatelor structurale. Lipsa covorului

vegetal pe parcelele cu ogor negru, indiferent de fondul de fertilizare, duce la pulverizarea structurii solului.

7. Ierburile leguminoase perene (lucerna) cu folosirea concomitentă a gunoiului de grajd compostat în asolament permit optimizarea valorilor indicatorilor agrofizici la lucrarea solului (puterea de tracţiune, puterea de autodeplasare, puterea de patinare, pierderea de putere în transmisie, rezistenţa de tracţiune a maşinii ş.a.). Drept rezultat, consumul de motorină la efectuarea arăturii cu plug cu cormană la adîncimea de 22 cm scade cu 6,1 l/ha.

8. Pentru formarea unei tone de boabe (producţie de bază) la grîul de toamnă consumul de apă din sol în asolament constituie pe fond nefertilizat şi fertilizat în medie pentru 4 ani – 439,4-461,5 m^3, iar în cultura permanentă – 1058,3 şi 766,4 m^3, corespunzător. Consumul de apă din sol pentru formarea unei tone de rădăcini de sfeclă de zahăr în asolament pe fond nefertilizat şi fertilizat, în medie pentru perioada 2009-2012, a constituit 94,1 şi 53,5 m^3, iar în cultura permanentă – 465,3 şi 366,7 m^3, corespunzător. Astfel, influenţa benefică a respectării rotaţiei culturilor în folosirea raţională a apei din sol este cu mult mai mare decît influenţa benefică a fertilizării solului.

9. Efectul asolamentului (sporul de producţie de la amplasarea grîului de toamnă în asolament comparativ cu cultura permanentă), pe fond nefertilizat constituie 2,86 t/ha (225,2%), iar pe fond fertilizat 2,21 t/ha (103,3%). Sporul de producţie de la fertilizare în asolament a constituit 0,21 t/ha (5,1%), iar în cultura permanentă a grîului de toamnă – 0,87 t/ha (68,5%). Efectul asolamentului la cultura sfeclei de zahăr pe fond nefertilizat a constitut 15,96 t/ha (425,6 %), iar pe fond fertilizat – 24,29 t/ha (472,6%). Efectul fertilizării în asolament a constituit 9,70 t/ha (49,2), iar în cultura permanentă – 1,39 t/ha (37,0%). La cultura grîului de toamnă şi a sfeclei de zahăr efectul asolamentului depăşeşte considerabil efectul fertilizării (sporul de producţie de la fertilizare) atît în asolament, cît şi în cultura permanentă.

Pornind de la concluziile enumerate putem recomanda următoarele:

1. Cultivarea grîului de toamnă cu respectarea asolamentului asigură creşterea producţiei acestei culturi de 3,25 ori pe fond nefertilizat şi 1,97 ori pe fond fertilizat comparativ cu cultura permanentă. La cultura sfeclei de zahăr respectarea asolamentului comparativ cu cultura permanentă asigură creşterea producţiei de 5,25 ori pe fond nefertilizat şi 5,72 ori pe fond fertilizat. Concomitent, asolamentul contribuie la ameliorarea proprietăţilor agrofizice ale solului şi reduce considerabil consumul de apă pentru formarea unei unităţi de producţie de bază la cultura grîului de toamnă şi a sfeclei de zahăr.

2. Se recomandă majorarea ponderii lucernei (3 ani de viaţă) pînă la 28-30% în asolamentele de cîmp cu 7 şi 10 sole, cu folosirea concomitentă a gunoiului de grajd compostat (pînă la 10 tone la fiecare hectar suprafaţă de asolament), în vederea acumulării substanţei organice în sol, ameliorării tuturor proprietăţilor agrofizice ale solului, inclusiv a rezervelor de apă accesibilă ca măsură de atenuare şi reducere a impactului negativ al secetelor frecvente din zona de stepă.

3. Recomandăm utilizarea ierburilor leguminoase perene (lucerna) în asolament ca măsură de reducere a consumului de motorină cu 6,1 l/ha în cazul arăturii cu plug cu cormană la adîncimea de 20-22 cm, iar ulterior la reducerea disturbanţei mecanice a solului în cadrul unui sistem raţional de lucrare a solului.

BIBLIOGRAFIE

1. Boaghii I.V., Lucrarea de bază a solului în asolamente de cereale şi sfeclă de zahăr în condiţiile Moldovei. In: Moldova: Deschideri ştiinţifice spre vest. Vol. 4, Chişinău, 1993 p. 163
2. Boincean B. Productivitatea culturilor şi fertilitatea cernoziomului din stepa Bălţului sub influenţa intensificării tehnologice a agriculturii. In: I-a Conferinţă internaţională „Transfer de inovaţii în activităţile agricole în contextul schimbării climei şi dezvoltării durabile", Agroinform, 2009, p. 174-186.
3. Boincean B.P. Lucrarea solului – tendinţe şi perspective. In: Akademos, 3(22), 2011, p. 61-67.
4. Boincean B.P. ş. a. Fertilizarea şi fertilitatea cernoziomului tipic din stepa Bălţului. In: Akademos, 2011, № 1(20), p.110-121.
5. Boincean, B. ş. a. Impactul activităţilor economice asupra mediului înconjurător: Agricultura şi industria alimentară. In: Starea mediului în Republica Moldova în anul 2005 (raport naţional), Chişinău 2006 – Ch.: Inst. de Ecologie şi Geografie, 2006, p. 27-31.
6. Canarache, A. Fizica solurilor agricole. Bucureşti. Ceres, 1990, 280 p.
7. Cebotari M. Proprietăţile agrofizice ale cernoziomului tipic din stepa Bălţului. In: Agricultura Moldovei. nr. 2-3. 2013. p. 18-21.
8. Cebotari M. Proprietăţile agrofizice ale solului în veriga asolamentului cu sfeclă pentru zahăr. In: Materialele conferinţei internaţionale: Sfecla de zahăr – cultură strategică în dezvoltarea durabilă a agriculturii Republicii Moldova. Ch.: „Tipografia Centrală", 2011, p. 138-142.
9. Cebotari M. Regimul hidric pe cernoziomul tipic din stepa Bălţului la cultivarea grîului de toamnă şi sfeclei pentru zahăr. In: Agricultura Moldovei. nr. 8-9. 2013. p. 20-24.
10. Cerbari V.V. Monitoringul calităţii solurilor Republicii Moldova (Baza de date, concluzii, prognoze, recomandări), Pontos, 2010, Chişinău, 475 p.
11. Dadu, C. Bazele ştiinţifice ale producerii merelor pentru industrializare în cultură repetată. Teză de dr. hab. în ştiinţe agricole. Chişinău, 2006, 246 p.
12. Filipov, F., Eugen T. Pedologie: Ed. Ion Ionesdcu de la Brad. Iaşi, 2001. 132 p.
13. G.Ionescu-Şişeşti, Ir. Staicu. Agrotehnica. Vol. 1. Ed: Agro-silvică de Stat. Bucureşti. 1958. 1020 p.

14. Gavrilaş S. Optimizarea sistemului de lucrare şi fertilizare a solului în asolament – premiza de tranziţie la sistemul de agricultură durabilă. Autoreferatul tezei de doctor în agricultură. Chişinău, 2013. 27 p.
15. Jigău, Gh., Nagacevschi, T. Ghid al disciplinei fizica solului. Univ. de Stat din Moldova. Facultatea de Biologie şi Pedologie. Chişinău: CEPUSM, 2006. 78 p.
16. Lazăr A., ş. a. Sisteme de întreţinere a solului în plantaţiile intensive de măr. In: Lucrările ştiinţifice ale Institutului de cercetări şi producţie pentru Pomicultură. Piteşti, vol. 1. Bucureşti, 1983, p. 43-155.
17. Nagacevschi, T. Modificarea însuşirilor fizice ale solurilor din Republica Moldova utilizate sub livezi. Autoreferatul tezei de doctor în ştiinţe biologice. Chişinău: USM, 1997, 19 p.
18. Nicolaev N., Boincean B., Sidorov M., Agrotehnica. Min. Educaţiei Tineretului al Republicii Moldova. – Bălţi: presa universitară bălţeană, 2006, 298 p.
19. Nicorici M. Influenţa rotaţiei (asolamentului, culturii permanente) şi fertilizanţilor asupra fertilităţii solului şi productivităţii grîului de toamnă şi sfeclei pentru zahăr. Teza de doctor în agricultură, Bălţi. 2009, 147 p.
20. Oanea, N. Pedologia generală: Ed. Altus Miercurea Ciuc, 2005. 418 p.
21. Pintilie C., Sin Gh. Rotaţia culturilor de cîmp, Editura Ceres, Bucureşti, 1974, 165 p.
22. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate şi sporirea fertilităţii solurilor. Partea a II-a Sporirea fertilităţii solurilor. Red. resp. S. Andrieş, Ch.: Pontos, 2004 (Tipogr. Reclama). 128 p. ISBN 9975-927-97-1
23. Răus L. Influenţa diferitelor sisteme de lucrare asupra proprietăţilor fizice, chimice şi biologice ale solului şi producţiei principalelor culturi. Teză de doctor. USAMV Iaşi 2007. 154 p.
24. Recomandări privind aplicarea îngrăşămintelor pe diferite tipuri de sol la culturile de cîmp. Chişinău, Pontos, 2012, 67 p.
25. Rolul agriculturii în acordarea serviciilor ecosistemice şi sociale. Conferinţa ştiinţifică internaţională consacrată aniversării a 60 ani a doctorului habilitat, profesorului cercetător Boris Boincean 25 noiembrie 2014, Tipografia Centrală, Chişinău. 2014, 464 p.
26. Stadnic S. Fertilitatea solului în funcţie de asolament şi sistemele de fertilizare pe cernoziomul tipic din stepa Bălţului. Teză de doctor în agricultură. Bălţi, 2006, 155 p.
27. Tehnologii alternative de cultivare a grîului de toamnă în Republica Moldova (Ghid) (responsabil de ediţie B. Boincean), Bălţi, 2013, 67 p.

28. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. Под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина и академика РАСХН Иванова А.Л., ФГНУ „Росинформагротех”, Москва, 2005, 783 с.
29. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов, Москва, Колос, 1992, 222 с.
30. Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов. Вкн.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. Москва, 1972, с. 30-70.
31. Александрова Л.И. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Москва, Наука, 1980, 342 с.
32. Боагий И. В., Агротехническая и энергетическая оценка способов глубины основной обработки почвы в севообороте в условиях Республики Молдова. Автореферат на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Кишинев, 2001. 27 с.
33. Боинчан Б.П. Процессы трансформации органического вещества в интенсивно используемой дерного-подзолистой почве и продуктивность полевых культур. Диссертация на соискание ученой степени кандидата с/х наук, Москва, 1987, 226 с.
34. Боинчан Б.П. Экологическое земледелие в Республике Молдова (Севооборот и органическое вещество почвы), Chişinău, 1999, Ştiinţa, 269 с.
35. Ботнарь В. Ф., Контроль влажности почвы и продукционного процесса при возделывании томатов. In: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei Ştiinţele Vieţii, 3(318), 2012, p. 78-88.
36. Ботнарь В. Ф., Влияние водного и пищевого режима почвы на экономическую и энергетическую оценку возделывания перца сладкого. In: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei Ştiinţele Vieţii, 3(324), 2014, p. 83-89.
37. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв.- 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с.
38. Ванькович Г.В. Обработка как фактор воздействия на биокосную систему в агобиоценозе. В сборнике „Плодородие и обработка почвы в севооборотах”, Кишинев, 1980, с. 75-80.
39. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. том. I. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. Москва, 1949. 439 с.

40. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. том. VI. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. Москва, 1951. 576 с.
41. Врабие, В.С., Влияние различных органических удобрений на физико-химические свойства почвы. Органические удобрения, плодородие почв и урожай. Кишинев, 1983, с. 43-58.
42. Гапонюк, Э.И., Бобовникова, Ц.И., Кремленкова, Н.П. Химический состав фосфорных удобрений и их влияние на агрохимические свойства почвы. Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Институт экспериментальной метеорологии, 1985, с. 150-155.
43. Голдштайн, В., Боинчан, Б., Ведение хозяйств на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России. Москва. Изд. ЭкоНива. 2000, 267 с.
44. Гюнтер Кант. Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем. Перевод с немецкого С.О. Эбель. Москва, ВО „Агропромиздат", 1988, 206 с.
45. Гюнтер Кант. Земледелие без опыта. Перевод с немецкого Кошкина Е.И., Москва, Колос, 1980, 158 с.
46. Дарвин Ч. Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей. Спб, 1889. 380 с.
47. Докучаев В.В. Русский чернозём. Отчет вольному экономическому обществу. Издание второе. Госиздат.: Сельскохозяйственной литературы. Москва, 1952. 636 с.
48. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва, Агропромиздат. 1985, 354 с.
49. Калиновская, Н.И., ş. a. Совместное влияние гумуса и системы удобрения на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистых почв. In: Сборник научных трудов БСХА, 1979, № 58, стр. 64-75.
50. Качинский Н.А. Физика почв. Изд.: Высшая школа. Москва 1965, 321 с.
51. Кибасов П.М. Обработка почвы под полевые культуры, Кишинёв, Картя Молдовеняскэ, 1982, 235 с.
52. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Книга вторая, Издательство Наука, Москва, 1973, 467 с.
53. Кольба Г., Штумпе Г. Солома как удобрение. Перевод с нем., Москва, Колос, 1972, 88 с.

54. Кононова М.М. Дьяконова К.В. Органическое вещество почвы и вопросы питания растений. Почвоведение, 1960, №3, с. 1-12.
55. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. Издательство Академии Наук СССР, Москва 1963, 313 с.
56. Королев, В.А. Изучение физических свойств черноземов обыкновенных при длительном сельскохозяйственном использовании. In: Почвоведение, 2002, № 6, с. 697-704.
57. Краузе М. Обработка почвы как фактор урожайности. Ленинград, Государственное издательство с/х и колхозно-кооперативной литературы, 1931, 296 с.
58. Крупеников И.А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. Pontos, Chişinău, 2008, 285 с.
59. Крупеников, И.А., Боинчан, Б.П. Чернозёмы и экологическое земледелие. г. Бельцы. 2004, 169 с.
60. Кук Д.У. Регулирование плодородия почвы. Москва, 1970, 474 с.
61. Лебедянцев А.Н. Процесс нитрификации как фактор усиления зольного питания растений. In: Известия Шатиловской областной опытной станции, 1927, т. 2, вып. 4. с. 44-48.
62. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. Российская Академия Сельскохозяйственных Наук, Москва, 2012, 511 с.
63. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в нечерноземной зоне, Москва, Россельхозиздат, 1982, 142 с.
64. Лыков А.М. Основные итоги исследований по проблеме органического вещества дерново-подзолистой почвы в интенсивном земледелии. In: Известия ТСХА, вып.2, 1976, с. 8-20.
65. Лыков А.М. Страж плодородия. Москва, Московский рабочий, 1976. 76 с.
66. Лыков А.М., Боинчан Б.П. Вьюгин С.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии. Обзорная информация. Москва, 1984, ВНИИТЭИСХ, 58 с.
67. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья, Москва, 2004, 630 с.
68. Лыков А.М., Макаров И.П., Рассадин А.Я. Методологические основы теории обработки почвы в интенсивном земледелии. Земледелие, 1982, № 6, с. 14-17.

69. Лыков, А.М., Влияние органического вещества на физические и физико-механические свойства почвы. Гумус и плодородие почвы. Москва, Изд. Московский рабочий, 1985, с. 26-45
70. Лыков, А.М., Влияние различных видов органического вещества и возрастающих доз минеральных удобрений на структуру и водопрочность дерново-подзолистой почвы. In: Биологические основы повышения урожайности с-х культур. Москва, 1981,с. 35-38.
71. Любих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. Москва, Сельхозгиз, 1936, 406 с.
72. Мальцев Т.С. О методах обработки почвы и посева, способствующих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, Москва, 1954. 56 с.
73. Маринеску К., Сеньковская И. Особенности микробной трансформации углерода и азота в сельскохозяйственных и природных экосистемах. In: Lucrările conferinţei internaţionale ştiinţifico-practice „Cultura plantelor de cîmp – rezultate şi perspective”, R. Moldova, Bălţi, 24-25 iunie, 2004. P-313-314
74. Мартынович, Н.И., Мартынович, Л.И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного центральной лесостепи правобережья Украины. Агрохимия, 1992, № 10, с. 49-55.
75. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. Москва, ВО „Агропромиздат”, 1988, 158 с.
76. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур. Агрохимия, 1978, № 7, с. 134-141.
77. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. Москва, Наука, 1972, 342 с.
78. Моргун Ф.Т., Шикула Н.Н. Почвозащитное безплужное земледелие. Москва, Колос. 1984, 276 с.
79. Мосолов В.П. Полное собрание сочинений, том III. Многолетние травы и агротехнические основы севооборотов, Москва, 1953, 427 с.
80. Муромцев Г.С., Рыбакова З.П., Штретс А.М. О механизме повышения эффективности высоких доз минеральных удобрении при совместном внесении с органическим веществом. In: Известия СССР, Серия биологических наук, 1980, № 5, с. 762-767.
81. Носко, Б.С., Кучир, Н.А. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства черноземов и продуктивность севооборота. In: Влияние

длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборота. Москва: Агропромиздат, 1985, вып. VIII, с. 156-179.

82. Овсинский И. Новая система земледелия. Перевод с польского С. Сикорского, 1909, 229 с.
83. Опелендер, И. Влияние внесения высоких доз органических веществ на физические свойства среднесмытых черноземов. In: Научно-технический бюллетень по проблеме “Защита почв от эрозии”, Курск, 1979, с. 24-32.
84. Почвоведение. Под. ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. ч.1 Почва и плодородие, Москва: Высшая школа, 1988, 400 с.
85. Почвоведение. Под. ред. И. С. Кауричева - Москва: Агропромиздат, 1989, 716 с.
86. Пржегорлинский, В.И., Петренко, О.А., Рубин, А.П. Действие и последствие удобрений на физико-химические свойства почвы, урожай и качество зерна кукурузы при бессменной культуре. In: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Москва: Колос, 1974, вып. V, с. 87-111.
87. Прокопович, В.Н., Изменение физических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в связи с длительным применением различных систем удобрения. In: Доклад ТСХА, 1979, № 248, с. 107-111.
88. Пупонин А.И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы. Известия ТСХА, вып. 2, 1979, с. 10-18.
89. Росляков. Н., Изменение физико-химических свойств светло-серых лесных почв при длительном внесении удобрений и извести. In: Труды Кировского СХИ, Пермь, 1979, т. 64, с. 37-40.
90. Рюбензам Е., Рауэ К. Земледелие. Перевод с нем. А.М. Лыкова, 1969, 520 с.
91. Сандрак Н.А. Внеклеточные метаболиты азотобактера. Изд. Штиинца. Кишинев. 1978. 96 с.
92. Сидоров М.И. Плодородие и обработка почвы. Центральное черноземное Книжное издательство, Воронеж, 1981, 95 с.
93. Синягин И.И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений, Россельхозиздат., 1980, 221 с.
94. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение, Москва, Сельхозгиз, 1956, 350 с.
95. Стебут И.А. Избранные сочинения. Государственное издательство с/х литературы, Москва, 1957, том. 2, 631 с.

96. Тулайков Н.М. Избранные сочинения. Издательство с/х литературы, журналов и плакатов, Москва, 1963, 311 с.
97. Туртуряну, Н.А., Эффективность применения удобрений на почвах Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1976, с. 80.
98. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. Москва, Наука, 1965, 316 с.
99. Умарова, Д., Изменение качественного состава водопрочных агрегатов сероземных и такырных почв, сформированных под воздействием севооборотов и удобрений. In: Материалы юбилейной конференции молодых ученых союз НИХИ. Ташкент, 1979, с. 102-111.
100. Фолкнер Э. Безумие пахаря. Перевод с англ. В.И. Энгельгардта и И.Л. Поздюнина, Москва, 1959, 276 с.
101. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. Москва, Наука, 1969, 170 с.
102. Христева Л.А. Роль гуминовой кислоты в питании растений и гуминовые удобрения. In: Работы по органическому веществу почвы. Москва, 1951, с. 108-185.
103. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. Ростов-на-Дону: Феникс. 2006. 400 с.
104. Шенявский А.Л. Оценка плодородия почвы методом гумусового баланса. In: Обзорная информация. ВНИИТЭИСХ, Москва, 1973, 61 с.
105. Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge. Science and Technology for Development. Synthesis report, Washington, 2009, 82 p.
106. Albrecht W.A. Variable levels of biological activity in Sanborn Fields after fifty years of treatment. Soil Science Society of America, Proceedings № 3, 1938, pp. 77-82.
107. Alternative agriculture. National Academy Press, Washington D.C., 1989, 448 p.
108. Blevins R.L., Frye W.W. Conservation tillage: An ecological approach to soil management. In: Advances in Agronomy, vol. 51, 1993, Edited by Donald Sparks, Academic Press, USA, p. 33-78.
109. Boincean B.P. 50 years of field experiments, with crop rotations and continuous crops at the Selectia Research Institute of Field Crops. In: Soil as World Heritage, editor David Dent, Springer, May 22-23, 2012. pp. 175-201.
110. Boincean B.P. Productivity and fertility of the Balti chernozem under crop rotation with different systems of fertilization. In: Soil as World Heritage, editor David Dent, Springer, May 22-23, 2012. pp. 209-232.
111. Bullock D.G. Crop rotation. In: Critic review of Plant Sciences, №11, 1992, p. 309-326.

112. Chaminade R. Influence de la matiere organique humifiée sur l'eficacité de l'azote. In: Annales agronomiques, 1958, Ser. A, 9, № 2, p. 167-192.
113. Conservation agriculture: www.fao.org/ag/ca (vizitat 13.02.11)
114. Cottenic A. Le sol comme reservoir et tampon naturel dans l'environment. In: Pedologie, 1977, vol. 27, №11, p. 105-119.
115. Crop rotation studies on the Canadian prairies. Campbell C.A., Zentner R.P., Janzen H. H, Bowren K.E. Research Branch Agriculture Canada, 1990, Staff editor Jane T. Buckley. 133 p.
116. Dalal R.C., Bridge B.I. Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In: Structure and organic matter storage in agricultural soils. Lewi's publication, USA, 1996, p. 266-307.
117. Doran J., Parkin T. Defining and Assessing Soil Quality. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, SSSA Special Publication, №35, Madison, USA, 1994, p.3-22.
118. Doran J.W., Parkin T.B. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. In: Methods for assessing soil quality, SSSA, Special Publication, №49, 1996, p.25-38.
119. Doran J.W., Sarrontonio M., Liebig M.A. Soil Health and Sustainability. In: Advances in Agronomy, vol. 56, Academic Press, San Diego, USA, p. 1-53.
120. Fred Magdoff, Harold van Es. Building Soils for Better Crops. Second edition. Sustainable Agriculture Network, USA, 2000, 230 p.
121. Fred Magdoff, Les Lanyon, Bill Liebhardt. Nutrient cycling, transformation and flows: implications for a more sustainable agriculture. In: Advances in Agronomy, vol. 60, edited by Donald L.Sparks, Academic Press, USA, 2005, pp. 20-71.
122. Gliessman S.R. Agroecology. Ecological Processes in sustainable agriculture. Lewis Publishers, New York, 2000, 355 p.
123. Jenkinson D.S. „Soil organic matter and its dynamics. In: Soil Conditions and Plant Growth" by Russel, edited by Alan Wild, Wiley, New York, 1988, pp. 564-607.
124. Joann K. Whalen and RuisSampedro. Soil Ecology and management. CABI, 2010, UK, 296 p.
125. Johnson A.E. Soil organic matter, effects on soils and crops. Soil use and management, September 1986, vol. 2, №3, p. 97-105.
126. Johnston A.E. Benefits from long-term Ecosystem Research: Some Examples from Rothamsted, 1991, Long-term Ecological Research, edited by Paul G.Risser, p.90-113.
127. Judith D., Soule, Jon K. Piper. Farming in nature's image. An ecological approach to agriculture, Iseland Press, Washington, 2009, 286 p.

128. Karlen D.L., ş. a. Crop rotations for the 21st Century. In: Advances in Agronomy, Vol. 53, 1994, Academic Press, edited by DonaltSpories, p. 1-45.
129. Kenneth G. Cassman. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality and precision agriculture. Proceedings of National Academy of Sciences, USA, vol. 96, 1999, pp. 5952-5959.
130. Koepf H.H. Soil fertility in sustainable low input farming. Michael Fields Agricultural Institute, Bulletin №3, 1992, 23 p.
131. Kumar K., Goh K. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. In: Advances in Agronomy, vol. 68, Academic Press, 2000, p. 197-232.
132. Lal R. Managing world soils for food security and environmental quality. In: Advances in Agronomy, vol. 74, 2001, Academic Press, p. 155-192.
133. Lal R. The plow and agricultural sustainability. In: Journal of sustainable agriculture, 2009, № 33, p. 66-87.
134. Lester Brown, ş. a. 1995. The trends that are shaping our future, Worldwatch Institute, 1995, USA, 176 p.
135. Logsdon S.D., Radke J.K., Karlen D.L. Comparison of alternative farming systems. In: Infiltration Techniques American Journal of Alternative Agriculture, №8, 1993, p. 15-20.
136. Michigan Field Crop Ecology. Michigan State University Extension Bulletin E-2646, December 2000, 79 p.
137. Monnier G. Action des matiéres organique sur le stabilité structural des sols. In: Annales agronomiques, 1965, 16, Partie I, № 4, p. 327-400.
138. Mulvaney R.L., Khan S.A. and Ellsworth T.R. Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global Dillemma for Sustainable Cereal Production. In: Journal of Environmental Quality, № 38, 2009, pp. 2295-2314.
139. Nyle C. Brady, Ray R. Weil. The Nature and Properties of Soils, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio, 2008, 975 p.
140. Power I.F. Legumes and crop rotations. In: „Sustainable Agriculture in Temperate Zones", edited by C.A. Francis, C.B. Flora and L.D. King, Willey, New York, 1990, p.178-204.
141. Reganold I.P. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. American Journal of Alternative Agriculture, №3, 1988, p. 144-145.

142. Schmidhalter U., Maild F., Heuwinkel H. Precision farming – adaptation of land use management to small scale heterogeneity. In: Perspectives for Agroecosystem management. Elsevier, 2008, Germany, pp. 122-199.
143. Stephen C. Larvis ş. a. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. In: Advances in Agronomy, Vol. 57, edited by Donald L. Sparks, Academic Press, 1996, pp. 188-234.
144. Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. In: Advances in Soil Science, Edited by: Martin R. Carter. Lewis publishers, USA, 1990. 59 p.
145. The dilemmas of globalization. Towards a re-valuation of agriculture. Groupe de Bruges. Bureau Kirja, Hoogwood, Wageningen, 2008, 233 p.
146. The future of food and farming. Challenges and choices for global sustainability. Final project report. The Government office for science, London, 2011, 37 p.
147. The health of our soils. Towards sustainable agriculture in Canada. Edited by Acton D.F. and Gregorich L.J., 1995, 135 p.
148. Verstracte W., Voets J. Soil microbial and biochemical characteristics in relation to soil management and fertility. In: Soil Biology and Biochemistry, 1977, vol. 9, № 4, p.253-258.
149. William A. Albrecht. The Albrecht Papers. Vol. III, Kansas, USA, 1989, 401 p.
150. William A. Hayes. Minimum tillage farming. No-till Farmer, Inc., Brookfield, Wisconsin, 2000, 166 p.
151. Young H.M. No-tillage farming. No-till Farmer, Inc., Brookfield, Wisconsin, 1982, 203p.

ANEXE

Anexa 1

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului pe fond nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC, „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Borceag de primăvară	162,6		43,0	119,6	71,8	146,4	313,0	11,07	150,5	287,2	53,2
	0-200		327,8		161,2	166,6							
	0-100	Grîu de toamnă	199,0	57,9	57,9	141,1	59,2	144,3	382,6	4,43	537,9	863,7	62,3
	0-200		396,3	158,0	158,0	238,3							
	0-100	Sfeclă de zahăr	175,2	49,2	53,1	122,1	59,9	163,2	367,1	17,70	115,2	207,4	55,5
	0-200		360,9	153,4	157,0	203,9							
2010	0-100	Borceag de primăvară	150,5		67,7	82,8	63,1	123,6	254,8	14,33	91,6	177,8	51,5
	0-200		322,0		190,8	131,2							
	0-100	Grîu de toamnă	158,4	49,6	106,7	51,7	37,2	251,7	390,6	3,52	394,6	1109,7	35,6
	0-200		327,2	148,6	188,3	138,9							
	0-100	Sfeclă de zahăr	152,3	125,1	68,9	83,4	45,2	370,4	555,1	35,70	51,7	155,5	33,3
	0-200		325,7	245,8	141,0	184,7							
2011	0-100	Borceag de primăvară	156,8		24,5	132,3	72,3	124,8	307,7	8,67	211,0	354,9	59,4
	0-200		282,8		99,9	182,9							
	0-100	Grîu de toamnă	156,6	40,9	75,3	81,3	41,7	241,1	435,9	5,03	387,3	866,6	44,7
	0-200		316,9	100,6	122,1	194,8							
	0-100	Sfeclă de zahăr	175,4	86,7	40,3	135,1	52,5	271,7	528,9	21,20	121,3	249,5	48,6
	0-200		353,6	209,8	96,4	257,2							
2012	0-100	Borceag de primăvară						140,8		10,07			
	0-200												
	0-100	Grîu de toamnă	144,5		30,6	113,9	73,4	178,7	333,9	3,57	4,34,7	935,3	46,5
	0-200		265,1		109,9	155,2							
	0-100	Sfeclă de zahăr	139,1		32,3	106,8	111,8	162,9	258,4	4,26	224,2	606,6	37,0
	0-200		207,4		111,9	95,5							
media	0-100	Borceag de primăvară	156,6		45,1	111,6	69,6	133,9	294,1	10,39	154,3	283,2	54,5
	0-200		310,9		150,6	160,2							
	0-100	Grîu de toamnă	164,6	49,5	67,6	97,0	53,4	203,95	385,8	4,13	439,4	932,3	47,1
	0-200		326,4	135,7	144,6	181,8							
	0-100	Sfeclă de zahăr	160,5	87,0	48,7	111,9	60,4	242,05	427,4	19,72	94,0	216,8	43,4
	0-200		311,9	203,0	126,6	185,3							

Anexa 2

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului pe fond fertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Borceag de primăvară	151,3		47,9	103,4	66,8	146,4	301,2	11,07	139,8	272,1	51,4
	0-200		320,1		165,3	154,8							
	0-100	Grîu de toamnă	186,7		65,8	120,9	49,3	144,3	389,4	4,19	585,0	929,4	62,9
	0-200		378,6		133,5	245,1							
	0-100	Sfeclă de zahăr	172,2		49,2	123,0	58,1	163,2	374,9	27,50	77,0	136,3	56,5
	0-200		362,2		150,5	211,7							
2010	0-100	Borceag de primăvară	149,8			149,8	47,1	123,6	441,4	14,33	221,8	308,0	72,0
	0-200		317,8			317,8							
	0-100	Grîu de toamnă	184,2		72,4	111,8	53,4	251,7	460,9	4,31	485,4	1069,4	45,4
	0-200		366,9		157,7	209,2							
	0-100	Sfeclă de zahăr	125,1		40,4	84,7	84,7	370,4	470,4	50,60	19,8	93,0	21,3
	0-200		245,8		145,8	100,0							
2011	0-100	Borceag de primăvară	144,5	27,6	70,5	74,0	78,2	124,8	219,4	8,67	109,1	253,1	43,1
	0-200		264,8	122,4	170,2	94,6							
	0-100	Grîu de toamnă	167,2	46,7	79,2	88,0	42,8	241,1	446,5	4,72	435,2	946,0	46,0
	0-200		345,2	125,2	139,8	205,4							
	0-100	Sfeclă de zahăr	169,7	85,4	37,3	132,4	54,8	271,7	513,5	33,60	72,0	152,8	47,1
	0-200		329,2	232,6	87,4	241,8							
2012	0-100	Borceag de primăvară						140,8	140,8	7,47			
	0-200												
	0-100	Grîu de toamnă	135,3		30,9	104,4	70,3	178,7	327,3	4,16	357,2	7,86,8	45,4
	0-200		246,4		97,8	148,6							
	0-100	Sfeclă de zahăr	136,9		45,1	91,8	120,3	162,9	239,2	6,02	126,7	397,3	31,9
	0-200		194,7		118,4	76,3							
media	0-100	Borceag de primăvară	148,5	27,6	59,2	109,1	57,7	133,9	323,0	10,39	182,1	311,0	58,5
	0-200		300,9	122,4	167,8	189,1							
	0-100	Grîu de toamnă	168,4	46,7	62,1	106,3	52,6	203,95	406,0	4,34	461,5	934,5	49,8
	0-200		334,3	125,2	132,2	202,1							
	0-100	Sfeclă de zahăr	151,0	85,4	43,0	108,0	68,6	242,05	399,5	29,43	53,5	135,7	39,4
	0-200		283,0	232,6	125,5	157,5							

Anexa 3

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în cultura permanentă a grîului de toamnă pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Nefertilizat	174,6	86,4	80,8	93,8	57,4	128,7	292,1	1,01	1617,8	2892,1	55,9
	0-200		369,2	206,1	205,8	163,4							
	0-100	Fertilizat	185,6	35,2	63,7	121,9	50,3		371,1	1,58	1534,2	2348,7	65,3
	0-200		404,0	141,4	161,6	242,4							
2010	0-100	Nefertilizat	182,7	73,9	91,4	91,3	72,2	251,7	378,1	0,9	1404,4	4201,1	33,4
	0-200		387,5	241,8	261,1	126,4							
	0-100	Fertilizat	170,5	23,8	79,1	91,4	57,7		410,2	1,65	960,6	2486,1	38,6
	0-200		369,3	156,1	210,8	158,5							
2011	0-100	Nefertilizat	154,6	34,4	72,0	82,6	73,7	210,7	322,8	1,89	593,1	1707,9	34,7
	0-200		341,2	175,5	229,1	112,1							
	0-100	Fertilizat	170,3	34,0	42,2	128,1	62,7		415,0	2,82	724,5	1471,6	49,2
	0-200		371,2	171,8	166,9	204,3							
2012	0-100	Nefertilizat	136,3		52,6	83,7	61,7	176,0	311,6	1,29	1051,2	2415,5	43,5
	0-200		321,2		185,6	135,6							
	0-100	Fertilizat	103,9		41,0	62,9	123,6		226,9	2,5	203,6	907,6	22,4
	0-200		213,5		162,6	50,9							
media	0-100	Nefertilizat	162,1	64,9	74,2	87,9	65,4	191,8	326,2	1,27	1056,0	2563,1	41,2
	0-200		354,8	207,8	220,4	134,4							
	0-100	Fertilizat	157,6	31,0	56,5	101,1	61,6		355,8	2,14	767,4	1664,6	46,1
	0-200		339,5	156,4	175,5	164,0							

Anexa 4

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în cultura permanentă a sfeclei de zahăr pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Nefertilizat	177,3	71,3	81,8	95,5	49,6	223,4	416,0	5,87	328,1	708,7	46,3
	0-200		390,4	212,8	197,8	192,6							
	0-100	Fertilizat	191,0	55,1	92,0	99,0	43,8		449,3	6,4	353,0	702,0	50,3
	0-200		380,1	182,6	154,2	225,9							
2010	0-100	Nefertilizat	174,1	180,5	100,7	73,4	46,7	370,4	527,5	4,46	352,2	1182,7	29,8
	0-200		398,8	379,5	241,7	157,1							
	0-100	Fertilizat	196,6	176,7	88,9	107,7	57,5		557,8	6,67	281,0	836,3	33,6
	0-200		368,7	338,2	181,3	187,4							
2011	0-100	Nefertilizat	162,8	135,0	55,8	107,0	58,9	227,5	409,2	3,86	470,7	1060,1	44,4
	0-200		346,0	276,2	164,3	181,7							
	0-100	Fertilizat	177,1	170,8	69,9	107,2	54,6		423,9	5,96	329,5	711,2	46,3
	0-200		348,9	355,2	152,5	196,4							
2012	0-100	Nefertilizat	124,7		23,7	101,0	60,7	162,9	329,3	0,8	2080,0	4116,3	50,5
	0-200		269,9		103,5	166,4							
	0-100	Fertilizat	147,1		36,2	110,9	77,0		307,0	1,51	954,3	2033,1	46,9
	0-200		258,0		113,9	144,1							
media	0-100	Nefertilizat	159,7	128,9	65,5	94,2	54,0	246,1	420,5	3,75	465,5	1122,1	41,5
	0-200		351,3	289,5	176,8	174,5							
	0-100	Fertilizat	178,0	134,2	71,8	106,2	56,4		434,5	5,14	367,0	846,2	43,4
	0-200		338,9	292,0	150,5	188,5							

Anexa 5

Consumul de apă din sol şi precipitaţii pe parcelele permanente de ogor negru şi pîrloagă pe fond fertilizat şi nefertilizat, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Ogor negru, pîrloagă	Fond de fertilizare	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
				Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)					
2009	0-100	Ogor negru	Nefertilizat	180,8	130,2	128,8	52,0	79,3	146,9	212,5	30,9
	0-200			358,7	276,2	293,1	65,6				
	0-100		Fertilizat	171,5	133,6	155,4	16,1	41,4		185,8	20,9
	0-200			354,5	309,1	315,6	38,9				
	0-100	Pîrloagă	Nefertilizat	173,1	79,9	99,4	73,7	41,6		324,2	54,7
	0-200			346,2	222,3	168,9	177,3				
	0-100		Fertilizat	186,8	94,8	85,4	101,4	50,2		348,7	57,9
	0-200			374,8	228,6	173,0	201,8				
2010	0-100	Ogor negru	Nefertilizat	169,6	172,8	188,1	-18,5	100,0	358,8	347,9	0,0
	0-200			353,6	345,2	364,5	-10,9				
	0-100		Fertilizat	186,4	176,7	161,4	25,0	89,0		386,9	7,3
	0-200			387,1	358,1	359,0	28,1				
	0-100	Pîrloagă	Nefertilizat	154,4	96,0	91,7	62,7	40,2		514,9	30,3
	0-200			321,8	227,4	165,7	156,1				
	0-100		Fertilizat	173,5	120,1	89,1	84,4	48,3		533,5	32,7
	0-200			358,4	236,3	183,7	174,7				
2011	0-100	Ogor negru	Nefertilizat	153,7	136,3	93,6	60,1	47,4	191,9	318,8	39,8
	0-200			347,6	282,9	220,7	126,9				
	0-100		Fertilizat	159,8	142,2	142,1	17,7	83,9		213,0	9,9
	0-200			344,6	277,3	323,5	21,1				
	0-100	Pîrloagă	Nefertilizat	174,0	52,7	21,0	153,0	38,4		590,8	67,5
	0-200			478,7	123,6	79,8	398,9				
	0-100		Fertilizat	189,5	52,6	27,1	162,4	63,8		446,3	57,0
	0-200			351,3	135,9	96,9	254,4				
2012	0-100	Ogor negru	Nefertilizat	134,8	77,1	78,4	56,4	537,1	137,4	147,9	7,1
	0-200			252,1	173,1	241,6	10,5				
	0-100		Fertilizat	156,9	136,7	146,7	10,2	32,6		168,7	18,6
	0-200			342,8	255,6	311,5	31,3				
	0-100	Pîrloagă	Nefertilizat	164,9	13,5	45,2	119,7	78,8		289,3	52,5
	0-200			266,7	75,7	114,8	151,9				
	0-100		Fertilizat	138,0	26,1	37,3	100,7	41,6		379,4	63,8
	0-200			252,9	99,9	10,9	242,0				
media	0-100	Ogor negru	Nefertilizat	159,7	129,1	122,2	37,5	78,1	208,75	256,8	18,7
	0-200			328,0	269,4	280,0	48,0				
	0-100		Fertilizat	168,7	147,3	151,4	17,3	57,8		238,6	12,5
	0-200			357,3	300,0	327,4	29,9				
	0-100	Pîrloagă	Nefertilizat	166,6	60,5	64,3	102,3	46,3		429,8	51,4
	0-200			353,4	162,3	132,3	221,1				
	0-100		Fertilizat	172,0	73,4	59,7	112,2	51,4		427,0	51,1
	0-200			334,4	175,2	116,1	218,2				

Anexa 6

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului 5, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Lucerna anul III, prima coasă	193,9	32,5	32,5	161,4	56,7	58,4	343,1	14,87	191,5	230,7	83,0
	0-200		380,6	95,9	95,9	284,7							
	0-100	Grîu de toamnă	187,1	24,2	52,1	135,0	61,3	144,3	364,5	4,42	498,2	824,7	60,4
	0-200		373,6	88,1	153,4	220,2							
	0-100	Sfeclă de zahăr	176,2	18,1	35,7	140,5	52,3	163,2	431,8	31,50	85,3	137,1	62,2
	0-200		359,5	80,0	90,9	268,6							
2010	0-100	Lucerna anul III, prima coasă	128,6		59,1	69,5	52,3	117,9	250,9	15,40	86,4	162,9	53,0
	0-200		214,9		81,9	133,0							
	0-100	Grîu de toamnă	152,6	41,9	87,5	65,1	39,8	251,7	415,4	4,31	379,8	963,8	39,4
	0-200		335,7	122,6	172,0	163,7							
	0-100	Sfeclă de zahăr	163,8	113,3	68,0	95,8	49,6	370,4	563,5	50,33	38,4	112,0	34,3
	0-200		337,7	230,4	144,6	193,1							
2011	0-100	Lucerna anul III, prima coasă	164,1		78,9	85,2	81,0	61,3	166,5	6,33	166,2	263,0	63,2
	0-200		272,8		167,6	105,2							
	0-100	Grîu de toamnă	178,8	32,2	39,5	139,3	61,8	241,1	466,4	4,36	516,7	1069,7	48,3
	0-200		313,6	72,1	88,3	225,3							
	0-100	Sfeclă de zahăr	167,3	108,9	35,9	131,4	54,1	271,7	514,5	37,12	65,4	138,6	47,2
	0-200		335,2	232,2	92,4	242,8							
2012	0-100	Lucerna anul III, prima coasă	49,0		81,4	-32,4		155,4	119,0	3,47	-104,9	342,9	-30,6
	0-200		54,6		91,0	-36,4							
	0-100	Grîu de toamnă	145,2	19,6	29,1	116,1	71,9	178,7	340,1	4,30	375,3	790,9	47,5
	0-200		269,2	87,1	107,8	161,4							
	0-100	Sfeclă de zahăr	134,7	43,9	27,0	107,7	80,1	162,9	297,4	4,17	322,5	713,2	45,2
	0-200		195,8	149,2	61,3	134,5							
media	0-100	Lucerna anul III, prima coasă	133,9		63,0	70,9	58,3	98,25	219,9	10,02	121,4	219,5	55,3
	0-200		230,7		109,1	121,6							
	0-100	Grîu de toamnă	165,9	29,5	52,1	113,9	59,1	203,95	396,6	4,35	443,1	912,2	48,6
	0-200		323,0	92,5	130,4	192,7							
	0-100	Sfeclă de zahăr	160,5	71,1	41,7	118,9	56,7	242,05	451,8	30,78	68,1	146,8	46,4
	0-200		307,1	173,0	97,3	209,8							

Anexa 7

Consumul de apă din sol şi precipitaţii la formarea unei tone de producţie de bază în veriga asolamentului 2, a.a. 2009-2012, ICCC „Selecţia”

Anii	Stratul de sol	Veriga asolamentului	Rezerva de apă accesibilă, mm			Consumul de apă în sol în perioada vegetaţiei, mm	Ponderea stratului 0-100 cm în consumul de apă din sol, %	Cantitatea de precipitaţii, mm (în perioada de vegetaţie)	Consumul total de apă (din sol+precipitaţii, mm)	Producţia, t/ha	Consumul de apă din sol, tone la 1 tonă producţiei de bază	Consumul total de apă, tone la 1 tonă producţie de bază	Ponderea apei din sol în consumul total de apă, %
			Primăvara (începutul vegetaţiei)	Vara (la înflorire)	Toamna (la recoltare)								
2009	0-100	Ogor negru	179,4	47,9	118,8	60,6	59,8	146,9	248,2				
	0-200		360,7	165,3	259,4	101,3							
	0-100	Grîu de toamnă	186,3	82,3	63,7	122,6	51,6	144,3	381,9	4,42	537,6	864,0	62,2
	0-200		377,3	272,2	139,7	237,6							
	0-100	Porumb la boabe	167,3	46,5	46,5	120,8	61,4	146,9	343,8	6,14	320,7	559,9	57,3
	0-200		366,1	169,2	169,2	196,9							
2010	0-100	Ogor negru	164,2	175,3				370,4	370,4				
	0-200		343,1	343,6									
	0-100	Grîu de toamnă	178,3	41,5	83,5	94,8	44,7	251,7	463,9	4,31	492,3	1076,3	45,7
	0-200		368,6	156,1	156,4	212,2							
	0-100	Porumb la boabe	151,2	75,9	108,6	42,6	21,8	370,4	566,0	10,48	186,6	540,1	34,6
	0-200		376,8	197,6	181,2	195,6							
2011	0-100	Ogor negru	189,9	185,2				204,8	204,8				
	0-200		333,2	318,2									
	0-100	Grîu de toamnă	183,2	45,7	62,1	121,1	51,3	241,1	477,0	4,82	489,4	989,6	49,5
	0-200		356,0	114,2	120,1	235,9							
	0-100	Porumb la boabe	158,1	58,2	43,2	114,9	52,0	204,8	425,7	11,24	196,5	378,7	51,9
	0-200		328,8	183,9	107,9	220,9							
2012	0-100	Ogor negru	141,7	101,3				111,5	111,5				
	0-200		171,9	132,4									
	0-100	Grîu de toamnă	175,7	41,5	46,5	129,2	71,0	178,7	360,8	4,49	405,6	803,6	50,5
	0-200		326,4	128,4	144,3	182,1							
	0-100	Porumb la boabe	158,9	75,9	25,0	133,9	63,1	111,5	323,8	19,17	110,7	168,9	65,6
	0-200		299,5	150,2	87,2	212,3							
media	0-100	Ogor negru	168,8	127,4	118,8	60,6	59,8	208,4	309,7				
	0-200		302,2	239,9	259,4	101,3							
	0-100	Grîu de toamnă	180,9	52,8	64,0	116,9	53,9	203,95	420,9	4,51	481,0	933,3	51,5
	0-200		357,1	167,7	140,1	217,0							
	0-100	Porumb la boabe	158,9	64,1	55,8	103,1	49,9	208,4	414,8	11,76	175,6	352,8	49,8
	0-200		342,8	175,2	136,4	206,4							

Anexa 8

Evaluarea rezistenţei de tracţiune a maşinilor agricole











Anexa 9

Starea semănăturilor de sfeclă de zahăr în anul 2012



Asolamentul №3



Asolamentul №7

Anexa 10

Structura solului în variantele studiate



Asolamentul 2



Asolamentul 5

Anexa 11

Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni la cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr amplasate în asolament, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012

Varianta	Fondul de fertilizare	Anul	> 7 mm	7-5 mm	5-3 mm	3-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	< 0,25 mm
Grîu de toamnă	nefertilizat	2009	10,7	14,7	20,7	28,8	14,6	6,3	4,2
		2010	15,1	13,1	17,3	24,9	15,6	7,5	6,5
		2011	11,0	13,7	18,4	28,3	15,7	6,3	6,6
		2012	9,4	13,6	18,5	28,4	16,7	8,6	4,8
	media		11,6	13,8	18,7	27,6	15,7	7,2	5,5
	fertilizat	2009	10,2	12,2	19,2	27,0	17,9	9,0	4,5
		2010	10,8	14,0	18,6	25,3	15,8	8,6	6,9
		2011	9,1	11,1	16,1	27,9	18,1	12,3	5,4
		2012	8,2	12,9	20,3	27,3	17,4	9,4	4,5
	media		9,6	12,6	18,6	26,9	17,3	9,8	5,3
Sfecla de zahăr	nefertilizat	2009	13,7	16,2	22,8	28,0	12,4	4,5	2,4
		2010	16,9	11,6	17,8	28,8	15,1	6,0	3,8
		2011	16,7	17,9	23,2	25,4	10,4	4,1	2,3
		2012	11,0	13,0	21,1	24,1	15,4	7,2	8,2
	media		14,6	14,7	21,2	26,6	13,3	5,5	4,2
	fertilizat	2009	11,5	13,4	20,7	28,3	15,7	7,0	3,4
		2010	12,1	12,9	20,0	27,6	16,4	7,1	3,9
		2011	12,7	13,4	19,6	26,2	15,9	8,0	4,2
		2012	10,8	15,2	20,4	31,5	14,3	5,1	2,7
	media		11,8	13,7	20,2	28,4	15,6	6,8	3,6

Anexa 12

Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni la cultura grîului de toamnă şi sfeclei de zahăr amplasate în cultura permanentă, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012

Varianta	Fondul de fertilizare	Anul	> 7 mm	7-5 mm	5-3 mm	3-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	< 0,25 mm
Grîu de toamnă	nefertilizat	2009	15,3	15,4	19,4	24,2	13,9	6,8	5,0
		2010	13,8	11,6	16,1	26,1	18,4	8,6	5,4
		2011	13,7	12,3	15,9	26,0	18,2	8,4	5,5
		2012	12,2	15,1	18,6	26,8	15,8	7,1	4,4
	media		13,8	13,6	17,5	25,8	16,6	7,7	5,1
	fertilizat	2009	13,9	11,7	16,3	26,1	18,1	8,4	5,5
		2010	5,6	10,4	19,3	32,4	17,3	8,3	6,7
		2011	5,4	10,6	19,5	32,0	17,7	8,0	6,8
		2012	7,9	13,3	22,0	26,3	18,1	7,4	5,0
	media		8,2	11,5	19,3	29,2	17,8	8,0	6,0
Sfecla de zahăr	nefertilizat	2009	14,8	13,7	18,1	31,0	14,3	5,1	3,0
		2010	10,9	13,1	19,5	28,8	16,7	7,2	3,8
		2011	10,3	13,6	19,7	28,9	16,0	7,0	4,5
		2012	14,7	16,4	23,3	25,8	11,4	4,4	4,0
			12,7	14,2	20,2	28,6	14,6	5,9	3,8
	fertilizat	2009	14,0	15,6	21,9	28,3	12,9	4,2	3,1
		2010	10,9	14,8	22,7	27,8	14,1	6,6	3,1
		2011	11,3	15,0	22,9	28,0	13,1	6,6	3,1
		2012	14,7	18,4	24,0	24,1	10,6	4,8	3,4
	media		12,7	16,0	22,9	27,1	12,7	5,6	3,2

Anexa 13

Ponderea agregatelor structurale cu diferite dimensiuni în varianta cu ogor negru şi pîrloagă, pe fond nefertilizat şi fertilizat, anii 2009-2012

Varianta	Fondul de fertilizare	Anul	> 7 mm	7-5 mm	5-3 mm	3-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	< 0,25 mm
Ogor negru	nefertilizat	2009	13,3	15,6	22,6	29,7	12,6	4,0	2,3
		2010	10,9	15,6	22,6	29,7	12,6	4,7	4,0
		2011	9,7	15,0	22,2	30,5	16,1	3,9	2,7
		2012	15,3	14,4	21,7	27,7	13,0	5,1	2,7
	media		12,3	15,2	22,3	29,4	13,6	4,4	2,9
	fertilizat	2009	9,9	12,6	19,8	30,4	17,4	6,3	3,8
		2010	10,6	12,6	19,0	30,4	17,4	6,3	3,8
		2011	9,2	11,3	20,4	30,6	20,1	5,1	3,3
		2012	14,0	15,6	22,1	28,1	12,7	4,4	3,1
	media		10,9	13,0	20,3	29,9	16,9	5,5	3,5
Pîrloagă	nefertilizat	2009	15,2	20,4	26,6	23,2	8,4	3,5	2,7
		2010	14,5	12,5	22,0	29,6	12,0	5,2	4,2
		2011	13,3	19,3	25,5	26,3	9,1	3,6	2,9
		2012	8,1	13,7	23,2	26,3	16,0	8,3	4,4
			12,8	16,5	24,3	26,4	11,4	5,2	3,6
	fertilizat	2009	14,1	21,8	27,6	23,5	7,5	2,9	2,9
		2010	9,1	14,6	25,5	28,9	11,2	5,2	5,4
		2011	9,2	17,3	28,4	30,3	8,7	3,3	2,9
		2012	9,0	15,6	22,3	30,0	13,2	6,7	3,1
	media		10,4	17,3	26,0	28,2	10,2	4,5	3,6

Anexa 14

Certificat de implementare a rezultatelor

Certificat

Prin care se confirmă faptul că aplicînd recomandările d. Cebotari Marin doctorand al Institutului de Cercetări pentru Culturile de Cîmp „Selecția" gospodăria SRL „Danulschi" din r-nul Glodeni a economisit la arătură cu plugul cu cormană a cîte 5 litri de motorină la fiecare hectar de teren arabil pe un cîmp de 100 ha.

Economia totală a constituit 500 litri de motorină sau 8250 lei.

Directorul SRL „Danulschi" /_____/ Colibaba Eduard

L.Ș.

27 septembrie 2013

DECLARAŢIA DE PROPRIA RĂSPUNDERE

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sînt rezultatul propriilor cercetări şi realizări ştiinţifice. Conştientizez că, în caz contrar, să suport consecinţele în conformitate cu legislaţia în vigoare.

Cebotari Marin

Semnătura _____

Data: _____

CURRICULUM VITAE

Numele şi Prenumele: Cebotari Marin

Data, luna, anul naşterii: 11.01.1986

Locul naşterii: Bălţi, Republica Moldova

Adresa domiciliu: 3107, Bălţi, str. Lesecico, 6A ap. 53

Telefon: mob. +37369637030

fix. +37323169718

E-mail:marin_cebotari@mail.ru

Studii:

1992-2003 – Şcoala medie Nr. 20 din mun. Bălţi;

2003-2008 – Universitatea de Stat „Alecu Russo" din mun. Bălţi, Facultatea de Ştiinţe ale Naturii şi Agroecologie;

Experienţe profesionale:

2007 – Practica tehnologică la „Agenţia Ecologică" din mun. Bălţi;

2008 – prezent: Cercetător Ştiinţific Stagiar la ICCC „Selecţia";

2011 – prezent: Asistent universitar (prin cumul) la USARB, facultatea Ştiinţe Reale, Economice şi ale Mediului

Diplome:

2008 – Diplomă de licenţă, profil: **Agricultură;** specialitatea: **Tehnologii Agricole**

Stagii:

2012 – Universitatea de Stat „Lomonosov M.V.", Moscova, Rusia

2014 – Universitatea tehnică, Munchen, Germania

Publicaţii:

Pînă în prezent au fost publicate 6 lucrări ştiinţifice în reviste şi culegeri.

Participări la proiecte:

Proiect Moldo-German: *Monitorizarea şi adaptarea la variaţia schimbărilor umidităţii solului în condiţiile încălzirii globale*.

Domeniile de interes ştiinţific: Tehnologii agricole moderne (sisteme agricole de precizie).

Cunoaşterea limbilor: Româna, Rusă, Engleză

Starea civilă: Necăsătorit