

ISSN 2706-7688 (Print)  
ISSN 2706-7696 (Online)

# PLANT AND SOIL SCIENCE

Vol. 10 (1)

2019



SCIENTIFIC JOURNAL

# РОСЛИННИЦТВО ТА ҐРУНТОЗНАВСТВО

Науковий журнал Vol. 10, No 1, 2019  
ISSN 2706-7688 (Print) ISSN 2706-7696 (Online)

## Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

## Редакційна колегія

**Краченко Ю. С.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент (головний редактор);

**Мельник В. І.**, кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник, НУБІП України (відповідальний секретар);

**Піковська О. В.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент (заступник відповідального секретаря);

**Антрапцева Н.М.**, доктор хімічних наук, професор;

**Балаєв А. Д.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України;

**Бикін А. В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;

**Бисько Н. А.** доктор біологічних наук, ст. науковий співробітник;

**Бойко Р. С.**, кандидат хімічних наук, доцент;

**Вячеслав Мазаре**, доктор наук (Румунія);

**Каленська С. М.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України;

**Ковалишина Г. М.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;

**Кондратенко Т. Є.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України;

**Кочкодан О. Д.**, кандидат хімічних наук, доцент;

**Лідія Сас-Паст**, доктор наук, професор (Польща);

**Lu-Jun Li**, доктор наук, професор (Китай);

**Макаревічене Віолета**, доктор сільськогосподарських наук, професор (Литва);

**Максін В. І.**, доктор хімічних наук, професор;

**Юник А. В.** кандидат сільськогосподарських наук, доцент ;

**Онер Четін**, доктор сільськогосподарських наук, професор (Туреччина);

**Пасічник Н. А.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

**Патика М. В.**, доктор сільськогосподарських наук, доцент;

**Рахметов Д. Б.**, доктор сільськогосподарських наук, професор ;

**Лі Чарльз Буррас**, доктор наук, професор (США);

**Танчик С. П.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кор. НААН України;

**Ткаченко М. А.**, доктор сільськогосподарських наук, ст. науковий співробітник;

**Тонха О. Л.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;

**Урушадзе Тенгіз**, доктор біологічних наук, професор (Грузія);

**Федосій І. О.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

**Цюк О. А.**, доктор сільськогосподарських наук, доцент;

**Шатковський А. П.**, доктор сільськогосподарських наук, ст. науковий співробітник.

## Адреса редакції:

03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. Тел./факс: +38 044 527 87 20. E-mail: [nti\\_dep@nubip.edu.ua](mailto:nti_dep@nubip.edu.ua)

## Рекомендовано до друку

*Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України  
Протокол № 1 від 28 серпня 2019 р..*

Журнал включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ (Російський індекс наукового цитування), Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory), SIS (Scientific Indexing Services), Google Scholar, Base, Miar, USJ, ResearchBib, Agris, Index Copernicus.

Підписано до друку 30.02.2019 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 11,8. № 200068.

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБІП України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041. Тел.: 527-81-55

# PLANT AND SOIL SCIENCE

Scientific Journal Vol. 10, No 1, 2019

ISSN 2706-7688 (Print) ISSN 2706-7696 (Online)

*Launched by the:*

NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE

## *Editorial Board Members:*

**Krachenko Y. S.**, PhD, Associate Prof.,  
(Editor-in-Chief);

**Melnyk V.I.**, PhD, Principal Researcher,  
NUBiP of Ukraine, (Executive Editor);

**Pikovska O.V.**, PhD, Associate Prof.,  
(Deputy of Executive Editor);

**Antraptseva N.M.**, Dr. Hab., Prof.;

**Balaiev A.D.**, Dr. Hab., Prof., Corresponding  
Member of a NAAS of Ukraine;

**Bykin A.V.**, Dr. Hab., Prof.;

**Bisko N.A.**, Dr. Hab., Senior Scientific  
Researcher (with consent);

**Boiko R.S.**, PhD, Associate Prof.;

**Mazăre Veaceslav**, PhD, Prof., (Romania)  
(with consent);

**Kalenska S.M.**, Dr. Hab., Prof.,  
Corresponding Member of a NAAS of Ukraine;

**Kovalyshyna G.M.**, Dr. Hab., Prof.;

**Kondratenko T.Y.**, Dr. Hab., Prof.,  
Corresponding Member of a NAAS of Ukraine;

**Kochkodan O.D.**, PhD, Associate Prof.;

**Sas Lidia**, PhD, Prof., (Poland) (with  
consent);

**ЦЦ-МП Li Lu-Jun**, PhD, Prof., (Cina)  
(with consent);

**Mazur Stanislav**, PhD, Prof., (Poland) (with  
consent);

**Макаревічене Віолета**, PhD, Prof.,  
(Lithuania) (with consent);

**Maksin V.I.**, Dr. Hab., Prof.;

**Yunyuk A. V.**, PhD, Associate Prof.;

**Çetin Öner**, PhD, Prof., (Turkey) (with  
consent);

**Pasichnyk N.A.**, PhD, Associate Prof.;

**Patyka M.V.**, Dr. Hab., Prof., Corresponding  
Member of a NAAS of Ukraine;

**Подласкі Славомір**, PhD, Prof., (Poland)  
(with consent);

**Rakhmetov D.B.**, Dr. Hab., Prof.,

**Burras C. Lee**, PhD, Prof., (USA) (with  
consent);

**Tanchyk S.P.**, Dr. Hab., Prof., Corresponding  
Member of a NAAS of Ukraine;

**Tkachenko M. A.**, Dr. Hab., Senior Scientific  
Researcher (with consent);

**Tonha O. L.**, Dr. Hab., Prof.;

**Urushadze Tengiz**, PhD, Prof., (Georgia)  
(with consent);

**Fedosii I. O.**, PhD, Associate Prof.,

**Tsiuk O.A.** O. A., Dr. Hab., Associate Prof.;

**Shatkovskiyi A.P.**, Dr. Hab., Senior Scientific  
Researcher (with consent).

## *Editorial Address*

03041, Kyiv-41, Heroiv Oborony st., 15. Tel.: +380 44 527-87-20. E-mail: as\_ft@nubip.edu.ua

*Recommended for printing*

*Scientific Council of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Protocol No. 1 of 28.07.2019*

Journal included for bibliographic database of scientific publications РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory), SIS (Scientific Indexing Services), Google Scholar, Base, Miar, USJ, ResearchBib, Agris, Index Copernicus.

Signed for printing 30.09.11.2019. Format 70x100/16. Offset printing. Offset paper.  
11,8 conditional printing sheets. № 200068.

Printed in Publishing department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Oborony str., 15, Kyiv, 03041. Tel.: 527-81-55

# ЗМІСТ

## РОСЛИННИЦТВО ТА КОРМОВИРОБНИЦТВО

- Г. І. Демидась, Е. С. Лихошерст, Л. М. Бурко.** Вплив мінеральних добрив та інокуляції на розвиток кореневої системи різних видів та сортів еспарцету.....5
- М. Б. Грабовський.** Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу.....12
- Є. В. Крестьянінов, Л. М. Єрмакова, Т. В. Антал.** Формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від фону та позакореневого підживлення посівів в умовах лівобережного лісостепу .....18

## ЗЕМЛЕРОБСТВО

- В. В.Чумбей, С. П. Танчик, О. С. Павлов.** Вплив обробітку на об'ємну масу дерново-підзолистого ґрунту за вирощування гречки в прикарпатті України .....26
- Г. В. Пінковський.** Вплив строків сівби та густоти стояння соняшнику на водний режим ґрунту в правобережному степу України .....34
- В. В. Сінченко, С. П. Танчик, Д. В. Літвінов.** Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового правобережного лісостепу України.....41

## ҐРУНТОЗНАВСТВО ТА АГРОХІМІЯ

- С. Ю. Булігін, С. В. Вітвіцький, М. І. Байдюк.** Тепловий режим чорнозему звичайного за різного технологічного навантаження .....50

## ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО

- Г. Б. Попович, А. О. Малініна.** Формування розсади салату та капусти під впливом додаткового освітлення.....58

# CONTENT

## PLANT AND FORAGE PRODUCTION

- G. I. Demydas, E. S. Lykshosherst, L. M. Burko.** Influence of mineral fertilizers and inoculation on root system development of various types of sainfoin .....5
- M. Grabovskyi.** Corn cultivation technology as raw materials for biogas production.....12
- Ye. Krest'yaninov, I. Yermakova, T. Antal.** Formation of corn grain yield and quality depending on micronutrients topdressing under conditions of left bank forest steppe .....18

## AGRICULTURE

- V. Chumbey, S. Tanchyk, O. Pavlov.** Effect of tillage on the compaction of sod-podzolic soils for growing buckwheat in the carpathian region of Ukraine .....26
- G. V. Pinkovsky.** Influence of the sowing time and the density of the sunflower's standing on the water regime of soil in the right-bank steppe of Ukraine .....34
- V. V. Sinchenko, S. P. Tanchyk, D. V. Litvinov.** Influence of depending on tillage on agrophysical parameters of chernozem typical in the right-bank forest-steppe of Ukraine .....41

## SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY

- S. Yu. Bulygin, S. V. Vitvitsky, M. I. Baydiuk .** Thermal regime of the chernozem ordinary under different technological loads .....50

## FRUIT AND VEGETABLE GROWING

- H. B. Popovich, A. O. Malinina.** Formation of salad and cabbage seedlings under the influence of additional lightning .....58

# РОСЛИННИЦТВО ТА КОРМОВИРОБНИЦТВО

УДК 631.847:631.537:633.361

<https://doi.org/10.31548/agr2019.01.005>

## ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НА РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РІЗНИХ ВИДІВ ТА СОРТІВ ЕСПАРЦЕТУ

*Г. І. ДЕМИДАСЬ, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології  
Е. С. ЛИХОШЕРСТ, аспірант\**

*Л. М. БУРКО, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач  
кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: demydas@nubip.edu.ua*

**Анотація.** *Висвітлено результати досліджень щодо впливу мінеральних добрив та інокуляції на розвиток кореневої системи еспарцету посівного, закавказького та піщаного за вирощування на зелений корм.*

*Експериментальна частина роботи виконана упродовж 2016-2018 рр. Дослідні ділянки було закладено на чорноземах типових малогумусних грубопилуватих легкосуглинкових за механічним складом, які характеризуються високим вмістом валових і рухомих форм поживних речовин. Погодні умови в роки проведення досліджень були достатньо складними для вирощування багаторічних трав. Близьку до норми кількість опадів спостерігали лише 2016 р. Проте підвищена температура повітря не сприяла високій врожайності багаторічних трав.*

*Встановлено, що маса кореневої системи збільшувалася від першого до третього року вирощування незалежно від мінерального удобрення та виду еспарцету. Найбільшу масу кореневої системи за внесення N45P60K90 розвивав еспарцет посівний: у фазу гілкування – 2,9; бутонізації – 3,6; цвітіння – 5,3 т / га сухої маси. Значно меншими виявилися значення зазначеного показника у інших видів еспарцету.*

*Формування симбіотичного апарату рослини еспарцету істотно залежить як від технологічних заходів вирощування, насамперед від внесення мінеральних добрив, так і від біологічних особливостей його росту і розвитку. Безсумнівно, ці особливості впливали також і на показники накопичення симбіотичного азоту за роками його вирощування та фази росту і розвитку.*

**Ключові слова:** *еспарцет посівний, еспарцет закавказький, еспарцет піщаний, удобрення, інокуляція, травостій, урожайність*

### **Актуальність.**

Однією з найважливіших біологічних особливостей еспарцету є спосіб розгалуження його кореневої системи. На відміну від інших бобових багаторічних трав, у тому числі й люцерни, поряд із формуванням глибоко проникаючого у ґрунт стрижневого кореня, еспарцет, починаючи з глибини 40-100 см, формує основну масу дрібних бічних корінців. Переважання дрібного коріння в еспарцету до загальної їх кількості в перший рік вегетації за безпокровного ранньовесняного строку сівби становить 70-75 % і в другий – 40-50 %. Максимальна кількість дрібного коріння у еспарцету утворюється в фазу цвітіння та дещо зменшується в осінній період його розвитку (Захарова О. М., Аврамчук Б. І., Демидась Г.І., 2016; Martin P., Glatzle A., Kolb W., 1983).

Зазначена відмінність будови кореневої системи еспарцету, порівняно з іншими видами багаторічних бобових трав, і, насамперед, домінування життєдіяльних тонких бічних корінців, дозволяє використовувати поживні речовини і продуктивну вологу з глибоких шарів ґрунту.

Другою відмінною особливістю будови кореневої системи еспарцету є здатність її виділяти в ґрунт органічні речовини, які розчиняють важкорозчинні дво- та тривалентні аніони фосфору, і перетворювати їх на доступні одновалентні катіони, які легко засвоюються рослинами.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Як зазначають ряд дослідників, до появи сходів корінець еспарцету росте повільно за рахунок запасу поживних

речовин насінини. Після виходу рослини на поверхню і з початком асиміляції сім'ядольними листочками відзначається найшвидший ріст корінця, в результаті чого через місяць після сівби він проникає на глибину 30 см, через два місяці – майже на 100 см. До кінця першого року вегетації він потовщується, утворюючи бокові розгалуження і поступово охоплює все значніший шар ґрунту, проникаючи далі у глибину і ширину. На другий і третій роки росту й розвитку корені еспарцету заглиблюються на 2-3 м, утворюючи нові розгалуження. Частина верхніх дрібних кореневих розгалужень при цьому відмирає.

Разом із тим, коренева система є не тільки органом, за допомогою якого рослини використовують воду і мінеральні речовини з ґрунту, а й виконує синтетичну та видільну функції. У коренях утворюється багато складних з'єднань, які мають важливе значення для обміну речовин у рослинах (Демидась Г. І., Лихошерст Е. С., Свистунова І. В., 2017; Егорова Г.С., Лемякіна П.М., 2003; Сніжко С. І, Скриник О. А., Щербань І.М., 2007; Слюсар І.Т., 1986).

За повідомленнями Н. З. Станкова (Станков Н.З., 1964), коренева система синтезує і виділяє майже всі типи органічних речовин, які беруть участь у клітинному обміні. Сумарна кількість цих сполук досягає 5-10 % маси всього організму. Як стверджують науковці (Демидась Г. І., Лихошерст Е. С., Свистунова І. В., 2017; Manninger S., 1973; Martin P., Glatzle A., Kolb W., 1983), підземна біомаса у багаторічних трав виявляє значний вплив на врожай, виступаючи стабілізуючим елементом травостою і слугуючи джерелом його високої продуктивності. У процесі росту й

розвитку трав підземні органи мають важливе значення не тільки в біології власне рослин, а й для біології ґрунту, впливаючи на структуру і родючість останнього. У зв'язку з цим дослідження розвитку і діяльності кореневих систем травостоїв залежно від технологічних заходів вирощування набуває особливої актуальності.

**Мета дослідження** – визначити особливості розвитку кореневої системи різних видів еспарцету залежно від впливу мінеральних добрив та інокуляції.

### **Матеріали і методи досліджень.**

Експериментальні дослідження проведено в умовах Агрономічної дослідної станції НУБіП України, с. Пшеничне, Васильківського району, Київської області. Вони є складовою частиною наукових досліджень кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології Національного університету біоресурсів і природокористування МОН України, №10/478 пр. (№110/478 пр.).

Досліди було закладено весною 2016 р. за схемою:

– *фактор А. Види еспарцету:*

1. Посівний (сорт Аметист Донецький).
2. Закавказький (сорт Адам).
3. Піщаний (сорт Смарагд);

– *фактор Б. Удобрення, інокуляція:*

1. Без добрив.
2.  $N_{45}P_{60}K_{90}$  + інокуляція насіння ризоторфіном.
3.  $P_{60}K_{90}$  + інокуляція насіння ризоторфіном;

– *фактор В. Висота скошування травостою:*

- 1) 5 см; 2) 10 см; 3) 15 см.

Площа посівної ділянки – 50 м<sup>2</sup> (10х5 м), облікової – 40 м<sup>2</sup>, повто-

рення досліду – чотириразове. Для скошування травостоїв у дослідах використовували мотокосарку. Фаза скошування – бутонізація початок цвітіння. Облік і спостереження в дослідах проводили за загальноприйнятими методиками.

### **Результати досліджень та їх обговорення.**

Враховуючи умову, що від розвитку підземної маси кореневої системи значно залежить урожайність надземної маси, а також недостатню кількість даних щодо цього питання, яке вивчається та їх суперечливість – у проведених дослідженнях була поставлена задача визначення зміни накопичення кореневої маси у нових сортів еспарцету різного виду для Лісостепу України залежно від мінерального удобрення. Одержані результати показали, що в середньому за три роки рівень накопичення кореневої маси еспарцету залежить як від окремих технологічних заходів його вирощування, так і від виду еспарцету, що представлено новими сучасними сортами та роками його використання (табл. 1).

Також встановлено, що найбільшу масу кореневої системи незалежно від виду та сорту еспарцет формує у фазу цвітіння. Серед досліджуваних сортів виокремлюється сорт Аметист Донецький (вид Посівний) із найбільшим показником (4,0-5,3 т / га) на третій рік вирощування. Два інші сорти – Адам (Закавказький вид) та Смарагд (Піщаний вид) значно поступалися перед ним за накопиченням кореневої системи.

Із аналізу отриманих даних щодо накопичення кореневої системи залежно від внесення мінеральних добрив та проведення інокуляції най-

### 1. Вплив мінеральних добрив та інокуляції на накопичення сухої кореневої маси різних видів еспарцету в шарі ґрунту 0–50 см, т / га

Вид та сорт еспарцету	Варіант удобрення	Середнє за роками		
		гілкування	бутонізація	цвітіння
Посівний, сорт Аметист Донецький	Без добрив	1,6	2,3	4,0
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,9	3,6	5,3
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,4	3,0	4,6
Закавказький, сорт Адам	Без добрив	1,5	2,1	3,6
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,8	3,5	4,9
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,4	2,9	4,5
Піщаний, сорт Смарагд	Без добрив	1,6	1,9	2,9
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,9	3,3	4,4
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	2,4	2,8	3,6
НІР <sub>05</sub>		0,34	0,29	0,24

більший приріст кореневої маси від удобрення – близько 50 % виявився у сорту Смарагд, тоді як найменший – у сорту Аметист Донецький. Для сорту Адам показники були середніми між ними. Очевидно, це пов'язано з одержаними значно меншими показниками маси кореневої системи у закавказького і піщаного типів еспарцету на контрольних ділянках без внесення добрив (3,6 і 2,9 т / га проти еспарцету посівного – 4,0 т / га).

Внесення  $N_{45}$  фоні  $P_{60}K_{90}$  забезпечувало в середньому за три роки додатковий приріст кореневої маси еспарцету посівного на 13,3 %, закавказького – 10,2 і піщаного – на 11 %. Отже, всі види еспарцету позитивно реагували на внесення повного мінерального добрива і забезпечували приріст кореневої маси, що, безумовно, позитивно впливало і на отримання врожаю зеленої маси.

Таким чином, накопичення кореневої маси істотно залежить від виду

еспарцету, внесення фосфорно-калійних і азотних добрив з проведенням інокуляції насіння та років використання травостою. Найбільша маса кореневої системи відзначена у фазу цвітіння, що перевершує таку у фазу гілкування майже в 1,5-2 рази.

Як уже зазначалося, формування симбіотичного апарату рослини еспарцету істотно залежить як від технологічних заходів вирощування, насамперед від внесення мінеральних добрив, так і від біологічних особливостей його росту і розвитку. Безсумнівно, ці особливості впливають і на показники накопичення симбіотичного азоту за роками його вирощування та фази росту і розвитку.

У процесі досліджень виявлено, що збільшення накопичення кількості та маси бульбочок на коренях еспарцету забезпечує протягом вегетації та після її завершення і відповідне накопичення симбіотичного азоту в ґрунті (табл. 2).

## 2. Накопичення симбіотичного азоту під посівами еспарцету у фазу цвітіння залежно від його виду та удобрення, кг / га

Вид та сорт еспарцету	Варіант удобрення	Рік			Середнє
		2016	2017	2018	
Посівний, сорт Аметист Донецький	Без добрив	97	102	115	105
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	129	142	157	143
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	110	125	142	126
Закавказький, сорт Адам	Без добрив	68	92	113	91
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	103	121	146	123
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	89	113	134	112
Піщаний, сорт Смарагд	Без добрив	60	93	97	83
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	91	124	139	118
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	77	109	122	103
	$NIP_{05}$	4,1	3,9	4,3	

Так, найбільше накопичення симбіотичного азоту в середньому за три роки відзначено на дослідній ділянці посівного еспарцету – 105-143 кг / га, тоді як на посівах піщаного ці показники становили 83-118 кг / га, що менше майже на 21-26 %. Показники з накопичення симбіотичного азоту на дослідній ділянці Закавказького виду еспарцету були середніми між згаданими видами.

Також внесення мінеральних добрив істотно впливало на накопичення азоту. Швидше за все це пов'язано із значно більшим накопиченням кореневої маси, як зазначено раніше (див. табл. 1). Збільшення маси кореневої системи забезпечило нарощування кількості та маси бульбочок на кожній рослині, що й призвело до загального збільшення накопичення симбіотичного азоту в цілому на одиницю площі посіву.

Важливим показником у збільшенні накопичення симбіотичного азоту еспарцетом є роки його вирощування. В перший рік, незалежно від виду еспарцету (2016 р.), симбі-

отичного азоту на рослинах накопичувалося найменше: на дослідній ділянці еспарцету посівного – 97-129 кг / га, закавказького – 68-103 і еспарцету піщаного – 60-91 кг / га. На другий рік вирощування (2017 р.) ці показники зросли відповідно до 102-142, 92-121 і 93-124 кг / га. Найбільше симбіотичного азоту накопичувалося на третій рік вирощування еспарцету: відповідно 115-157; 113-146 і 97-139 кг / га.

Особливо слід відзначити збільшення накопичення симбіотичного азоту залежно від мінерального удобрення. Так, на дослідній ділянці еспарцету посівного в середньому за три роки (2016-2018 рр.) збільшення накопичення азоту відбулося за використання лише фосфорно-калійного добрива на 20 %, тоді як за внесення повного мінерального добрива в дозі  $N_{45}P_{60}K_{90}$  – на 36 % проти посівів без добрив.

Внесення 45 кг діючої речовини аміачної селітри на фоні  $P_{60}K_{90}$  забезпечило приріст накопичення симбіотичного азоту на 17 кг / га або на 13 %.

Подібну залежність щодо накопичення симбіотичного азоту за використання внесення мінеральних добрив спостерігали і на двох інших видах еспарцету – закавказькому та піщаному.

Загалом як показав аналіз проведених досліджень із накопичення симбіотичного азоту, в абсолютній більшості випадків це пов'язано з наростанням кореневої системи. Збільшуються і маса кореневої системи, і кількість та маса бульбочок, що, у свою чергу, забезпечує збільшення накопичення симбіотичного азоту в ґрунті.

**Висновки і перспективи.** Накопичення кореневої маси істотно залежить від виду еспарцету, року його вирощування та внесення мінеральних добрив. Найбільшу масу кореневої системи 5,3 т / га спостерігали за використання повного мінерального добрива ( $N_{45}P_{60}K_{90}$ ) на дослідній ділянці еспарцету посівного. Показник накопичення кореневої системи еспарцетом закавказьким був меншим на 0,62 т / га і на 0,85 т / га.

Накопичення симбіотичного азоту на одиницю посівної площі еспарцету незалежно від його виду повністю корелюється з накопиченням кореневої маси та кількістю й масою бульбочкових бактерій. Кількість симбіотичного азоту зростає з роками вирощування еспарцету (від першого до третього) та із внесенням мінеральних добрив.

### References

1. Demydas, H. I., Lykshosherst, E. S., Svystunova, I. V.(2017). Espartset – perspektyvna kultura v kormovyrobnytstvi (Espartset - a promising culture in fodder production). Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Series Agronomy, 269, p. 17–23. Available at :[http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu\\_agr\\_2017\\_269\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_agr_2017_269_4)
2. Ehorova, H.S., Lemiakyna, P.M. (2003) Symbiotycheskaya fyksatsyya azota v posevakh lyutserny.(Symbiotic fixation of nitrogen in alfalfa cultures). Fodder production, 1,p. 23–25.
3. Zakharova, O. M., Avramchuk, B. I., Demydas, H. I. (2016). Formuvannya produktyvnosti roslyn espartsetu posivnoho zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohiyi v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy (Formation of plant productivity of sowing pine plant depending on the influence of technology elements in the right-bank forest-steppe of Ukraine), EAST EUROPEAN SCIENCE JOURNAL (Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska), Vostochno Evropeyskyi nauchnyi zhurnal, 1. 5, 63-70.
4. Snizhko, S. I, Skrynyk, O. A., Shcherban, I.M. (2007). Osoblyvosti tryvalosti vehetatsiynoho periodu i periodu aktyvnoyi vehetatsiyi na terytoriyi Ukrainy (tendentsiyi zminy vnaslidok hlobal'noho poteplynnya) (Features of the length of the growing season and the period of active vegetation on the territory of Ukraine (trends of change as a result of global warming)). Ukrainian Hydrometeorological Journal, 2. p. 119-128.
5. Manninger, S. (1973). Luzernesamenbau und Wildbienenvermehrung. Zesz. Pribl: Posterow Nauk Roln. 131. p. 93–97.
6. Martin, P., Glatzle, A., Kolb, W. (1983).. (Moglicher Beitrag N2-bindender Bacterien in der Rhizosphare zur Nahrstoffversorgung von Pflanzen), Landwirtschaftliche, 40, p. 241–249.
7. Sliusar, Y. T. (1986). Postuplenye vlahy v aktyvnyy sloy osushennoy torfyanoy pochvy ot hruntovykh vod. Melyoratsyya y vodnoe khozyaystvo. (The arrival of moisture in the active layer of drained peat soil from groundwater) Reclamation and water management, 65, p. 9–13.
8. Stankov, N. Z. (1964). Kornevaya systema polevykh kul'tur (Root system of field crops). Moscow: Kolos, 200.

**G. I. Demydas, E. S. Lykshosherst, L. M. Burko (2019). Influence of mineral fertilizers and inoculation on root system development of various types of sainfoin.**

PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 5–11. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.005>

**Abstract.** Results of researches about mineral fertilizers and inoculation influence on root system development of Common, Transcaucasian and Hungarian sainfoin for growing on green feed are shown.

One of the most important biological features of sainfoin is branching method of its root system. Unlike other leguminous perennial grasses, including alfalfa, along with formation of taproot root deeply penetrating into the soil, sainfoin, starting from a depth 40-100 cm, forms bulk of small side roots. Predominance of small roots in sainfoin, to the total number of them, in the first year of life for pure early-spring sowing period is 70-75% and 40-50% in the second year of life. The maximum number of small roots of sainfoin is formed during flowering phase, and somewhat decreases during the autumn period of its growing season.

Experimental plots were laid on typical low-humus coarse-silty, light-loamy in terms of mechanical composition chernozems, soils characterized by a high content of gross and mobile forms of nutrients. Weather conditions during the years of research were not sufficiently favorable for perennial grasses growing, only 2016 had precipitation close to normal, but increased temperature of the air did not contribute to the high yield of perennial grasses.

It was established that mass of root system increased from the first to the third years of growing, regardless of mineral fertilizing and specie of sainfoin. The largest mass of the root system with introduction N45P60K90 had Common sainfoin - in the branching phase - 2.9; budding - 3.6; flowering - 5.3 t / ha of dry mass, other species of sainfoin had significantly lower values.

Formation of sainfoin plants symbiotic apparatus essentially depends on both technological measures of growing, primarily on application of mineral fertilizers, and on biological characteristics of its growth and development. Without a doubt, these features also influenced on accumulation of symbiotic

**Keywords:** common sainfoin, Transcaucasian sainfoin, Hungarian sainfoin, fertilizers, inoculation, herbage, yield.

---

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

**М. Б. ГРАБОВСЬКИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
завідувач кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин,  
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>  
Білоцерківський національний аграрний університет  
E-mail: [nikgr1977@gmail.com](mailto:nikgr1977@gmail.com)

**Анотація.** Метою роботи було визначити вплив ширини міжрядь на продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу. Польові досліді проводили в 2012–2015 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету. Вивчали чотири гібриди кукурудзи: ДП Пивиха (ФАО 180), ДП Галатея (ФАО 260), Моніка 350 МВ (ФАО 380), Бистриця 400 МВ (ФАО 450) і дві ширини міжрядь: 45 і 70 см. Встановлено, що на варіантах з міжряддям 45 см врожайність зеленої маси кукурудзи була вищою на 3,6–5,6 %, а збір сухої речовини – на 3,2–6,0 % порівняно з міжряддям 70 см. В несприятливі за кліматичними умовами роки урожайність зеленої маси знижувалась на 1,5–10,7 % у посівах з міжряддям 45 см порівняно з 70 см. Суттєвого впливу ширини міжрядь на розрахунковий вихід біогазу не відмічено.

Вищими показниками урожайності зеленої і сухої маси, виходом біогазу відзначався гібрид кукурудзи Бистриця 400 МВ, але в роки досліджень не відмічено достовірної різниці з гібридом Моніка 350 МВ. За рахунок регулювання площі живлення рослин кукурудзи можливо управляти формуванням господарсько-цінних ознак, рівнем продуктивності та розрахунковим виходом біогазу.

**Ключові слова:** кукурудза, ширина міжрядь, зелена маса, суха речовина, біогаз

### **Актуальність.**

З появою останніми роками нової кормозбиральної техніки з'явилася можливість вирощувати кукурудзу на силос з більш вузькими міжряддями. Перевагами вузьких міжрядь є кращий розподіл рослин площею живлення, більш рівномірне засвоєння рослинами поживних речовин, краще використання внесених добрив, більш раннє зми-

кання рядів і поліпшення мікроклімату всередині посіву, зниження ерозії, зменшення витрат на гербіциди. Можливіми недоліками вузьких міжрядь є підвищені витрати насіння, необхідність використання спеціальних сівалок і те, що збирання можливе тільки зі спеціальними приставками до кормозбиральних комбайнів (Lisowski A., Figurski R., Kostyra K., Sypula M., Klonowski J., Swietochowski A., Sobotka T., 2014).

На сьогоднішній день для більшості гібридів кукурудзи на зерно та силос, встановлена оптимальна ширина міжрядь, в той же час потрібне більш детальне дослідження цього показника за вирощування кукурудзи на силос як біоенергетичної культури для виробництва біогазу.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Для кращого використання сонячного світла, вологи і поживних речовин ґрунту, а також послаблення негативного взаємного впливу рослин кукурудзи найбільш доцільним є рівномірний розподіл, за якого площа живлення кожної з них наближається до квадрату. За даними І. І. Синягіна (Синягин И. И., 1970) перехід від форми живлення  $70 \times 17,5$  см до менш витягнутої  $50 \times 25$  см забезпечує приріст врожаю зерна кукурудзи 4,3–7,2 ц / га.

За даними досліджень проведеними в Степу України посідання надшироких міжрядь (210 см) і смугових посівів ( $210 \times 70$ ) із загушенням посівів відповідно до 60 і 70 тис рослин на 1 га порівняно із прийнятою у практиці шириною міжрядь 70 см і густотою посівів до 40 тис рослин на 1 га дає можливість на 15,8–26,3 % підвищити урожайність зерна кукурудзи (Дробітько А. В., Нікончук Н. В., 2011).

В середньому за два роки випробувань в штаті Мічиган (США) урожайність зерна кукурудзи підвищилась на 2 і 4 % за звуження ширини міжрядь із 76 см до 56 і 38 см. За максимальної густоти 90 тис шт./га отримано найвищу урожайність зерна (11,3 т / га) (Widdicombe W. D., Thelen K. D., 2002).

Підвищення урожайності силосної маси кукурудзи на 4–9 %, вирощеної на полях з шириною міжрядь 15 або 20 дюймів порівняно з 30-дюймовими рядами, відмічено на півночі Сполучених Штатів. Ширина міжрядь не впливала на якість силосу або індивідуальну продуктивність рослин. Водночас збільшення врожайності зеленої маси кукурудзи на ділянках з вузькими міжряддями спостерігалось не у всі роки (Stahl L., Coulter J., Bau D., 2009).

У дослідях А. О. Бабича та ін. (Бабич А. О., Мережко М. М., Липовий В. Н., 2000) у посівах із шириною міжрядь 45 см максимальну урожайність зеленої маси 610 ц / га, а збір сухої речовини – 155 ц / га, одержано під час вирощування середньораннього гібрида кукурудзи Дніпровський 273 АМВ з густотою рослин 120 тис шт. / га. Порівняно із широкорядним способом сівби (міжряддя 70 см, густота рослин 120 тис шт. / га) урожайність зеленої маси була вищою на 116 ц / га, а сухої речовини на 21 ц / га.

Покращення просторового розміщення рослин, яке забезпечується за сівби кукурудзи стрічковим способом за схемою  $46 \times 24$  см і внесення 40 т / га гною  $+N_{180}P_{90}K_{205}$  дає можливість підвищити урожайність зеленої маси ранньостиглого гібрида кукурудзи на 214–291 ц / га та збір сухої речовини – на 56–83 ц / га; середньораннього гібрида відповідно – на 215–295 ц / га і 57–84 ц / га порівняно із широкорядним посівом з міжряддям 70 см, густотою рослин 80 тис / га і внесенням 40 т / га гною (Липовий В.Н., 2001).

**Мета дослідження** – визначити вплив ширини міжрядь на продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу.

## Матеріали і методи дослідження.

Польові досліди проводили в умовах дослідного поля Білоцерківського національного аграрного університету, яке розміщене в Правобережному Лісостепу України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий вилугуваний. Агрохімічна характеристика ґрунту: вміст гумусу (за Тюрніним і Коновою) – 3,5–4,2%; азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 90–120 мг / кг ґрунту; рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) – відповідно 130–160 і 120–130 мг / кг ґрунту.

Дослідження проводили в 2012–2015 рр. за наступною схемою:

- фактор А. Гібриди кукурудзи. 1. ДП Пивиха (ФАО 180); 2. ДП Галатея (ФАО 260); 3. Моніка 350 МВ (ФАО 380); 4. Бистриця 400 МВ (ФАО 450);
- фактор В. Ширина міжрядь. 1. 45 см. 2. 70 см.

Сівбу проводили за температури ґрунту на глибині загортання насіння 12–14 °С. Збирання врожаю відбува-

лося у фазі воскової стиглості зерна кукурудзи.

Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи у 2013–2014 рр. були сприятливими для росту, розвитку і продуктивності кукурудзи. У 2012 і 2015 рр. спостерігалась ґрунтова та повітряна засуха, що вплинуло на зменшення продуктивності досліджуваних гібридів.

Агротехніка в досліді відповідала загальноприйнятій для центрального Лісостепу України, крім досліджуваних факторів. Методичною основою виступали “Основи наукових досліджень в агрономії” (Єщенко В. О., 2005). Вихід біогазу отримано розрахунковим методом, згідно з методичними рекомендаціями (Ganzhenko, O. M. et al., 2017).

## Результати дослідження та їх обговорення.

За роки досліджень максимальну урожайність зеленої маси (47,9 т / га) одержано за вирощування середньопізнього гібриду Бистриця 400 МВ з шириною міжрядь 45 см (табл. 1).

### 1. Зміна врожайності зеленої маси кукурудзи залежно від ширини міжрядь, т / га

Гібриди	Ширина міжрядь, см	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє
ДП Пивиха	70	35,6	45,3	44,2	35,0	40,0
	45	33,9	51,2	49,8	32,8	41,9
ДП Галатея	70	36,5	48,6	47,7	37,4	42,6
	45	35,2	53,7	55,8	35,1	45,0
Моніка 350 МВ	70	38,1	50,4	52,5	37,9	44,7
	45	37,5	56,3	57,8	36,8	47,1
Бистриця 400 МВ	70	40,0	51,6	53,7	39,6	46,2
	45	36,4	59,1	60,3	35,8	47,9
НІР <sub>05</sub> , т/га в 2012 р., для фактора: А – 0,8; В – 1,1; АВ – 2,0 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2013 р., для фактора: А – 1,2; В – 1,5; АВ – 2,8 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2014 р., для фактора: А – 1,3; В – 1,6; АВ – 3,1 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2015 р., для фактора: А – 0,9; В – 1,1; АВ – 2,3						

Порівняно із широкорядним способом сівби (з міжряддям 70 см) урожайність зеленої маси була вищою на 1,7 т / га. У гібридів Моніка 350 МВ, ДП Галатея і ДП Пивиха ця різниця становила 2,4 і 1,9 %. Мінімальною продуктивністю відзначався ранньостиглий гібрид ДП Пивиха на варіанті з міжряддям 70 см – 40,0 т / га.

В несприятливі за кліматичними умовами роки (2012 і 2015 рр.) урожайність зеленої маси знижувалась на 1,5–9,6 та 1,3–10,7 %, у посівах з міжряддям 45 см, порівняно з 70 см. Це пояснюється вищою конкуренцією рослин кукурудзи за воду у більш загущених посівах з міжряддям 45 см, порівняно з 70 см в умовах дефіциту вологи. В більш сприятливими за вологозабезпеченням 2013–2014 рр. урожайність зеленої маси на ділянках з міжряддям 45 см була вищою на 9,5–12,7 % порівняно із широкорядним посівом 70 см.

Результати наших досліджень підтверджуються даними С. С. Кравця (Кравець С. С., 2013) яким встановлено, що урожайність зерна кукурудзи як на

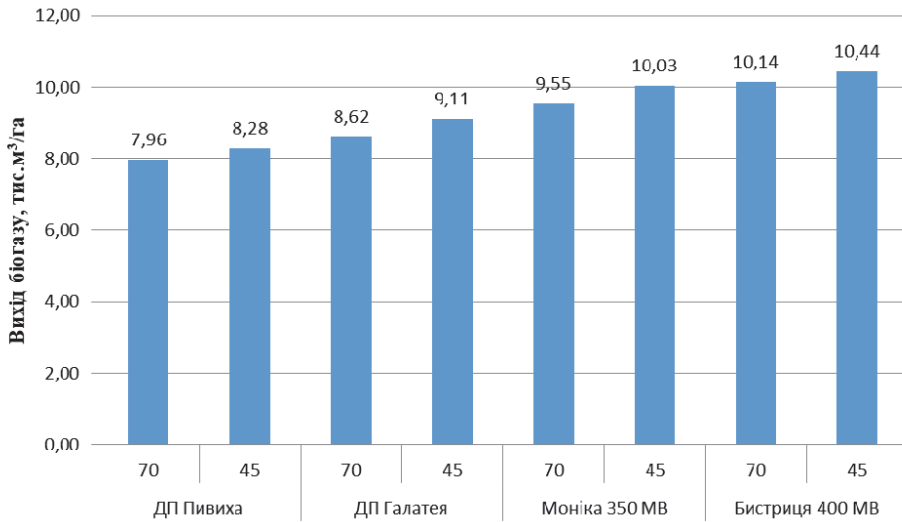
гербицидному, так і на безгербицидних фонах збільшувалася за звуження міжрядь. Максимальне зростання (1,25 т / га) врожайності спостерігалось у разі звуження міжрядь та застосування гербицидів Харнес (2,5 л / га) + Діаленсупер (1,25 л / га) порівняно з міжряддями 70 см.

Урожайність сухої речовини змінювалась аналогічно зеленій масі: максимальні значення цього показника були за ширини міжрядь 45 см у гібриду Бистриця 400 МВ – 15,0 т / га (табл. 2).

В середньому за 2012–2015 рр. вища на 0,5–0,7 т / га урожайність сухої речовини відмічена на варіантах із шириною міжрядь 45 см. Але в роки досліджень, особливо в стресові за погодними умовами 2012 і 2015 рр., різниця в урожайності сухої речовини між варіантами із шириною міжрядь 45 і 70 см була несуттєвою або в межах похибки досліді. Слід відмітити зменшення на 35,1–75,5 % збору сухої речовини в несприятливі за погодними умовами 2012 і 2015 рр. порівняно з кращими за вологозабезпеченістю 2013–2014 рр.

## 2. Вихід сухої речовини кукурудзи залежно від елементів технології вирощування, т / га

Гібриди	Ширина міжрядь, см	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє
ДП Пивиха	70	9,8	13,0	13,1	9,7	11,4
	45	9,2	14,7	14,6	9,0	11,9
ДП Галатея	70	10,2	14,5	14,2	10,6	12,4
	45	9,9	15,9	16,7	9,9	13,1
Моніка 350 МВ	70	11,2	15,5	16,5	11,6	13,7
	45	11,1	17,1	18,0	11,3	14,4
Бистриця 400 МВ	70	12,3	16,1	17,4	12,3	14,5
	45	11,1	18,6	19,3	11,0	15,0
НІР <sub>05</sub> , т/га в 2012 р., для фактора: А – 0,7; В – 0,5; АВ – 1,5 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2013 р., для фактора: А – 1,0; В – 0,7; АВ – 1,9 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2014 р., для фактора: А – 0,9; В – 0,5; АВ – 1,7 НІР <sub>05</sub> , т/га в 2015 р., для фактора: А – 0,7; В – 0,4; АВ – 1,4						



**Рис. 1. Розрахунковий вихід біогазу у гібридів кукурудзи залежно від ширини міжрядь, тис м<sup>3</sup> / га, (у середньому за 2012–2015 рр.)**

На основі даних щодо урожайності сухої маси та питомого виходу біогазу з 1 кг сухої речовини (0,5 м<sup>3</sup>/кг) розраховано теоретичний вихід біогазу з біомаси кукурудзи (рис. 1).

Розрахунковий вихід біогазу коливався в межах 7,96–10,44 тис м<sup>3</sup>/га і залежав в основному від групи стиглості гібриду. Найвищі значення цього показника відмічені у гібриду Бистриця 400 МВ за сівби з міжряддям 45 см – 10,44 тис м<sup>3</sup>/га, що вище порівняно з міжряддям 70 см на 0,30 тис м<sup>3</sup>/га. Різниця з гібридом Моніка 350 МВ становила 0,59 і 0,41 тис м<sup>3</sup>/га. Мінімальні значення цього показника були у гібриду ДП Пивиха, висіяного із міжряддям 70 см – 7,96 тис м<sup>3</sup>/га. Суттєвої різниці за розрахунковим виходом біогазу між варіантами з різною шириною міжрядь не відмічено.

### **Висновки і перспективи.**

Вирощування кукурудзи з міжряддям 45 см сприяє збільшенню урожай-

ності зеленої маси кукурудзи на 3,6–5,6 %, а збору сухої речовини – на 3,2–6,0 % порівняно із міжряддям 70 см. Суттєвого впливу ширини міжрядь на розрахунковий вихід біогазу не відмічено. Вищими показниками урожайності зеленої і сухої маси відзначався гібрид Бистриця 400 МВ, але в роки досліджень не відмічено достовірної різниці з гібридом Моніка 350 МВ. За рахунок регулювання площі живлення рослин кукурудзи можливо управляти формуванням господарсько-цінних ознак, рівнем продуктивності та розрахунковим виходом біогазу.

### **References**

1. Lisowski, A., Figurski, R., Kostyra, K., Sypuła, M., Klonowski, J., Swietochowski, A., Sobotka, T. (2014). Effect of maize variety and harvesting conditions on the maize chopping process, compacting susceptibility and quality of silage designed for biogas production. *Annals of Warsaw agr. univ.: Agriculture*. Warsaw. №64. P. 25-37.

2. Syniahyn, Y. Y. (1970). Ploshchady pytanyia rastenyi (Plant nutrition areas). Moscow. Russia, 232.
3. Drobitko, A. V., Nikonchuk, N. V. (2011). Struktura roslyn ta urozhainist kukurudzy zalezno vid sposobusiv byihustoty Roslyn (Structure of plants and yield of corn depending on the method of planting and planting density). Scientific works of the Petro Mohyla Black Sea State University. Series: Ecology. V. 138. 15-17.
4. Widdicombe, W. D., Thelen, K. D. (2002). Row Width and Plant Density Effects on Corn Grain Production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 5, 1020-1023.
5. Stahl, L., Coulter, J., Bau, D. (2009). Narrow-Row Corn Production in Minnesota. University of Minnesot., 10.
6. Babych, A. O., Merezhko, M. M., Lypovyi, V. H. (2000). Produktyvni hibrivid kukurudzy na sylos zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv (Productivity of maize hybrids on silage depending on agrotechnical measures). Collection of scientific works of the Institute of Agriculture UAAN, V. 1, 70-73.
7. Lypovyi, V. H. (2001). Vplyv tekhnolohichnykh pryimov na produktyvni hibrivid kukurudzy v systemi sylosnoho konveiera v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy (Influence of technological methods on the productivity of corn hybrids in the system of silage conveyor under the conditions of the Central Forest-Steppe Ukraine). Vinnytsia, 16.
8. Yeshhenko, V. O. (2005). Osnovy naukovykh doslidzen v agronomiyi (Fundamentals of Scientific Research in Agronomy). Kyiv: Diya, 288.
9. Ganzhenko, O. M., Kurilo, V. L., Gerasimenko, L. A., Zikov, P. Yu., Hivrich, O. V., Goncharuk, G. S., Smirny, V. M., Dubovy, Yu. P., Ivanova, O. G. (2017). Methodical recommendations of technology cultivation and processing of sorghum as material for biofuel production. Kyiv, 22.
10. Kravets, S. S. (2013). Formuvannia produktyvni kukurudzy zalezno vid shyryni mizhriad i herbistydiv v Pivnichnomu stepu Ukrainy (Formation of maize productivity depending on the width of rows and herbicides in the northern steppe of Ukraine). Dnipropetrovsk, 20.

---

**M. Grabovskyi (2019). Corn cultivation technology as raw materials for biogas production. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 12–17. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.012>**

**Abstract.** Determine the effect of row spacing on productivity corn on silage and biogas output. Field experiments were carried out in 2012–2015 on the experimental field of the Bila Tserka National Agrarian University. Studied four hybrids of maize Pivcha (FAO 180), Galatea (FAO 260), Monica 350 MV (FAO 380), Bystrytsia 400 MV (FAO 450) and two widths of the rows 45 and 70 cm. In unfavorable climatic conditions, the yield of green mass decreased by 1,5–10.7 % in variants with a row spacing of 45 cm, compared with 70 cm. No significant influence of the row spacing on the calculated biogas output was noted. High index of yield green and dry mass, biogas output showed a hybrid corn Bystrytsia 400 MV, but in the years of research, there was no significant difference with the hybrid Monica 350 MV. By regulating the area of nutrition of corn plants, it is possible to control the formation of economically valuable traits, the level of productivity and the biogas output.

**Keywords:** corn, inter-row width, green mass, dry matter, biogas.

## ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНУ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

**Є. В. КРЕСТЬЯНІНОВ**, аспірант\*

**Л. М. ЄРМАКОВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри рослинництва

**Т. В. АНТАЛ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри  
рослинництва

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: v.krestianinov@gmail.com;

ermakovalm@ukr.net; taniantal@ukr.net

**Анотація.** В процесі онтогенезу рослини кукурудзи потребують не лише традиційних елементів мінерального живлення, але й мікроелементів, важливими серед яких є: Zn, B, Mo, Co, Mn, Si та інші, які відіграють найбільшу роль в життєдіяльності рослин кукурудзи. Мета наукових досліджень полягає у встановленні впливу мінеральних добрив (Фон) на темно-сірих опідзолених ґрунтах та застосування добрив з мікроелементами Нутрїмікс, Нутрїбор та Мікро-Мінераліс Кукурудза в підживленні за двох фенологічних фаз та одно- дворазової кратності застосування на формування урожайності та якості зерна кукурудзи.

Для вирішення поставлених завдань протягом 2015-2017 років були проведені дослідження в умовах ТОВ «Українська молочна компанія» (Згурівський район, Київська область) з гібридами Оржиця 237 МВ (контроль) та Аякс.

Проведені дослідження та обґрунтування отриманих результатів дали змогу встановити доцільність застосування мінеральних добрив в нормі N158P52K52 (ФОН) і добрив Нутрїмікс (1 кг / га), Нутрїбор (0,5 кг / га) та Мікро-Мінераліс Кукурудза (1,0 л / га) у фазу 4 та 8 листка, що забезпечило формування максимальної урожайності в середньому за три роки 9,29 т / га у гібриду Оржиця 237 МВ та 9,95 т / га у гібриду Аякс. Разом з тим, встановлено якісні показники зерна кукурудзи та виявлено закономірності зміни величини вмісту білка, крохмалю та жиру від застосовуваних добрив.

**Ключові слова:** удобрення, урожайність, елементи живлення, Нутрїмікс, Нутрїбор, Мікро-Мінераліс Кукурудза, якість зерна

---

\* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент Л. М. Єрмакова

### **Актуальність.**

Кукурудза належить до культур з високим потенціалом продуктивності, реалізація якого залежить від цілого ряду чинників, найбільш визначальними серед яких є удобрення та добір гібридів, адаптованих до умов регіону вирощування та змін клімату і здатних формувати високу урожайність, стабільну за роками. Підприємства будь-якої форми власності та господарювання спрямовані на отримання максимальної віддачі з одиниці площі, в т. ч. і у разі вирощування кукурудзи. Проте, реалізація цього завдання можлива лише завдяки оптимізації затратної частини вирощування культури (Носко Б. С., 2002).

Значна частка витратної частини у технології вирощування кукурудзи припадає на систему удобрення, проте, висока та постійно зростаюча вартість мінеральних добрив спонукає до встановлення оптимальних норм для конкретного господарства. Водночас враховується потреба рослин в елементах живлення на формування одиниці врожаю, запаси елементів живлення у ґрунті, біологічні особливості культури тощо (Ситник В. П., 2002).

Ефективність мінеральних добрив підвищується за комплексного застосування їх із сучасними добривами, збагаченими мікроелементами у підживленні посівів, що було одним із завдань наукових досліджень та свідчить про актуальність теми (Маслійов С. В., Мацай Н. Ю., Маслійов Є. С., 2018).

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Зерно кукурудзи характеризується багатим хімічним складом і має різноцільове використання: кормо-

ве, продовольче та технічне. Енергетичну, поживну та харчову цінність зерна будь-якої культури визначає вміст основних біохімічних показників, зокрема білка, крохмалю та жиру. Оскільки кукурудза є основною кормовою культурою, то важливим є показник вмісту білка, який містить незамінні амінокислоти – лізин та триптофан. Проте цінність цієї культури не обмежується її кормовими якістьями, оскільки кукурудза має важливе продовольче значення. Із зерна кукурудзи на сьогодні виробляється майже 80 % крохмалю, з якого отримують різні сорти патоки, кристалічну декстрозу, цукровий сироп тощо. Із зародків добувають олію, яка є висококалорійним продуктом, а також має лікувальні властивості. Зерно кукурудзи характеризується багатим хімічним складом, в тому числі вітамінами А, В, Е, Н, РР, а також мінеральними сполуками, які містять більше 20 мікро- і макроелементів. У 100 грамах сирого продукту міститься чверть добової норми споживання вітамінів В1 і В6, міді, фосфору і магнію, а також приблизно половина від необхідної кількості кобальту, марганцю, молібдену і селену (Князюк О. В., 2005).

Кукурудза засвоює значну кількість поживних речовин з ґрунту. На створення 1 ц зерна з відповідною кількістю листостеблової маси вона використовує в середньому 2,4-3,0 кг азоту, 1,0-1,2 кг фосфору і 2,0-3,0 кг калію. Основними традиційними елементами мінерального живлення є азот, фосфор та калій, проте кукурудза потребує для свого росту, розвитку та формування продуктивності й мікроелементи Zn, В, Мо, Со, Мп, Сu та інші, які сприяють підвищенню стійкості рослин до стресових чинни-

ків, в тому числі підвищених температур, дефіциту вологи, приморозків, тощо (Мокрієнко В.А., Усатий Г.Ю., 2006; Пономаренко С. П., 2001).

Азот займає особливе місце серед елементів живлення кукурудзи. Він впливає на різні сторони життя рослин, зокрема, на біосинтез пігментів, а в зв'язку з цим і на процес фотосинтезу. 50-70 % азоту листків входить до складу хлоропластів. Вміст азоту в листках може бути критерієм для оцінки фотосинтетичної здатності в даних умовах. Посилюючи ростові процеси, азот сприяє повнішому використанню асимілянтів і, як наслідок, швидшому первинному їх утворенню. Азотові належить особливо важлива роль у регуляції водообміну. Особливо вимоглива кукурудза до умов азотного живлення під час інтенсивного росту та утворення качанів (Андрієнко А. Л., 2004; Єрмакова Л.М., Крестьянінов Є.В., 2016).

Фосфор, як і азот, відіграє важливу роль у житті рослин кукурудзи. Найбільше його в насінні та в тканинах, що ростуть. У листках фосфору більше, ніж у стеблах і коренях. Фосфор сприяє прискореному проростанню насіння, розвитку рослин, підвищує їх холодостійкість та посухостійкість. За нестачі фосфору погіршується утворення репродуктивних органів (качанів, волотей), строки дозрівання наступають значно пізніше, у разі сильного його дефіциту сповільнюється ріст стебла, листків та коренів. Фосфорні добрива збільшують масу коренів на 60 %, об'єм – на 74 %, загальну адсорбційну поверхню – на 55 %. Це можна пояснити тим, що для розвитку меристеми й утворення клітин необхідна наявність фосфору. Для кореневої системи кукурудзи характерною особливістю є слабка

здатність засвоювання ґрунтових фосфатів у початковий період вегетації. Тому ефективність азотного добрива в посівах кукурудзи сильно залежить від забезпеченості фосфором і меншою мірою – калієм [Каленська С. М. та ін, 2017; Ткаліч Ю. І., 2002).

Нестача калію призводить до уповільнення процесів синтезу й дисиміляції вуглеводів; у процесі дихання замість вуглеводів витрачаються білки; паралізується активність ферментів, які зумовлюють розщеплення вуглеводів і обмін речовин; відбувається висихання країв та верхівок листків, які згодом чорніють.

Використання мінеральних добрив дозволяє впливати не тільки на величину продуктивності посіву, але і на його стійкість до несприятливих чинників. Повне мінеральне добриво підвищує вміст зв'язаної води і ступінь обводненості клітинних колоїдів, що створює сприятливу фізіологічну основу для підвищення врожайності [Марченко Т.Ю., Лавриненко О.О., Глушко Т.В., Гож О.А., 2014; Kalenski V. at al., ).

Науково обґрунтоване використання мінеральних добрив дозволяє підвищити врожайність культур, покращити якість сільськогосподарської продукції, підвищити стійкість рослин проти посухи, несприятливих умов перезимівлі, шкідників та хвороб рослин (Єрмакова Л.М., Крестьянінов Є.В., 2016).

Незважаючи на малий вміст мікроелементів у організмі, вони відіграють важливу роль в житті рослин і, передусім, в окисно-відновлювальних реакціях, що є основою таких життєво важливих процесів для рослинного організму як дихання й фотосинтез. Багато мікроелементів безпосередньо входять до скла-

ду окислювально-відновлювальних ферментів, які відіграють важливу фізіологічну роль для рослин, впливаючи на обмін речовин, стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища (висока та низька температура, нестача вологи) (Адаменко Т.І., 2004).

Нестача мікроелементів в ґрунті є причиною зниження швидкості і узгодженості протікання процесів, відповідальних за розвиток організму. В кінцевому результаті рослини не повністю реалізують свій потенціал і формують низький і не завжди якісний урожай, а іноді і гинуть (Марченко Т.Ю., Лавриненко О.О., Глушко Т.В., Гож О.А., 2014). З питань удобрення і якості зерна кукурудзи проведено багато досліджень. Проте аналіз літературних джерел свідчать про недостатність та суперечливість наукових досліджень щодо ефективного застосування сучасних добрив з мікроелементним складом, в тому числі і передбачених програмою наших наукових досліджень, що і визначило мету та завдання досліджень (Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О., 2018).

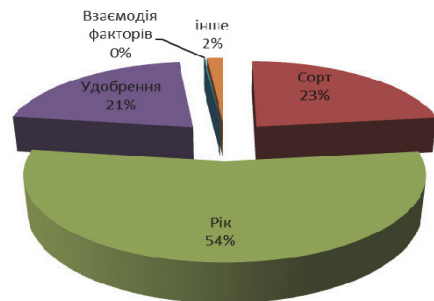
На вміст основних біохімічних показників зерна кукурудзи суттєво впливають не тільки сортові особливості гібридів, а й умови та елементи технології вирощування, зокрема удобрення та підживлення посівів добривами з мікроелементами, одними з яких є добрива Нутрімікс, Нутрібор та Мікро - Мінераліс Кукурудза.

**Метою роботи** було виявити ефективність позакореневого підживлення рослин кукурудзи добривами Нутрімікс, Нутрібор та Мікро-Мінераліс Кукурудза залежно від фенологічної фази та кратності застосування. Це добрива, розроблені для збалансованого піджив-

лення посівів, в першу чергу зернових культур та кукурудзи зокрема. Дата реєстрації 12. 03. 2914 року.

### **Матеріали і методика досліджень.**

Експериментальну частину досліджень проводили протягом 2015 – 2017 рр. на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах лівобережного Лісостепу України у межах двох польових дослідів, які закладали методом систематичного розміщення елементарних ділянок у чотириразовій повторності. Розмір посівної ділянки – 80 м<sup>2</sup>, площа облікової ділянки – 50 м<sup>2</sup>. Предметом дослідження були гібриди кукурудзи Оржиця 237 МВ (контроль) Інституту СГ СЗ НААН та гібрид Аякс – селекції РАГТ. Попередником кукурудзи на зерно була соя. Схемою досліду передбачалось застосування в основний обробіток ґрунту добрива діаміфос NPK10:26:26 200 кг ф. в. на 1 га, або N<sub>20</sub>P<sub>52</sub>K<sub>52</sub> д. р. У передпосівну культивуацію вносили карбамід N-46 % в нормі 300 кг ф. в. (N<sub>138</sub>др.) та у підживлення посівів застосовували добрива Нутрімікс, Нутрібор та Мікро-Мінераліс Кукурудза. Добриво



**Рис. 1. Частка участі чинників у формуванні урожайності гібридів кукурудзи**

Нутрібор забезпечує суттєве збільшення врожаю та якості продукції, до складу якого входять: N – 6 % , S – 9 % , B – 8 % , Zn – 0,1 % , Mn – 1 % , Mo – 0,04 % , MgO – 5 % .

Добриво Нутрімікс має цілий ряд переваг порівняно з іншими. Це, в першу чергу, стосується доброї його сумісності з препаратами для захисту

рослин від шкочочинних об'єктів. Добриво Нутрімікс є повністю водорозчинним, з мікроелементами Mn (4 %), Zn (3 %) і Cu (4%) та Mo (0,04 %).

Мікро - Мінераліс Кукурудза – це рідке комплексне добриво, яке містить мікро- та макроелементи, що відповідають всім фізіологічним вимогам кукурудзи і є найбільш необ-

### 1. Урожайність зерна кукурудзи гібридів залежно від фону мінеральних добрив та підживлення посівів під час вегетації за фенологічними фазами, т / га (за 2015-2017 рр.)

Гібрид (фактор А)	Варіант удобрення (фактор В)*	Урожайність, т / га				
		2015р.	2016р.	2017р.	середнє	Приріст врожаю
Аякс	1	8,60	9,50	8,62	8,91	0,00
	2	8,82	9,67	8,85	9,11	0,20
	3	8,85	9,71	8,94	9,17	0,26
	4	9,27	9,92	9,14	9,44	0,53
	5	8,62	9,59	8,72	8,98	0,07
	6	8,65	9,67	8,79	9,03	0,12
	7	8,87	9,79	8,91	9,19	0,28
	8	9,45	10,30	9,57	9,77	0,86
Оржися 237 МВ	1	7,95	9,01	8,01	8,32	0,00
	2	8,17	9,28	8,25	8,57	0,25
	3	8,23	9,31	8,37	8,64	0,32
	4	8,59	9,35	8,54	8,83	0,51
	5	8,06	9,13	8,13	8,44	0,11
	6	8,12	9,19	8,25	8,52	0,20
	7	8,46	9,27	8,47	8,73	0,41
	8	8,89	9,59	9,15	9,21	0,89
НІР 0,95, т / га за:						
фактором А		0,21	0,24	0,18	0,15	
фактором В		0,07	0,09	0,06	0,05	
взаємодії АВ		0,15	0,17	0,13	0,11	

#### Примітка\*Фон (Контроль)

Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му листку

Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га +Нутрібор 0,5 кг / га по 8-му листку

Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+ Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му та 8-му листку

Фон+Мікро-МінералісКукурудза 1,0 кг / га по 4-му листку

Фон+Мікро-МінералісКукурудза 1,0 кг / га по 8-му листку

Фон+Мікро-Мінераліс 1 кг / га по 4-му та 8-му листку

Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га + Нутрібор 0,5 кг / га+Мікро-Мінераліс 1 л / га по 4-му листку

хідними для її розвитку. Показники вмісту елементів живлення: Mg – 4,0 %, Mn – 1,0 %, Cu – 0,8 %, Fe – 0,5 %, Zn – 1,5 %, B – 0,5 %, N – 5,0 %. Діюча речовина: амонійно – карбоксилатні комплекси.

Погодні умови впродовж вегетаційного періоду кукурудзи років до-

сліджень відзначалися істотною мінливістю. Посушливим вегетаційним періодом характеризувався 2015 рік, який виявився не сприятливим для формування продуктивності кукурудзи; сума опадів, близька до типових умов, була у 2016 році та погодні умови найбільш сприяли росту, розвитку

## 2. Хімічні показники якості зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення (середнє 2015-2017рр.)

Гібрид (фактор А)	Варіант удобрення (фактор В)	Вміст, %		
		білок	крохмаль	жир
Аякс	Фон (Контроль)	9,24	70,46	3,72
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му листку	9,30	68,37	3,43
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га +Нутрібор 0,5 кг / га по 8-му листку	9,58	67,38	3,81
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+ Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му та 8-му листку	10,14	65,15	4,11
	Фон+Мікро-Мінераліс Кукурудза 1,0 кг / га по 4-му листку	10,11	64,88	4,08
	Фон+Мікро-Мінераліс Кукурудза 1,0 кг / га по 8-му листку	10,15	64,94	4,10
	Фон+Мікро-Мінераліс 1 кг / га по 4-му та 8-му листку	10,16	64,97	4,12
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га + Нутрібор 0,5 кг / га+Мікро-Мінераліс 1 л / га по 4-му та 8 листку	10,19	65,12	4,14
Оржидія237 МВ	Фон (Контроль)	9,02	69,83	3,40
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му листку	9,05	66,12	3,45
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га +Нутрібор 0,5 кг / га по 8-му листку	9,34	67,92	3,56
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га+ Нутрібор 0,5 кг / га по 4-му та 8-му листку	9,63	64,46	3,76
	Фон+Мікро-Мінераліс Кукурудза 1,0 кг / га по 4-му листку	10,03	63,03	3,82
	Фон+Мікро-Мінераліс Кукурудза 1,0 кг / га по 8-му листку	9,81	63,43	3,88
	Фон+Мікро-Мінераліс 1 кг / га по 4-му та 8-му листку	9,92	63,52	3,91
	Фон+Нутрімікс 1,0 кг / га + Нутрібор 0,5 кг / га+Мікро-Мінераліс 1 л / га по 4-му та 8 листку	9,97	63,60	3,92
НІР 0,95, т / га за :				
фактором А		0,29	2,08	0,26
фактором В		0,10	0,74	0,09
взаємодії АВ		0,21	1,47	0,19

рослин та формуванню урожайності зерна кукурудзи; для 2017 року характерним був дефіцит вологи, що позначилося на величині урожайності.

Дослідженнями встановлено (табл. 1), що урожайність зерна кукурудзи в середньому за 2015-2017 рр. формувалася вищою за комплексного застосування фону живлення та позакореневого підживлення посівів добривами Нутрімікс, Нутрібор та Мікро-Мінераліс Кукурудза. Найбільш сприятливий щодо вологозабезпечення 2016 рік обумовив формування найбільш високої урожайності зерна кукурудзи, яка у гібриду Аякс за застосування добрив Нутрімікс, Нутрібор та Мікро-Мінераліс Кукурудза у підживленні у фази 4-го та 8-го листка становила 10,3 т/га та дещо нижчу урожайність за зазначеного варіанту удобрення було сформовано гібридом Оржиця 237 МВ – 9,59 т/га.

Встановлена ефективність комплексного застосування мінеральних добрив під передпосівну культивуацію ( $N_{138}P_{52}K_{52}$ ) та дворазового підживлення посівів добривами з мікроелементами, що забезпечило приріст урожаю зерна кукурудзи в усіх варіантах досліду. Приріст урожайності зерна залежно від підживлення посівів становив у гібриду Аякс 0,17-0,72 т/га та гібриду Оржиця 237 МВ – 0,22-0,60 т/га залежно від варіанту удобрення. Частка участі чинників (рис. 1) у формуванні урожайності в середньому за роки досліджень свідчить, що найбільший вплив мав чинник погодних умов року та становив 54 %, тоді як «Удобрення» (фактор В – 21 %) та «Гібрид» (сорт) – фактор А – 23 %.

Важливо не лише досягти високої урожайності за вирощування кукурудзи, але й отримати зерно високої якості (табл. 2). Вміст білка в зерні кукурудзи зростав під впливом мінеральних

добрив, внесених в основне удобрення та позакореневих підживлень добривами Нутрімікс, Нутрібор та Мікро-Мінераліс Кукурудза. У гібриду Аякс варіювання цього показника в середньому за три роки досліджень становило від 9,24 до 10,19 %, а у гібриду Оржиця 237 МВ показник вмісту білка зріс від 9,02 до 9,92 %. Що стосується показника вмісту крохмалю, то встановлена обернено пропорційна залежність, а вміст його варіював в межах 70,46-65,12 у гібриду Аякс та у гібриду Оржиця 237 МВ 69,83-63,52 %.

Що стосується формування вмісту жиру у зерні кукурудзи, то варто зазначити, що даний показник на контролі становив 3,72 на контролі та зріс до 4,14 % у варіантах за дворазового підживлення посівів. Дещо нижчі показники виявлено у гібриду Оржиця 237 МВ (3,40-3,91 %).

### **Висновки та перспективи.**

Реалізація біологічного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи досягається за оптимального забезпечення посівів необхідними елементами живлення в поєднанні з мікродобривами. Якість зерна кукурудзи значною мірою залежить від удобрення, гібриду, гідротермічних чинників та фенологічної фази. За сприятливих умов вегетаційного періоду кукурудзи досліджувані гібриди формували найвищу урожайність, проте величина її суттєво варіювала залежно від удобрення та гібриду за варіантами досліду.

### **References**

1. Adamenko, T.I. (2004). Chysel'ni eksperymenty z otsinky vplyvu ahrometeorologichnykh umov na fotosyntetychnu produktyvnist' posiviv kukurudzy [Numerous

- experiments to assess the impact of agro-meteorological conditions on the photosynthetic yield of corn crops]. *Meteorologia, klimatologia ta hidrolologia*, 48, 213-218.
2. Andrienko, A.L. (2004). *Osnovni zakhody sortovoi ahrotechnicy hibridiv cucurudzy riznykh hrup styhlosti v Pivnichnomu Stepu Ukrainu* [Main measures of varietal agrotechnics of maize hybrids of different groups of maturity in the northern steppe of Ukraine] (Cand.Agric. Sci. Diss.). Dnipropetrovsk, Ukraine. [ in Ukrainian]
  3. Ermakova, L.M., & Krestianinov, E.V.(2016). *Urozhaynist' kukurudzy zalezno vid udobrennya ta hibrydu na temno-sirykh opidzolenykh gruntakh* [Corn yields depending on fertilizer and hybrid on dark gray podzolic soils]. *Visnyk Poltavs'koyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi*. 4, (83), 63-66.
  4. Kalenska, S.M, Yeremenko, O.A, Taran V.H, and other. *Adaptyvnist' pol'ovykh kul'tur za zminnykh umov vyroshchuvannya* [Adaptability of field crops under varying conditions of cultivation]. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 25, 48-57.
  5. Kalenska, S.M, Taran, V.H. Danyliv, P.O. (2018). *Osoblyvosti formuvannya urozhaynosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid udobrennya, hustoty stoyannya roslyn ta pohodnykh umov*. [Features of the formation of the productivity of maize hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions]. *Taurian Scientific Bulletin*. 101, 66-69 [ in Ukrainian]
  6. Kniaziuk, O. V, (2005). *Ahroekologichne obhruntuvannya pidvyshchennya produktyvnosti riznostyhylykh hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty roslyn, mizhryad', strokiv ta hlybyny sivby*. [Agroecological rationale for increasing the productivity of different hybrids of maize depending on the density of plants, row spacings, rows and depths of sowing]. *Bila Tserkva State Agrarian University*. 2005, 66-74
  7. Marchenko, T. Y., Lavrinenko, O.O., Hlyzhko, T.V., Hozh, O.A. *Selektsiya kukurudzy na pokrashchennya pokaznykiv yakosti zerna v umovakh dostatn'oho zvolozhennya*. [Corn breeding to improve the quality of grain in conditions of sufficient moisture]. *Naykovo-tehnichniy biulyten Instytutu Oliynykh kultur NAAN. Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAN*. 21, 51-58
  8. Masliy, S.V. (2018). *Vnluv biopreparativ na kharchovi pidvydy kukurudzu (monohrafiya)*. [The Influence of Biologicals on Food Subclasses of Corn] (p.163) Kyiv: Dz «LNU in.T.Shevchenko».
  9. Mokrienko, V. A, Usatuiy, H.YU. ( 2006). *Osoblyvosti zasvoyennya pozhyvnykh rechovyn hibrydamy kukurudzy* [Features of assimilation of nutrients by hybrids of corn]. *Zemlerobstvo [Agriculture]* 18, 12-20
  10. Nosko, B.S. (2002). *Suchasnyi stan ta perspektyvni napriamku doslidzhen v ahrohimiyyi*. [Current state and perspective directions of research in agrochemistry]. *Bulletin of Agrarian Science* 9, 9-12.
  11. Ponomarenko, S.P. (2001). *Stvorennya ta vprovadzhennya novykh rehulyatoriv rostu roslyn v ahropromyslovomu kompleksi Ukrayiny*. [Creation and introduction of new plant growth regulators in the agro-industrial complex of Ukraine]. *Umanska derzhavna ahraryna academia*. 29, 15-23.
  12. Sutnyk, V.P. (2002). *Ekologichni aspekty ahropromyslovoho kompleksu* [Ecological aspects of the agro-industrial complex]. *Bulletin of Agrarian Science* 9, 55–57.
  13. Tkalych, Yu. I. (2002). *Optymizatsiya ploshchi zhyvlennya – osnova vysokoykh urozhayiv kukurudzy*. [Optimization of the feeding area is the basis of high corn yields]. *Khranenie i pererabotka zerna*. 3(33), 902[ in Ukrainian]
  14. Kalenski V., Kalenska S., Kachura I., Gonchar L., Matvienko A. *Role of fertilizers and growth regulators in the improvement of winter wheat resistance to stress and yield* [Role of fertilizers and growth regulators in the improvement of winter wheat resistance to stress and yield]. *Beiträge zur*, 65 ISBN: 978-3-86011-069-0

**YE. Krest'yaninov, L. Yermakova, T. Antal (2019). Formation of corn grain yield and quality depending on micronutrients topdressing under conditions of left bank forest steppe. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 18–26. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.018>**

**Abstract.** *In the process of ontogenesis, corn plants need not only traditional nutrients of mineral nutrition, but also micronutrients, most important among them are: Zn, B, Mo, Co, Mn, Cu and others that play an essential role in the life of corn plants. That is why our scientific researches are devoted to the study of the influence of the calculated norm of mineral fertilizers (Check) on dark gray podzolic soils and the application of micro nutrients fertilizers Nutrimix, Nutribor and Micro Mineralis Corn as topdressing in two phenological phases with maximum 2 times application. To fulfill tasks set during 2015-2017, research was carried out under conditions of LLC Ukrainian Dairy Company (Zgurivsky District, Kyiv region) with hybrids Orzhitsa 237 (control) and Ajax. The conducted researches and the substantiation of the received results defined optimal; rates of micronutrients Nutrimix (1 kg / ha), Nutribor (0.5 kg / ha) and Micro Mineralis Corn at the stages 4 and 8 leaves with mineral fertilizers N158P52K52 as check, which provided the formation of the maximal yield at an average of three years at the level of 9.29 t / ha in the Orzhitsa hybrid and 9.95 t / ha for 237 MW. At the same time, the quality indicators of corn grain were determined and the patterns of change in the content of protein, starch and fat content from the applied fertilizers were revealed.*

**Key words:** *fertilization, yield, nutritional elements, Nutrimix, Nutribor, Micro-Mineralis Corn, grain quality.*

---

## ВПЛИВ ОБРОБІТКУ НА ОБ'ЄМНУ МАСУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ГРЕЧКИ В ПРИКАРПАТТІ УКРАЇНИ

**В. В. ЧУМБЕЙ**, молодший науковий співробітник кафедри землеробства та гербології

**С. П. ТАНЧИК**, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства та гербології

**О. С. ПАВЛОВ**, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри землеробства та гербології, <https://orcid.org/0000-0002-7953-2696>.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: zemlerob1@ukr.net

*Анотація.* Втрати урожайності сільськогосподарських культур від надмірного ущільнення ґрунту можуть сягати 60 %. Тому актуальним є підбір раціональних заходів основного та передпосівного обробітку ґрунту з метою досягнення оптимальних його агрофізичних параметрів, зокрема, об'ємної маси. Стаття висвітлює результати досліджень щодо впливу основного та передпосівного обробітку на об'ємну масу дерново-підзолистого ґрунту та урожайність гречки посівної в Прикарпатті України. Дослідження проведені протягом 2015–2017 рр. в умовах Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН і лабораторії кафедри землеробства та гербології НУБіП України.

Проведені дослідження засвідчили, що поєднання основного чизельного обробітку ґрунту на 20–22 см та передпосівного, що включав у себе послідовне проведення ранньовесняного боронування (закриття вологи), боронування важкими зубовими боролами (по мірі проростання бур'янів, знищення у фазі «білої ниточки») та передпосівної культивуації (Європак) на глибину заробки насіння, забезпечило оптимальні показники об'ємної маси ґрунту впродовж вегетаційного періоду гречки посівної (не більше 1,32 г / см<sup>3</sup>) та найвищу урожайність культури в дослідях – 3,61 т / га.

**Ключові слова:** гречка посівна, об'ємна маса, основний та передпосівний обробітки ґрунту, урожайність

### **Актуальність.**

Агрофізичні показники є одним із основних факторів родючості ґрунту, що суттєво впливають на урожайність сільськогосподарських культур. Обробіток змінює агрофізичні та водно-фізичні властивості ґрунту – запаси продуктивної вологи, вологоємність, об'ємну масу, агрегатний склад. У багатьох випадках через нераціональний підбір заходів і порушення технології їх проведення відбувається зниження родючості ґрунту та поширення ерозійних процесів. За даними вчених 13,3 млн га сільськогосподарських угідь піддаються вітровій ерозії, а 19,4 млн га – водній, що в сумі становить більше 54 % від площі ріллі в Україні (Нагірняк Т. Б., Грабовский Р. С., Грицина М. Р., 2017).

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

На думку багатьох дослідників, ущільнення ґрунту є однією з головних проблем сучасного сільського господарства. Надмірне використання техніки, інтенсивне землеробство, короткоротаційні сівозміни, інтенсивний випас худоби і неналежне управління родючістю призводить до ущільнення. Ці процеси відбуваються в широкому діапазоні ґрунтів і клімату. Вони посилюються на ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини та за їх обробітку або випасу худоби за високої вологості, що в кінцевому результаті призводить до збільшення виробничих витрат на 10–15 % (Barbosa L. R., Diaz O., Barber R. G., 1989; Namza M. A., Anderson W. K., 2005).

Можливим вирішенням вищезазначених проблем, на думку багатьох вчених, є запровадження систем об-

робітку ґрунту, основою яких є зменшення глибини та кількості заходів (Peigné J., Vian J., Payet V., Saby N. P. A., 2018; Ryken et al., 2018).

Порівняння чизельного обробітку та оранки у дослідженнях британських вчених засвідчило збільшення врожайності сільськогосподарських культур на 21–24 %, що пояснюється глибшим проникненням коренів а отже кращим доступом до вологи і поживних речовин, особливо в перші 16 днів після появи сходів. Аналіз кореневої системи і листя рослин підтвердив більшу доступність К, Са і Mg саме за чизельного розпушування (Batey T., 2009).

*Метою дослідження* є встановлення закономірностей формування показників об'ємної маси ґрунту за різного його основного та передпосівного обробітку за вирощування гречки і досягнення ресурсно-забезпеченої урожайності культури.

### **Матеріали і методи дослідження.**

Експериментальні дослідження проводилися в умовах Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН впродовж 2015–2017 рр. у двох стаціонарних дослідках і науковій лабораторії кафедри землеробства та гербології НУБіП України. Попередником гречки посівної була пшениця озима.

У Досліді I досліджували чотири варіанти основного обробітку ґрунту та два – передпосівного. Істотною різницею за вмістом між варіантами основного обробітку ґрунту під гречку у досліді є поєднання способу виконання основного заходу (полицевий чи безполицевий) та глибина виконання цих заходів. Відмінними

особливостями варіантів передпосівного обробітку ґрунту були набори заходів у них. Двофакторний стаціонарний дослід проводили за наступною схемою: основний обробіток ґрунту (фактор А): 1) оранка на 20–22 см (контроль); 2) безполицевий обробіток на 20–22 см (чизель); 3) поверхневий обробіток на 6–8 см (дискова борона); 4) мілкий обробіток на 12–14 см (дискова борона). Передпосівний обробіток ґрунту (фактор В): варіант 1 (контроль), який включав послідовне проведення ранньовесняного боронування (закриття вологи), культивуації на глибину 6–8 см, культивуація на глибину 10–12 см та передпосівної культивуації (Європак) на глибину заробки насіння; у варіанті 2 послідовно проводили ранньовесняне боронування (закриття вологи), боронування важкими зубовими боронами (у міру проростання бур'янів, знищення у фазі «білої ниточки») та передпосівну культивуацію (Європак) на глибину заробки насіння.

Дослід був закладений методом розщеплених ділянок. Повторність дослідів триразова. Площа під одним варіантом основного обробітку ґрунту 0,144 га (30 × 48 м), а під однією повторністю – 0,048 га (30 × 16 м). Усього на одному полі – 24 ділянки, на яких розміщені 8 варіантів у 3 повтореннях. Площа ділянки, на якій розміщений один варіант дослідів становить 240 м<sup>2</sup> (30 × 8 м), а облікової – 196 м<sup>2</sup> (28 × 7 м). Площа дослідів на одному полі 0,576 га (120 × 48 м).

Дослід II був закладений для порівняння двох варіантів основного обробітку ґрунту й трьох – передпосівного. Схема його наступна.

Основний обробіток ґрунту (фактор А): 1) безполицевий обробіток на 20–22 см (чизель); 2) пряма сівба.

Передпосівний обробіток ґрунту (фактор В): 1) одноразовий обробіток ґрунту знаряддями з ротаційними робочими органами; 2) дворазовий обробіток ґрунту знаряддями з ротаційними робочими органами в міру проростання бур'янів; 3) триразовий обробіток ґрунту знаряддями з ротаційними робочими органами в міру проростання бур'янів.

Дослід був закладений методом розщеплених ділянок. Повторність дослідів триразова. Площа під одним варіантом основного обробітку ґрунту 0,216 га (30 × 72 м), а під однією повторністю – 0,072 га (30 × 24 м). Усього на одному полі 18 ділянок, на яких розміщені 6 варіантів у 3 повтореннях. Площа ділянки, на якій розміщений один варіант дослідів становить 240 м<sup>2</sup> (30 × 8 м), а облікової – 196 м<sup>2</sup> (28 × 7 м). Площа дослідів на одному полі 0,432 га (60 × 72 м).

Дослідна ділянка знаходиться у межах Карпатської гірської зони Передкарпатської провінції. Ґрунти дослідного поля дернові глибокі опідзолені глеюваті, механічний склад – крупнопилувато-середньосуглинковий. Потужність гумусового горизонту – 75 см, глибина орного шару – 30 см. Вміст гумусу (за Тюрнімом) – 2,53–2,61; кислотність ґрунту, рН сольове (потенціометрично) – 5,2–5,6; гідролітична кислотність 4 мг-екв. / 100 г ґрунту (за Каппеном). Агрохімічна характеристика: вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфільдом) – 80,0–85,0; рухомого фосфору та обмінного калію (за Кірсановим) – відповідно 29,0–58,0 і 56,0–58,0 мг / кг ґрунту; вміст рухомих форм мікроелементів: М<sub>n</sub> – підвищений, В і М<sub>o</sub> – високі. Сума ввібраних основ 11–12 мг-екв. / 100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 85 %.

Для проведення досліджень використовували загальнонаукові, лабораторні і статистичні методи. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми «Statistica 10». Об'ємну масу ґрунту визначали 3 рази впродовж вегетації (сходи, цвітіння, дозрівання плодів) за методом Качинського циліндрами об'ємом 500 см<sup>3</sup> у шарах ґрунту 0–10, 10–20, 20–30 см (Tanchik et al., 2013). Облік урожайності гречки проводили у фазі повної стиглості методом суцільного збирання з облікових площ з приведенням до 100 % чистоти і стандартної вологості з кожного варіанту в усіх повтореннях окремо (Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В., 2005).

### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Оптимальна об'ємна маса ґрунту для рослин гречки впродовж періоду вегетації повинна знаходитись в межах 1,0–1,3 г / см<sup>3</sup>. У дослідях цей показник суттєво змінювався залежно від шару ґрунту, періоду відбору зразків та досліджуваних факторів. У досліді 1 на період сходів культури сприятливі показники об'ємної маси у 0–10 см шарі ґрунту забезпечували всі варіанти основного обробітку ґрунту без зафіксованої суттєвої різниці. Другий варіант передпосівного обробітку створював більш ущільнений верхній шар ґрунту, що дозволило накопичити додаткову вологу для проростання насіння. На глибині 10–20 см різниця між варіантами основного і передпосівного обробітків була статистично достовірною і проявлялася у підвищенні об'ємної маси у варіантах із дискуванням. У шарі 20–30 см ця тенденція лише посилювалась, що ви-

ражалось у збільшенні об'ємної маси до 1,27 г / см<sup>3</sup> за поєднання дискування на 6–8 см або 10–12 см у якості основного з другим варіантом передпосівного обробітку ґрунту (табл.).

Об'ємна маса – динамічна величина протягом вегетаційного сезону залежно від ступеня зволоження та розвитку кореневої системи рослин. Тому на період цвітіння відбувалося поступове ущільнення ґрунту до природних значень. Вплив обробітку ґрунту на його щільність був суттєвим, починаючи з глибини 10 см. Істотної різниці між варіантами з чизелюванням та оранкою не відмічено. Залежно від передпосівного обробітку об'ємна маса в цих варіантах становила 1,22–1,25 г / см<sup>3</sup> в шарі 10–20 см і 1,29–1,31 г / см<sup>3</sup> в шарі 20–30 см. На ділянках з поверхневим обробітком щільність ґрунту в шарі 20–30 см варіювала в межах 1,34–1,35 г / см<sup>3</sup>, що істотно вище оранки та чизелювання.

На період дозрівання плодів тенденції щодо ущільнення ґрунту збереглися. Об'ємна маса у шарах 10–20 та 20–30 см значно переважала допустимі значення за всіх обробітків ґрунту і максимальною була у варіантах з дискуванням й залежно від передпосівного обробітку становила 1,35–1,37 г / см<sup>3</sup>.

У другому досліді на період сходів культури об'ємна маса ґрунту в посівному шарі знаходилась в оптимальних межах як за чизельного обробітку, так і за прямої сівби і становила 1,06–1,19 г / см<sup>3</sup> залежно від передпосівного обробітку. Проте у 20–30 см шарі ґрунту за прямої сівби об'ємна маса підвищилася до незадовільних значень (1,29–1,33 г / см<sup>3</sup>). При цьому достовірно вищі показники відмічено у третьому варіанті передпосівного обробітку ґрунту з трикратним проходом зняряддями з ротаційними робочими

**Об'ємна маса ґрунту залежно від основного та передпосівного його обробітку, г / см<sup>3</sup> (в середньому за 2015–2017 рр.)**

Варіанти основного обробітку ґрунту	Варіанти передпосівного обробітку ґрунту	Сходи			Цвітіння			Дозрівання плодів			Урожайність гречки в середньому за 3 роки, т / га
		Шар ґрунту, см									
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	
дослід 1											
Оранка (20–22 см) (контроль)	1	1,09	1,12	1,15	1,21	1,23	1,31	1,26	1,33	1,35	3,07
	2	1,10	1,15	1,17	1,19	1,22	1,29	1,27	1,30	1,34	3,39
Чизельний обробіток (20–22 см)	1	1,08	1,14	1,22	1,18	1,24	1,30	1,25	1,32	1,34	3,37
	2	1,09	1,15	1,19	1,20	1,25	1,29	1,26	1,30	1,32	3,61
Дискування (6–8 см)	1	1,07	1,18	1,25	1,19	1,27	1,35	1,25	1,35	1,37	2,89
	2	1,12	1,22	1,27	1,23	1,32	1,34	1,27	1,36	1,35	3,19
Дискування (12–14 см)	1	1,08	1,16	1,23	1,21	1,25	1,33	1,24	1,33	1,35	3,19
	2	1,11	1,17	1,27	1,22	1,29	1,32	1,25	1,32	1,37	3,38
р		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
НіР <sub>05</sub> (А)		0,009	0,02	0,014	0,016	0,018	0,013	0,016	0,024	0,018	0,15
НіР <sub>05</sub> (В)		0,002	0,014	0,01	0,01	0,013	0,01	0,012	0,017	0,013	0,03
НіР <sub>05</sub> (АВ)		0,013	0,027	0,02	0,02	0,026	0,019	0,023	0,034	0,025	0,15
дослід 2											
Чизельний обробіток (20–22 см)	1	1,11	1,16	1,22	1,20	1,24	1,29	1,24	1,30	1,33	3,14
	2	1,06	1,17	1,24	1,21	1,23	1,30	1,25	1,31	1,35	3,41
	3	1,06	1,19	1,26	1,20	1,25	1,32	1,25	1,32	1,36	3,45
Пряма сімба	1	1,19	1,20	1,29	1,23	1,32	1,37	1,27	1,34	1,37	2,73
	2	1,18	1,22	1,30	1,27	1,30	1,35	1,31	1,38	1,41	2,91
	3	1,14	1,24	1,33	1,27	1,31	1,36	1,37	1,42	1,40	3,27
р		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
НіР <sub>05</sub> (А)		0,013	0,014	0,013	0,013	0,014	0,015	0,014	0,017	0,017	0,05
НіР <sub>05</sub> (В)		0,015	0,017	0,016	0,016	0,017	0,018	0,016	0,02	0,018	0,06
НіР <sub>05</sub> (АВ)		0,022	0,024	0,024	0,023	0,024	0,022	0,025	0,024	0,026	0,09

**Примітка:** р – рівень ймовірності, якщо  $p < 0,05$ , то досліджувані фактори статистично істотно вплинули на показники об'ємної маси та урожайності

органами. До завершення вегетації об'ємна маса у цих варіантах досягала відмітки 1,42 г / см<sup>3</sup>.

Об'ємна маса ґрунту впливала на урожайність гречки. Встановлено тісну кореляційну залежність між урожайністю культури та щільністю ґрунту в шарах 10–20 та 20–30 см, яка у період цвітіння виражалась коефіцієнтом кореляції ( $r$ ) в межах -0,16–0,79,

дозрівання плодів – -0,69–0,78. Зниження урожайності на 5,9 % у варіантах з поверхневим обробітком у досліді 1 дозволяє стверджувати, що негативний вплив на культуру відбувається за збільшення об'ємної маси ґрунту до значень 1,37 г / см<sup>3</sup>. Мілкий обробіток на 12–14 см забезпечив урожайність культури на рівні контролю, а чизельний – 8 % її зростання. Порівнюючи

взаємодію факторів у досліді відмічено максимальну урожайність культури на рівні 3,61 т / га (+ 17,6 % до контролю) за поєднання чизельного на 20–22 см обробітку ґрунту та послідовного проведення ранньовесняного боронування, боронування важкими зубовими боронами (у міру проростання бур'янів, знищення у фазі «білої ниточки») та передпосівної культивачії (Європак) на глибину заробки насіння (табл.).

У другому досліді урожайність культури була нижчою в середньому на 5,7 % на ділянках з прямою сівбою. Проте, порівнюючи варіанти передпосівного обробітку ґрунту, відмічено підвищення урожайності зі збільшенням об'ємної маси, що свідчить про більш суттєвий вплив на цей показник інших факторів, як наприклад, вміст продуктивної вологи в ґрунті та забур'яненість. Максимальний урожай 3,45 т / га у цьому досліді отримано у варіанті чизельного обробітку в поєднанні з триразовим проходом ротаційних борін.

### **Висновки і перспективи.**

Діапазон впливу щільності ґрунту на урожайність гречки посівної може бути дуже широким. Оптимальним варіантом за результатами двох дослідів є основний обробіток ґрунту чизелем на 20–22 см та передпосівний, що включає в себе послідовне проведення ранньовесняного боронування (закриття вологи), боронування важкими зубовими боронами (у міру проростання бур'янів, знищення у фазі «білої ниточки») та передпосівну культивачію (Європак) на глибину заробки насіння. Об'ємна маса ґрунту впродовж вегетації при цьому не перевищує 1,32 г / см<sup>3</sup>, що забезпечує найвищу урожайність культури в досліді 3,61 т / га (+ 17,6 % до контролю).

### **References**

1. Barbosa, L. R., Diaz, O., Barber, R. G. (1989). Effects of deep tillage on soil properties, growth and yield of soya in a compacted ustochrept in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research*, 15(1–2), 51–63.
2. Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management – A review. *Soil Use and Management*, 25(4), 335–345.
3. Hamza, M. A., Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121–145.
4. Nahirniak, T. B., Hrabovskiy, R. S., Hrytsyna, M. R. (2017). Ekolooho-ekonomichni aspekty ratsionalnoho vykorystannia i okhorony zemelnykh resursiv v Ukraini. [Ecological-economic aspects of rational use and protection of land resources in Ukraine.] *Scientific Bulletin of L'viv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named S. Z. Gzhytskyi*, 19 (79), 111–116.
5. Peigné, J., Vian, J., Payet, V., Saby, N. P. A. (2018). Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 175, 194–204.
6. Ryken, N., Vanden Nest, T., Al-Barri, B., Blake, W., Taylor, A., Bodé, S. at all. (2018) Soil erosion rates under different tillage practices in central Belgium: New perspectives from a combined approach of rainfall simulations and be measurements. *Soil and Tillage Research*, 179, 29–37.
7. Tanchik, S. P., Manko, Y. P., Hudz, V. P., Krotinov, O. P., Tsiuk, O. A., Ivaniuk, M. F., at all. (2013). *Zemlerobstvo. Praktykum [Agriculture. Workshop]*. Kyiv, Ukraine: FOP Korzun D. Yu., 278.
8. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Kyiv, Ukraine: Diia, 288.

**V. Chumbey, S. Tanchyk, O. Pavlov (2019). Effect of tillage on the compaction of sod-podzolic soils for growing buckwheat in the carpathian region of Ukraine.**

PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 27–33. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.027>

**Abstract.** Loss of productivity from excessive compaction of the soil can reach 60 %. Therefore, it is relevant to select the rational measures of the primary and pre-sowing tillage of the soil in order to achieve optimal its agro-physical parameters, the compaction particularly. The article shows the influence of the main and pre-sowing cultivation on the compaction of sod-podzolic soils and the yield of buckwheat in the Carpathian region of Ukraine. The research was conducted in the conditions of the Carpathian State Agricultural Research Station of NAAS and the Laboratory of the Department of Agriculture and Herbology of NULES of Ukraine during 2015–2017.

The conducted researches showed that the best combination was of the primary chiseling of soil on 20–22 cm and pre-sowing, which included of early spring harrowing, harrowing with heavy tooth-boring harrows (as weed germination) and pre-sowing cultivation to the depth of sowing. This provided optimum soil compaction during the growing season of buckwheat (no more than 1.32 g / cm<sup>3</sup>) and the highest yield of crops in experiments – 3.61 t / ha.

**Keywords:** buckwheat, soil compaction, primary and pre-sowing tillage, crop productivity.

---

## ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ТА ГУСТОТИ СТОЯННЯ СОНЯШНИКУ НА ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

**Г. В. ПІНЬКОВСЬКИЙ**, аспірант\*,

E-mail: gena10.05.1979@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Анотація.** У статті наведені результати наукових досліджень з впливу строків сівби та густоти стояння соняшника на водний режим ґрунту в Правобережному Степу України. Дослідження проводилися на Кіровоградській ДСГДС НААН України, яка знаходиться у чорноземній зоні Правобережного Степу України і кліматичні умови станції є типовими для даного регіону.

Дослідженнями встановлено, що кількість доступної вологи в шарі ґрунту 0-10 см на період третього строку сівби була меншою порівняно з першим і другим, відбулося поступове зменшення кількості доступної рослинам вологи у посівному шарі ґрунту. Також встановлено, що запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту перед сівбою, у фазі цвітіння та перед збиранням були неоднаковими у роки досліджень і змінювалися за строками сівби та залежали від густоти стояння рослин. Особливого значення для рослин соняшника набуває вміст доступної вологи в 0-100 см шарі ґрунту після утворення кошиків. В цей період соняшник інтенсивно споживає доступну вологу з більш глибоких шарів ґрунту. Після цвітіння ростові процеси у рослин соняшника призупиняються, уповільнюється використання вологи з ґрунту. У цей час посилюються процеси наливання та дозрівання насіння, відбувається накопичення олії в сім'янках, рослини соняшника не потребують такої кількості вологи, як у початкові періоди росту і розвитку. Встановлено, що рівень продуктивності соняшника значною мірою визначається умовами водного режиму ґрунту. Водний режим формується погодними умовами, величиною запасів вологи в ґрунті, кількістю та інтенсивністю опадів за рік, у т.ч. і за вегетативний період. Значною мірою водний режим ґрунту залежить від морфологічних особливостей гібридів, густоти стояння рослин, строків сівби та технології вирощування. За цих умов густина рослин у 60 тис га сприяє економній витраті вологи на формування одиниці врожаю з гектара. Найвищу врожайність насіння забезпечив гібрид LG 55.82 за першого строку сівби – 3,85 т / га.

Враховуючи щорічне варіювання погодних умов весняного періоду сівби, її слід проводити диференційовано із врахуванням водного та теплового режимів. Високі запаси вологи в ґрунті протягом вегетації слугують передумовою високих врожайів рослин соняшника.

**Ключові слова.** Напрями підготовки, спеціальності у сфері землеустрою, природничі науки.

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства та гербології, член-кореспондент НААН України С. П. Танчик

### **Актуальність.**

Соняшник (*Helianthus annuus*) – найважливіша олійна культура в Україні та Світі.

З виробничої практики і наукових досліджень відомо, що загальне водоспоживання соняшнику протягом вегетації становить від 3000 до 6000 м<sup>3</sup>/га. В умовах достатнього і надмірного зволоження соняшник використовує вологу ґрунту неефективно, в посушливих умовах – дуже раціонально (Никитчин Д. И., 1993).

Накопичення і раціональне використання ґрунтової вологи найбільш актуальне в Степовій зоні з недостатнім і нестійким зволоженням, де сумарні втрати її на стік і непродуктивне випаровування сягають половини річної норми опадів. За високого антропогенного навантаження водний режим ґрунту може значно погіршуватися, тому досить важливим є нагромадження запасів вологи в нижній частині кореневмісного шару (100–150 см), звідки вона поступово переміщується у висхідному напрямку під дією градієнтів різної природи (Десятник Л.М., Цилюрик О.І., 2017).

Ґрунт є єдиним посередником, через який можна впливати на розвиток рослин та створенням в ньому надійного запасу вологи. Саме ґрунтові запаси води в більшості випадків виступають першопричиною низької або високої продуктивності соняшника.

Дослідження показали, що чим краще посіви забезпечені вологою, тим вищий врожай насіння формують рослини. При цьому вирішальну роль відіграють опади осінньо-зимового періоду і першої половини вегетації (Пустовойт В. С., 1972).

За період вегетації соняшник використовує від 3000 до 6000 т води з 1 га. Вирішальне значення для форму-

вання повноцінного врожаю має вологозабезпеченість соняшника у фазі цвітіння і наливання насіння (критичний період) (Морозов В.К., 1959).

Продуктивність соняшнику великою мірою залежить від густоти посіву та строків сівби. Оптимальною вважається густина, за якої створені належні умови для росту і розвитку кожної рослини і є можливість отримати високий врожай з одиниці площі. Залежно від сорту або гібрида, ґрунтово-кліматичної зони, погодних умов року, зокрема, вологозабезпеченості, оптимальна густина стеблостою може різнитися (Никитчин Д. И., 1993).

Густоту посіву потрібно встановлювати з урахуванням показників запасів вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби. Чим менші запаси вологи в ґрунті, тим менша повинна бути густина стояння рослин.

Використання вологи посівами соняшнику певною мірою можна регулювати строками сівби. Оптимізація вологозабезпечення за рахунок висівання гібридів соняшнику в найбільш доцільні строки дає можливість рослинам формувати вищу продуктивність.

### **Матеріали і методи досліджень.**

Дослідження проводилися на Кіровоградській ДСГДС НААН, яка знаходиться у чорноземній зоні Правобережного Степу України. Основною відмінною ґрунтового покриву є чорноземи звичайні. Вміст гумусу складає 4,72 %, азоту, що легко гідролізується – 104, рухомого фосфору – 191 та обмінного калію – 142 мг на кілограм ґрунту. Реакція ґрунтового розчину рН<sub>сол.</sub> – 5,8.

Кліматичні умови Кіровоградської ДСГДС є типовими для Північного Степу України з помірним

континентальним кліматом. Середня багаторічна сума опадів складає 499 мм за рік. Погодні умови в роки проведення досліджень відрізнялися від середніх багаторічних, що привело до недобору урожаю соняшника.

Дослідження і обліки проводились згідно із загальноприйнятими методиками. Динаміку вологи в ґрунті визначали перед сівбою, у фазі цвітіння і перед збиранням урожаю термостатно-ваговим методом. Ґрунтові зразки відбирали пошарово через кожні 10 см.

### **Результати досліджень та їх обговорення.**

Проведені дослідження дозволили встановити, що запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби суттєво вплинули на динаміку появи сходів: у 2016 році за першого строку сівби – 5-6 °С на глибину заробки насіння (6 квітня) становили 181,9 мм, за другого – 7-8 °С (10 квітня) — 178,8 мм, за третього – 9-10 °С (13 квітня) — 175,0 мм; у 2017 році відповідно за першого строку сівби – 5-6 °С (7 квітня) становили 176,5 мм, за другого – 7-8 °С (12 квітня) – 174,5 мм, за третього – 9-10 °С (28 квітня) – 171,1 мм; у 2018 році відповідно за першого строку сівби – 5-6 °С (6 квітня) становили 177,5 мм, за другого – 7-8 °С (12 квітня) — 163,2 мм, за третього – 9-10 °С (24 квітня) – 163,0 мм (табл. 1).

Протягом 2016 - 2018 років досліджень тривалий час запаси вологи

у 0-10-сантиметровому шарі ґрунту залишалися високими (табл. 2). Це пояснюється невисокими температурами у цей період, компенсацією підвищеною відносною вологістю повітря, невисокою випаровуваністю вологи з ґрунту та випаданнями опадами в цей період.

У разі, коли опадів випадає мало, а відносна вологість повітря була низькою (2017-2018 рік), відбувається закономірне зменшення запасів води в ґрунті (валові і доступні для рослин) від першого до третього строків сівби. За сівби у третій декаді квітня (третій строк сівби – 24-28 квітня) настає зменшення валових запасів та кількості доступної рослинам води у посівному шарі ґрунту.

У проведених дослідах кількість доступної рослинам води в шарі ґрунту 0–10 см становила на час третього строку сівби 23,6 мм проти 25,0 і 24,4 мм відповідно за першого і другого строків сівби, тобто відбувалося поступове зменшення кількості доступної рослинам води у посівному шарі ґрунту.

За період від сівби до цвітіння кошиків посіви використовують відносно небагато вологи з ґрунту – в межах 70-85 мм. Так, у період від сівби до появи масових сходів, коли ґрунт не покритий зеленою рослинністю, посіви випаровують від 2 до 4 мм / га за добу. Після активації ростових процесів і змикання ряд-

#### **1. Вміст доступної рослинам вологи в шарі ґрунту 0–100 см на час сівби соняшнику**

Строк сівби	Доступна рослинам волога, мм			
	2016	2017	2018	середнє
Перший – 5-6 °С	181,9	176,5	177,5	178,6
Другий – 7-8 °С	178,8	174,5	163,2	172,1
Третій – 9-10 °С	175,0	171,1	163,0	169,7

## 2. Вміст доступної рослинам вологи в шарі ґрунту 0–10 см на час сівби соняшнику

Строк сівби	Доступна рослинам волога, мм			
	2016	2017	2018	середнє
Перший – 5-6 °С	25,0	25,3	24,9	25,0
Другий – 7-8 °С	24,9	24,2	24,1	24,4
Третій – 9-10 °С	24,8	23,1	22,9	23,6

ків випаровування вологи з поверхні ґрунту зменшується, але істотно зростає споживання води рослинами. Після формування кошиків і до початку дозрівання насіння витрати води становлять приблизно 100-120 мм, а з початку дозрівання до повної стиглості насіння – використовується ще близько 100-130 мм вологи (Картамышев Н.И., Тимонов В.Ю., Зеленин А.В., 2008). Дослідження свідчать, що запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту перед сівбою, у фазі цвітіння та перед збиранням були неоднаковими у роки досліджень й змінювалися за строка-

ми сівби та залежали від густоти стояння рослин (табл. 3).

Так, за середніми даними 2016-2018 рр. за першого строку сівби – 5-6 °С і густоті стояння рослин 50 тис на гектар, у посівах гібридів Форвард, LG 56.32, LG 54.85, LG 55.82 запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0-100 см у фазі цвітіння становили 124 мм, перед збиранням становили 112 мм, за другого строку сівби – 7-8 °С – 118 мм, перед збиранням становили 113 мм, за третього строку сівби – 9-10 °С – 117 мм, перед збиранням становили 112 мм. Найвищими запаси доступної для рослин вологи в

## 3. Вміст доступної вологи в 0-100см шарі ґрунту, мм, залежно від строків сівби і густоти стояння рослин (середнє за 2016-2018 рр.)

Гібрид (А)	Строк сівби (В)	Вміст доступної вологи для рослин у шарі ґрунту 0-100 см, мм					
		Цвітіння			Перед збиранням		
		50	60	70	50	60	70
Форвард (контроль)	1	124	127	125	112	115	113
	2	118	121	120	113	114	114
	3	117	121	119	112	113	113
LG 56.32	1	124	127	125	112	115	113
	2	118	121	120	113	114	114
	3	117	121	119	112	113	113
LG 54.85	1	124	127	125	112	115	113
	2	118	121	120	113	114	114
	3	117	121	119	112	113	113
LG 55.82	1	124	127	125	112	115	113
	2	118	121	120	113	114	114
	3	117	121	119	112	113	113

шарі ґрунту 0-100 см., у посівах гібридів Форвард, LG 56.32, LG 54.85, LG 55.82 були за густоти стояння рослин 60 тис на гектарі, за першого строку сівби – у фазі цвітіння становили 127 мм, перед збиранням – 115 мм, за другого строку сівби – 121 мм, перед збиранням – 114 мм, за третього строку сівби – 121 мм, перед збиранням – 113 мм. У разі збільшення густоти стояння рослин до 70 тис на гектар, запаси доступної для рослин вологи в шарі ґрунту 0-100 см становили за першого строку сівби – у фазі цвітіння 125 мм, перед збиранням – 113 мм, за другого строку сівби –

120 мм, перед збиранням – 114 мм, за третього строку сівби – 119 мм, перед збиранням – 113 мм.

Вміст продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см для росту і розвитку рослин особливого значення набуває після фази утворення кошиків, коли соняшник інтенсивно споживає продуктивну вологу з глибоких шарів ґрунту.

У зв'язку з тим, що після фази цвітіння ростові процеси у рослин соняшнику призупиняються інтенсивність використання вологи з шару ґрунту 0–100 см послаблюється. У цей час посилюються процеси наливання насіння та накопичення олії в

#### 4. Урожайність гібридів соняшнику залежно від строків сівби і густоти стояння рослин, т / га (середнє за 2016-2018 рр.)

Гібрид	Рік	Температура ґрунту 5-6 <sup>0</sup> С			Температура ґрунту 7-8 <sup>0</sup> С			Температура ґрунту 9-10 <sup>0</sup> С		
		Густота стояння рослин, тис. шт./га								
		50	60	70	50	60	70	50	60	70
Форвард (контроль, стандарт)	2016	2,70	2,62	2,65	2,87	2,74	2,41	2,79	2,73	2,70
	2017	3,02	2,91	2,66	3,27	3,29	2,79	3,21	3,37	3,27
	2018	3,12	3,29	2,99	2,82	2,93	3,06	2,87	3,17	2,81
	середнє	2,94	2,94	2,76	2,98	2,98	2,75	2,95	3,09	2,92
LG 56.32	2016	2,79	2,75	2,68	3,06	3,62	3,29	3,24	3,41	3,35
	2017	3,11	3,42	3,56	3,19	3,47	3,23	3,30	3,55	3,7
	2018	3,46	3,76	3,46	3,28	3,51	3,33	3,53	3,90	3,30
	середнє	3,12	3,30	3,23	3,17	3,5	3,28	3,35	3,62	3,45
LG 54.85	2016	3,26	3,50	3,00	3,33	3,33	3,18	3,23	3,12	2,93
	2017	3,49	3,69	3,62	3,7	3,99	3,52	3,98	4,10	3,58
	2018	3,53	3,74	3,41	3,37	3,24	3,27	3,58	3,63	3,15
	середнє	3,42	3,64	3,34	3,46	3,51	3,32	3,59	3,61	3,22
LG 55.82	2016	3,22	3,27	2,70	3,26	3,21	3,38	3,28	2,96	3,38
	2017	3,95	4,04	3,74	3,91	4,16	3,54	3,69	3,98	3,59
	2018	3,74	4,24	3,58	3,47	3,83	3,84	3,86	3,99	3,79
	середнє	3,63	3,85	3,33	3,54	3,73	3,58	3,60	3,64	3,58
НІР 05, т/га для	фактора А 0,13 фактора В 0,11 фактора С 0,11 загальна АВС 0,40									

сім'янок, але рослини вже не потребують такої кількості ґрунтової вологи, як у початкові періоди росту і розвитку (Дьяков А. Б., Фенелонова Т. М., Гуляева И. П., 1986).

У польових умовах спостерігаються випадки різкого зниження урожайності культурних рослин як від нестачі, так і від надлишку вологи в ґрунті.

Загалом за три роки досліджень найвища урожайність гібридів LG 5582, LG 54.85, LG 56.32, Форвард була одержана за густоти 60 тис. За першого строку сівби (6-7 квітня) урожайність гібридів LG 5582, LG 54.85, LG 56.32, Форвард склала відповідно 3,85, 3,64, 3,30, 2,94 т/га. Урожайність за сівби у другий строк (10-12 квітня) у гібридів LG 56.32, Форвард була вищою в порівнянні з першим строком і становила 3,5-2,98 т/га., а у гібриду LG 5582 та LG 54.85 нижчою, але не суттєво, й склала 3,73-3,51 т/га. Сівба в третій строк (13-28 квітня) становила у гібриду LG 55.82 3,64 т/га, LG 54.85 – 3,61 т/га, LG 56.32 – 3,62 т/га., Форвард – 3,09 т/га.

Проведені дослідження показали, що середня урожайність гібридів соняшнику в 2017-2018 році була вища за рахунок раціонального використання вологи ґрунту порівняно з неефективним використанням у 2016 році.

### **Висновки та перспективи.**

Рівень продуктивності соняшнику великою мірою визначається умовами водного режиму ґрунту.

Водний режим рослин соняшнику формувався залежно від погодних умов, величини запасів вологи в ґрунті і кількості опадів за вегетаційний період у роки досліджень, морфобіологічних особливостей гібридів, густоти стояння рослин, строків сівби.

За цих умов густина рослин 60 тис/га сприяє економнішій витраті вологи формуванню найвищої урожайності.

Найвищу урожайність насіння (3,85 т/га) забезпечив гібрид LG 55.82 за першого строку сівби. Гібрид LG 54.85 сформував урожайність насіння 3,64 т/га за сівби у перший строк. За сівби у третій строк урожайність насіння гібриду LG 56.32 становила 3,62 т/га.

Гібрид Форвард сформував найвищу урожайність 3,09 т/га за третього строку сівби.

Враховуючи щорічне відхилення погодних умов весняного періоду від середньо багаторічних показників, сівбу потрібно диференціювати із врахуванням водного режиму й температури ґрунту.

Достатні запаси вологи протягом вегетації слугують передумовою найважливішого фактора – високої урожайності.

### **References**

1. Volf, V. H. (1972). *Soniashnyk [Sunflower]*. Kyiv: Derzhsilhospvydav, 228.
2. Desiatnyk, L. M., Tsyliuryk, O. I. (2017). *Vodnyi rezhym gruntu v posivakh soniashnyku [Water regime of the soil in sunflower sowing]*. *Ahrobiznes sohodni*, 8., 34–40.
3. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodyka polevoho opyta [Methods of field experience]*. Moscow: Ahropromyzdat, 315.
4. Diakov, A. B. (1986). *Osobennosti vodopotrebleniya posevov podsolnechnyka v svyazi s yzmenenyem dostupnosti vlahy v techenye vehetatsyy [Features of water consumption of sunflower sowing dueto changes in the availability of moisture during the growing season]*. *VNYIMK. Krasnodar*, 15., 51–62.
5. Kartamyshev, N. Y. (2008). *Pryemy byolohyzatsyy pry vzdelyvannyu podsolnechnyka [Methods of biologization in the cultivation of sunflower]*. *Zemledelye*, 8., 39-40.

6. Morozov, V. K. (1959). Podsolnechnyk [Sunflower], 228.
7. Nesterchuk, V. V. (2017). Produktivnist hibrydiv soniashnyku zalezno vid hustoty stoiannia roslyn ta mikrodoobryv v umovakh pivdnia Ukrainy [The productivity of sunflower hybrids depending on the density of plants and microfertilizers in the conditions of southern Ukraine]. Kherson, 199.
8. Nykytchyn, D. Y. (1993). Podsolnechnyk [Sunflower]. Kyiv: Urozhai, 192.
9. Pustovoit, V. S. (1975). Podsolnechnyk [Sunflower]. Moscow: Kolos, 591.

---

**G. V. Pinkovsky (2019). Influence of the sowing time and the density of the sunflower's standing on the water regime of soil in the right-bank steppe of Ukraine. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 34–40. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.034>**

**Abstract.** *The article presents the results of scientific research on the influence of sowing terms and the density of sunflower standing on the water regime of the soil in the Right-bank Steppe of Ukraine. The research was carried out at the Kirovohrad DHSGDS NAAS of Ukraine, which is located in the chernozem zone of the Right Bank Steppe of Ukraine. Climatic conditions are typical for a given region.*

*Research has established that the amount of available moisture in the soil layer 0-10 cm in the third term of sowing was lower than in the first and second, there was a gradual decrease in the number of available moistures in topsoil. The reserves of available moisture in the meter layer of soil before sowing, in the phase of flowering and before harvesting differed from year to year and depended on the time of sowing and the density of plants standing. Of importance for sunflower plants is the content of available moisture in the 0-100 cm layer of soil after the flowerbud stage. During this period sunflower intensively consumes available moisture from deeper layers of soil. After flowering, growth processes in sunflower plants are suspended, and the use of moisture from the soil is slowed down. At this time enhanced the formation and maturation of seeds and the accumulation of oil in achenes. Plants do not require such amount of moisture, as in the initial periods of growth and development.*

*It has been established that the level of sunflower productivity is largely determined by the conditions of the water regime of the soil. The water regime is formed by weather conditions, the amount of moisture reserves in the soil, the amount and intensity of precipitation per year, incl. and for the vegetative period. To a large extent, the water regime of the soil depends on the morphological characteristics of the hybrids, the density of plant standing, the timing of sowing, and the technology of cultivation. Under these conditions, the density of plants at 60 thousand / ha contributed to the economic consumption of moisture to form a unit of yield per hectare. The highest yield was provided by the hybrid LG 55.82 for the first sowing term – 3.85 t / ha.*

*Given the annual variation of weather conditions, spring, sowing should be made with regard to water and thermal regimes. High moisture reserves in the soil during vegetation are a prerequisite for high yields of sunflower seeds.*

**Keywords:** *sunflower, hybrids, sowing time, density of plants standing, water regime of the soil, crop productivity*

## ВПЛИВ РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**В. В. СІНЧЕНКО**, аспірант\*,

**С. П. ТАНЧИК**, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства і гербології,

**Д. В. ЛІТВИНОВ**, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства і гербології,

<https://orcid.org/0000-0001-6589-3805>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: [TanchykSP@i.ua.](mailto:TanchykSP@i.ua.), [litvinovdv2018@ukr.net](mailto:litvinovdv2018@ukr.net)

**Анотація.** В статті подані значення та завдання різних способів та систем обробітку за вирощування сої за різних попередників. Встановлено, що мінімізація обробітку веде до підвищення щільності оброблюваного шару ґрунту і зменшення загальної щільності (пористості). Найкращі умови для росту і розвитку сої склалися за проведення оранки та чизельного обробітку на 20–22 см, де показники щільності і пористості ґрунту, залежно від попередника, варіювали від 1,28 до 1,33 г / см<sup>3</sup> і від 49,0 до 50,9 % відповідно. За мілкового безполицевого і поверхневого обробітків ґрунту щільність формувалася у межах 1,36–1,39 г / см<sup>3</sup> залежно від попередника, а пористість знижувалась до 46,5–47,8 %. Найвища серед досліджуваних обробітків щільність складення (1,38–1,43 г / см<sup>3</sup>) і найнижча пористість (44,9–46,9 %) ґрунту були на варіанті за прямої сівби.

Найвища урожайність сої отримана після зернових колосових (3,5 0–3,70 т / га) за проведення безполицевого обробітку ґрунту на 20–22 см. Після кукурудзи на зерно і соняшнику найвищу урожайність культури 2,83 і 3,12 т / га отримано за проведення оранки на 20–22 см. За своєчасного і якісного проведення технологічних процесів попередник соя забезпечує урожайність рослин сої на рівні 3,33–3,42 т / га.

**Ключові слова.** Напрями підготовки, спеціальності у сфері землеустрою, природничі науки.

### Актуальність.

Одним з основних заходів, спрямованих на підвищення врожайності сільськогосподарських культур і

родючості ґрунту, є правильний його обробіток. Головним завданням останнього є створення оптимальної будови складення оброблюваного шару ґрунту та його структурного стану

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор С.П. Танчик

для регулювання агрофізичних, біологічних та агрохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті. Надзвичайна роль обробітку належить у захисті ґрунтів від водної та вітрової ерозії, у захисті посівів сільськогосподарських культур від шкідливих організмів – бур'янів, шкідників та збудників хвороб. Виходячи з цього актуальним є удосконалення існуючих і розроблення новітніх заходів і систем обробітку ґрунту для кожної ґрунтово-кліматичної зони України.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

У сучасних умовах ефективно використання землі, збереження і підвищення родючості ґрунту, забезпечення високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур може бути здійсненим лише за рахунок дотримання науково обґрунтованих систем землеробства. Важливим заходом підвищення продуктивності ріллі є раціональний механічний її обробіток. Основними показниками, що характеризують фізичні властивості ґрунтів є щільність твердої фази ґрунту, щільність будови, шпаруватість, а науковою підставою щодо вибору глибини обробітку є різниця між фактичними й оптимальними параметрами щільності шарів ґрунту (Медведев В. В., 1988; Медведев В.В., Лактіонова Т.М., 2011). Зростання енергоємності землеробської галузі за підвищення антропогенного тиску на ґрунти приводить до поширення процесів агрофізичної деградації. Разом з тим, підтримання фізичних властивостей у оптимальному інтервалі значень є необхідною умовою ефективного використання інших агротехнічних заходів, що у підсумку

впливає на формування урожайності сільськогосподарських культур. Тому важливим є пошук систем обробітку і технологій, які б зменшили негативний вплив на ґрунт за одночасного забезпечення оптимальних умов розвитку і формування продуктивності культур (Гудзь В. П. та ін., 2007; Єщенко В. О. та ін., 2007; Крижанівський В. Г., Костогриз П. В., 2009; Піковська О.В., 2013).

Чорноземам характерний генетично обумовлений фізичний стан, який дозволяє широко впроваджувати мінімальний обробіток ґрунту. Проведеними дослідженнями встановлено покращення параметрів фізичних властивостей ґрунтів за мінімізації їх обробітку (Бережнюк М. Ф., 2015; Піковська О. В., 2013; Примак І. Д., Мудрак О. С., Примак О. І., 2005; Примак І.Д., Панченко О.В., 2016).. Проте вчені стверджують про несуттєвий вплив глибини і способів обробітку на щільність оброблюваного шару ґрунту (Гудзь В. П. та ін, 2007; Медведев В.В., Лактіонова Т.М., 2018; Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П., 2007).

Таким чином, для успішного застосування мінімальних технологій обробітку ґрунту повинен мати фізичні властивості, які є близькими до оптимальних для вирощування сільськогосподарських культур. Саме тому дослідження із впливу обробітку ґрунту на його фізичні властивості є актуальним для конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

**Мета дослідження** полягає у встановленні ефективного механічного обробітку ґрунту, залежно від попередника та різних рівнів удобрення у Правобережному Лісостепу України. Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення

**Схема дослідження включала вивчення впливу чотирьох обробітків ґрунту і п'яти попередників за вирощування сої:**

<p>Попередник: (А)                  1. Пшениця озима (контроль);                  2. Ячмінь ярий;                  3. Кукурудза на зерно;                  4. Соняшник;                  5. Соя.</p>	<p>Обробіток ґрунту: (Б)                  Оранка на 20–22 см (контроль);                  Безполицевий обробіток (чизель) на 20–22 см;                  Мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см;                  Поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см;                  Пряма сівба.</p>
--	---

наступних завдань: встановити вплив різних видів обробітку ґрунту та попередників на зміну щільності будови, пористості орного шару чорнозему типового та продуктивності сої.

**Матеріали та методи досліджень.**

Дослідження проводилися в ТОВ «Вікторія Агро» с. Бурти, Кагарлицького району, Київської області. Досліджений ґрунт – чорнозем типовий, за даними агрохімічного аналізу – вихідних зразків, уміст гумусу в орному шарі – 3,84 %, гідролізованого азоту – 182 мг / кг, рухомого фосфору – 106 мг / кг, рухомого калію – 81 мг / кг ґрунту, рН<sub>сол.</sub> – 6,90.

Розмір посівної ділянки – 250 м<sup>2</sup>, облікової – 180 м<sup>2</sup>, повторність дослідження – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване. Агротехніка у досліді загальноприйнята для зони. Висівали сорти і гібриди культур, придатні для поширення на території України. У зразках ґрунту визначали щільність складення методом циліндрів за Качинським, щільність твердої фази – за Долговым.

**Результати досліджень та їх обговорення.**

Щільність ґрунту є важливим показником фізичних властивостей ґрунту, який впливає не лише на

ґрунтові режими, а і на технологічні властивості та якість обробітку ґрунту, що у підсумку впливає на урожай культур та його якість.

У таблиці 1 наведені результати досліджень зміни щільності ґрунту у посівах сої залежно від досліджуваних чинників.

Аналізуючи щільність верхнього 0–10 см шару ґрунту на час сівби сої слід зазначити, що у варіанті проведення оранки на глибину 20–22 см (контроль), щільність ґрунту становила, залежно від попередника, 1,22–1,25 г / см<sup>3</sup>.

Проведення чизельного обробітку на 20–22 см і дискового на глибину 12–14 см забезпечили щільність на 0,02–0,03 г / см<sup>3</sup> вище, порівняно з контрольним варіантом. За поверхневого обробітку ґрунту (дискова борона) на 6–8 см, щільність ґрунту зростала порівняно до контролю на 0,02–0,06 г / см<sup>3</sup>. Найвищі значення даного показника отримано за прямої сівби, де вони становили 1,29–1,33 г / см<sup>3</sup>. Аналізуючи увесь досліджуваний шар ґрунту (0–30 см) слід зазначити, що оранка і безполицевий обробіток (чизель) мали близькі показники щільності ґрунту у досліджуваних шарах, значення яких підвищувалося від верхнього до нижнього. За систематичного мілкового обробітку на 12–14 см та поверхневого – на 6–8 см найбільше ущільнювався шар ґрунту 10–20 см, за тенденції до розуцільнення у 20–30 см шарі.

Аналогічна закономірність спостерігалася і за прямої сівби. Порівняно з контрольним варіантом величина щільності зростала від 0,08 до 0,17 г/см<sup>3</sup>. Упродовж вегетаційного періоду щільність ґрунту у посівах сої підвищувалась. У фазу цвітіння зростання щільності ґрунту порівняно до показників на час сівби культури становило 0,02–0,04 г/см<sup>3</sup>. За оранки і безполицевого обробітку

ґрунту (на 20–22см) щільність ґрунту мала значення 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup>.

На варіанті мілкого (12–14 см) і поверхневого (6–8 см) обробітків щільність досліджуваного шару ґрунту була вищою і становила 1,33–1,41г/см<sup>3</sup>. А найбільше ущільнення ґрунту в цей період спостерігалось на варіанті прямої сівби – 1,38–1,44 г/см<sup>3</sup>.

У подальшому в процесі повернення до рівноважної щільності та росту

**1. Вплив способів обробітку ґрунту та попередників на щільність оброблюваного шару ґрунту за вирощування сої (середнє за 2015–2017 рр.), г/см<sup>3</sup>**

Попередник	Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту														
		оранка на 20–22 см (контроль)			безполицевий обробіток (чизель) на 20–22см			мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см			поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см			пряма сівба		
		I*	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Пшениця озима (контроль)	0–10	1,25	1,28	1,28	1,27	1,3	1,32	1,28	1,32	1,34	1,27	1,31	1,34	1,33	1,36	1,40
	10–20	1,26	1,29	1,29	1,24	1,28	1,3	1,36	1,38	1,42	1,37	1,41	1,46	1,43	1,44	1,48
	20–30	1,25	1,28	1,29	1,28	1,3	1,34	1,33	1,37	1,4	1,32	1,33	1,37	1,36	1,39	1,42
	0–30	1,25	1,28	1,29	1,26	1,29	1,32	1,32	1,36	1,39	1,32	1,35	1,39	1,37	1,40	1,43
Ячмінь ярий	0–10	1,23	1,24	1,26	1,26	1,29	1,32	1,27	1,31	1,33	1,25	1,29	1,34	1,32	1,35	1,37
	10–20	1,24	1,27	1,28	1,24	1,28	1,3	1,36	1,39	1,43	1,35	1,4	1,44	1,41	1,43	1,47
	20–30	1,26	1,27	1,29	1,27	1,3	1,33	1,32	1,36	1,39	1,31	1,34	1,38	1,35	1,38	1,40
	0–30	1,24	1,26	1,28	1,26	1,29	1,32	1,32	1,35	1,38	1,30	1,34	1,39	1,36	1,39	1,41
Кукурудза на зерно	0–10	1,24	1,26	1,27	1,26	1,28	1,31	1,27	1,29	1,33	1,27	1,3	1,34	1,31	1,33	1,37
	10–20	1,28	1,3	1,31	1,27	1,29	1,32	1,35	1,39	1,41	1,37	1,39	1,42	1,37	1,4	1,44
	20–30	1,27	1,29	1,31	1,28	1,32	1,34	1,31	1,35	1,37	1,34	1,37	1,39	1,36	1,39	1,43
	0–30	1,26	1,28	1,30	1,27	1,30	1,32	1,31	1,34	1,37	1,33	1,35	1,38	1,35	1,37	1,41
Соняшник	0–10	1,23	1,25	1,26	1,25	1,28	1,3	1,26	1,3	1,32	1,28	1,31	1,33	1,29	1,33	1,35
	10–20	1,28	1,3	1,31	1,24	1,27	1,29	1,34	1,37	1,4	1,36	1,38	1,41	1,37	1,38	1,42
	20–30	1,25	1,28	1,29	1,29	1,3	1,34	1,29	1,33	1,35	1,3	1,31	1,35	1,31	1,34	1,37
	0–30	1,25	1,28	1,29	1,26	1,28	1,31	1,30	1,33	1,36	1,31	1,33	1,36	1,32	1,35	1,38
Соя	0–10	1,22	1,24	1,25	1,25	1,27	1,3	1,27	1,31	1,33	1,28	1,31	1,33	1,3	1,32	1,36
	10–20	1,27	1,28	1,3	1,28	1,31	1,33	1,36	1,38	1,41	1,37	1,4	1,43	1,38	1,41	1,45
	20–30	1,28	1,3	1,31	1,3	1,32	1,35	1,29	1,33	1,35	1,3	1,32	1,35	1,3	1,34	1,37
	0–30	1,26	1,27	1,29	1,28	1,30	1,33	1,31	1,34	1,36	1,32	1,34	1,37	1,33	1,36	1,39

Примітка: I\* - сівба, II – цвітіння, III – збирання

кореневої системи рослин щільність ґрунту підвищувалася, а відзначені закономірності розподілу щільності ґрунту за варіантами обробітку проявлялися до повної стиглості.

Аналізуючи отримані результати, слід зазначити, що від щільності оброблюваного шару ґрунту залежать величина пористості, водопроникності, запасів продуктивної вологи, росту кореневої системи і розвитку рослин в цілому. У таблиці 2 наведена динаміка щільності і пористості оброблюваного шару 0–30 см впро-

довж вегетації сої залежно від попередника і обробітку ґрунту.

Як видно з представлених даних, на час сівби сої, ґрунт характеризується оптимальними значеннями щільності і пористості незалежно від попередника і варіанту обробітку ґрунту, проте з тенденцією до погіршення цих показників за прямої сівби культури (50,1–51,8 %).

Зростання щільності ґрунту за проходження фаз росту і розвитку сої спричиняло зниження його пористості. Особливо це спостерігалось за мілкого,

**2. Вплив способів обробітку ґрунту та попередників на щільність та шпаруватість оброблюваного шару ґрунту за вирощування сої (середнє за 2015–2017 рр.)**

Попередник	Фаза вегетації	Обробіток ґрунту									
		оранка на 20–22 см (контроль)		безпліцевий обробіток (чизель) на 20–22 см		мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см		поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см		пряма сівба	
		$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	$P_{zag}$ , %	$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	$P_{zag}$ , %	$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	$P_{zag}$ , %	$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	$P_{zag}$ , %	$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	$P_{zag}$ , %
Пшениця озима (контроль)	I*	1,25	54,4	1,26	54,1	1,32	51,9	1,32	52,0	1,37	50,1
	II	1,28	51,6	1,29	51,2	1,36	48,8	1,35	51,2	1,4	47,3
	III	1,29	50,5	1,32	49,2	1,39	46,7	1,39	46,5	1,43	44,9
Ячмінь ярий	I	1,24	54,8	1,26	54,3	1,32	52,1	1,3	52,6	1,36	50,5
	II	1,26	52,5	1,29	51,3	1,35	48,9	1,34	51,4	1,39	47,7
	III	1,28	50,9	1,32	49,4	1,38	46,8	1,39	46,7	1,41	45,6
Кукурудза на зерно	I	1,26	54,1	1,27	53,8	1,31	52,4	1,33	51,8	1,35	51
	II	1,28	51,6	1,3	51,1	1,34	49,3	1,35	51,1	1,37	48,2
	III	1,3	50,1	1,32	49,1	1,37	47,3	1,38	46,8	1,41	45,6
Соняшник	I	1,25	54,4	1,26	54,2	1,3	52,8	1,31	52,2	1,32	51,9
	II	1,28	51,8	1,28	51,6	1,33	49,7	1,33	51,8	1,35	49,1
	III	1,29	50,5	1,31	49,6	1,36	47,8	1,36	47,6	1,38	46,9
Соя	I	1,26	54,3	1,28	53,6	1,31	52,5	1,32	52,1	1,33	51,8
	II	1,27	51,9	1,3	50,9	1,34	49,4	1,34	51,4	1,36	48,8
	III	1,29	50,5	1,33	49,0	1,36	47,6	1,37	47,3	1,39	46,4

Примітка: I\* - сівба, II – цвітіння, III – збирання

поверхневого обробітку і прямої сівби. Так, на варіантах із застосуванням оранки і безполицевого (чизель) обробітку на 20–22 см показники щільності і пористості ґрунту на час збирання мали рівні значення і залежно від попередника становили за оранки від 1,28 до 1,30 г/см<sup>3</sup> і від 50,1 до 50,9 % та безполицевого (чизель) – від 1,32 до 1,33 г/см<sup>3</sup> і від 49,0 до 49,4 % відповідно.

За мілкого безполицевого і поверхневого обробітків ґрунту у період повної стиглості щільність становила від 1,36 до 1,39 г/см<sup>3</sup> залежно від попередника, а пористість знижувалась до 46,5–47,8 %. Найвищими серед досліджуваних обробітків значення щільності складення (1,38–1,43 г/см<sup>3</sup>) і найнижчим пористості (44,9–46,9 %) ґрунту були на варіанті із прямою сівбою.

У процесі вегетації сільськогосподарської культури фізичні властивості ґрунтів як через пряму дію шляхом механічної перепони, так і посередньо, змінюючи вміст і склад ґрунтового повітря можуть істотно впливати на розвиток кореневої системи рослин.

Реакція рослин на об'ємну масу ґрунту пояснюється також впливом останньої на рухомість ґрунтового розчину, ефективність мінеральних добрив, тепловий режим ґрунту та інші показники. Продуктивність сої є інтегральним показником ефективності застосування за її вирощування різних попередників та обробітків ґрунту. Серед досліджуваних попередників найвищий рівень урожайності культури отримано за розміщення її після пшениці озимої (табл. 3). У середньому за три роки досліджень, найвищу урожайність після пшениці озимої (3,70 т/га) соя формувала за чизельного обробітку ґрунту на 20–22 см, що у абсолютному значен-

ні на 0,17 т/га вище відносно варіанту з проведенням оранки на 20–22 см (контроль). За мілкого на 12–14 см і поверхневого на 6–8 см обробітків ґрунту, рівень урожайності знижувався порівняно до оранки (контроль) на 5,71 %, а за прямої сівби – на 17,1 %.

Після ячменю ярого найвищі значення урожайності сої отримано на варіанті чизельного і мілкого обробітків ґрунту – 3,5 і 3,4 т/га. За оранки урожайність культури становила 3,13 т/га, а поверхневого обробітку ґрунту і прямої сівби знижувалася порівняно з контрольним варіантом на 11,4 і 22,9 % відповідно.

Найнижчу урожайність сої отримано на варіанті з використанням в якості її попередника кукурудзи на зерно. За проведення оранки урожайність сої становила 2,83 т/га, що на 19,0 % було нижче, порівняно з її розміщенням після пшениці озимої. Аналіз впливу інших обробітків ґрунту на урожайність сої констатував її зниження порівняно з контрольним варіантом на 24,0–37,1%.

Розміщення сої після соняшнику, відзначається зниженням її урожайності на 11,0–35,0 %, порівняно до контрольного варіанту (розміщення після пшениці озимої). Залежно від обробітку ґрунту урожайність культури, у абсолютному значенні, варіювала від 2,27 до 2,92 т/га.

Аналізуючи сою як попередник для сої слід зазначити, що у середньому за три роки досліджень отримано урожайність на рівні 2,95–3,42 т/га. Проведення чизельного на 20–22 см і мілкого на 12–14 см обробітків ґрунту забезпечило рівнозначну урожайність культури – 3,42 т/га. Поверхневий обробіток на 6–8 см і пряма сівба культури знижувала її урожайність до 3,24 і 2,95 т/га відповідно.

### 3. Урожайність сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, (середнє за 2015–2017 рр.)

Попередник	Основний обробіток ґрунту	Урожайність, т / га	± до контролю	
			± т / га	± %
Пшениця озима (контроль)	оранка на 20–22см (контроль)	3,50	0,00	0,00
	безполіцевий обробіток (чизель) на 20–22см	3,70	0,20	5,71
	мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см	3,30	-0,20	-5,71
	поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см	3,30	-0,20	-5,71
	пряма сівба	2,90	-0,60	-17,14
Ячмінь ярий	оранка на 20–22см (контроль)	3,13	-0,37	-10,48
	безполіцевий обробіток (чизель) на 20–22см	3,50	0,00	0,00
	мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см	3,40	-0,10	-2,86
	поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см	3,10	-0,40	-11,43
	пряма сівба	2,70	-0,80	-22,86
Кукурудза на зерно	оранка на 20–22см (контроль)	2,83	-0,67	-19,05
	безполіцевий обробіток (чизель) на 20–22см	2,57	-0,93	-26,57
	мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см	2,66	-0,84	-24,00
	поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см	2,28	-1,22	-34,86
	пряма сівба	2,20	-1,30	-37,14
Соняшник	оранка на 20–22см (контроль)	3,12	-0,38	-10,76
	безполіцевий обробіток (чизель) на 20–22см	2,84	-0,66	-18,86
	мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см	2,92	-0,58	-16,57
	поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см	2,55	-0,95	-27,14
	пряма сівба	2,27	-1,23	-35,14
Соя	оранка на 20–22см (контроль)	3,33	-0,17	-4,95
	безполіцевий обробіток (чизель) на 20–22см	3,42	-0,08	-2,29
	мілкий обробіток (дискова борона) на 12–14 см	3,42	-0,08	-2,29
	поверхневий обробіток (дискова борона) на 6–8 см	3,24	-0,26	-7,43
	пряма сівба	2,95	-0,55	-15,71
НІР <sub>05, %</sub>		5,80	-	-

## Висновки та перспективи.

У Правобережному Лісостепу України на чорноземах типових середньосуглинкових, мінімізація обробітку веде до підвищення щільності оброблюваного шару ґрунту і зменшення загальної щільності (пористості). Щільність ґрунту зростала від сівби до повної стиглості та не перевищували оптимальних для більшості сільськогосподарських рослин ( $1,30 \text{ г/см}^3$ ) за оранки і безполицевого обробітку (чизель) на 20–22 см. За мілкого безполицевого і поверхневого обробітків ґрунту щільність формувалася у межах  $1,36\text{--}1,39 \text{ г/см}^3$ , а за прямої сівби зростала до  $1,38\text{--}1,43 \text{ г/см}^3$ .

Найвищу урожайність ( $3,5\text{--}3,7 \text{ т/га}$ ) соя формувала за розміщення після зернових колосових культур та безполицевого обробітку ґрунту на 20–22 см. За вирощування сої після кукурудзи на зерно і соняшнику найвищу урожайність ( $2,83$  і  $3,12 \text{ т/га}$ ) отримано за проведення оранки на 20–22 см. Соя як попередник забезпечує формування урожайності сої на рівні  $3,33\text{--}3,42 \text{ т/га}$ .

## References

- Gudz', V. P., Prymak, I. D., Rybak, M. F. et al. (2007). Adaptive farming systems [Adaptive farming systems]; za red. V. P. Gudzia. – K.: Tsentr uchbovoi literatury, 148–158, 200–216, 241–250, 284–292.
- Berezhnyak, M. F. (2015). Vplyv system obrobittku na ahrofizychni vlastyvyosti chornozemu pivdennoho vazhkosuhlynkovoho na lesi. [Influence of cultivating systems on the agrophysical properties of south chernozem]. Available at: <http://www.sworld.com.ua/konfer39/192.pdf>
- Kryzhaniv's'kyi, V. H. Kostohryz, P. V. (2009). Shchil'nist' ґruntu na posivakh horokhu, pshenytsi ozymoyi ta buryaka tsukrovoho zaleznykh vid osnovnoho obrobittku [Density of soil on crops of peas, winter wheat and sugar beet, depending on the main cultivation]. Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho derzhavnoho ahrarnoho universytetu. Chastyna 1. Ahronomiya, 71, 20-26.
- Medvedev, V. V. (1988). Optimizatsiya ahrofizycheskikh svoystv chernozemov. [Optimization of agrophysical properties of chernozems]. Moscow: Agropromizdat, 1988, 160.
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. M. (2018). Gruntovo-tehnologichni vumogu do gruntoobrobnykh znariad i khodovykh system mashunno-traktornykh agregativ [Soil-technological requirements for soil-cultivating tools and undercarriage systems of machine-tractor units]. Harkiv: KP Drukarnia, 13, 68.
- Medvedev, V. V. Laktionova, T. M. (2011). Granulometrichnii sklad Gruntiv Ukrainy (genetichniy, ekologichniy i agronomichniy aspekti). – Harkiv: Apostrof, 292.
- Yeshchenko, V. O., Karachykov's'kyi, D. L., Karachykov's'kyi, V. D., Yeshchenko, O.V. (2007). Minimalizatsiya mekhanichnogo obrobittku ґruntu pry vuroshchiuvanni kukurudzy [Minimalization of mechanical cultivation of soil when growing corn ]; za red. Yeshchenka V. O. – Uman', 56.
- Pikovska, O. V. (2013). Vplyv minimizatsiyi obrobittku ґruntu na strukturnyy stan chornozemu zvychaynoho. [Influence of minimization of soil tillage on the structural condition of chernozem ordinary]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Ahronomiya. 183(2), 193-197. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2013\\_183\(2\)\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2013_183(2)_35)
- Prymak, I. D., Mudrak, O. S., Prymak, O. I. (2005) Istorychni peredumovy zastosuvannya minimizatsiyi mekhanichnogo obrobittku ґruntu v zemlerobstvi Ukrainy [Historical prerequisites for minimization of mechanical tillage in agriculture in Ukraine] // Naukovyy visnyk Natsional'noho agrarnogo universytetu: zb. nauk. prats'. Kyiv, 80 (2): 74–81.

10. Prymak, I. D., Panchenko, O. B. (2016). Strukturnyi stan i budova ornogo sharu chornozemy tipovogo za riznukh system osnovnogo obrobittku i udoobrennia v spetsializovanii zernoprosapnii sivozmini tsentralnogo lisoostepu Ukrainy [Structural condition and structure of the arable layer of chernozem typical for different systems of basic cultivation and fertilization in specialized grain cutting crop rotation of the central forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Poltav's'koi derzhavnoi agrarnoi akademii, 1–2, 12–17.
11. Prymak, I. D., Yeshchenko, V. O., Man'ko, Y. P. (2007). Resursozberihayuchi tekhnolohiyi mekhanichnoho obrobittku gruntu v suchasnomu zemlerobstvi Ukrainy [ Resource-saving technologies of mechanical cultivation of soil in modern agriculture of Ukraine]; za red. I. D. Prymaka. Kyiv, 272.
- 

**V. V. Sinchenko, S. P. Tanchyk, D. V. Litvinov (2019). Influence of depending on tillage on agrophysical parameters of chernozem typical in the right-bank forest-steppe of Ukraine. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 41–49.**

<https://doi.org/10.31548/agr2019.01.041>

**Abstract.** The article presents the values and objectives of various methods and systems of tillage for growing soybeans after different predecessors. It is established that minimizing the treatment leads to an increase in the density of the treated soil layer and a decrease in the total porosity. The best conditions for the growth and development of soybeans were folded during plowing and chisel treatment at 20–22 cm, where the density and porosity of the soil, depending on its predecessor, ranged from 1,28 to 1,33 g/cm<sup>3</sup> and from 49,0 to 50,9 % respectively. With small shallow and surface treatments of the soil, its density was formed within 1,36–1,39 g/cm<sup>3</sup>, depending on its predecessor, and the porosity decreased to 46,5–47,8 %. The highest, among the studied treatments, the density of addition (1,38–1,43 g/cm<sup>3</sup>) and the lowest porosity (44,9–46,9 %) of the soil were in the variant of direct sowing.

The highest yield of soybean was obtained after cereal grains (3,5–3,7 t / ha) with 20–22 cm soil cultivated without soil. After corn for grain and sunflower, the highest crop yield is 2,83 and 3,12 t / ha obtained by plowing at 20–22 cm. With timely and high-quality technological processes, the precursor of soybean ensures the yield of soybean plants at the level of 3,33–3,42 t / ha.

**Keywords:** addition density, porosity, chernozem typical, soybean yield, tillage

---

## ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА РІЗНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

**С. Ю. БУЛИГІН**, доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів  
ім. проф. М.К.Шукули, академік НААН

**С. В. ВІТВИЦЬКИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів  
ім. проф. М.К.Шукули

**М. І. БАЙДЮК**, кандидат сільськогосподарських наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: slavavit@ukr.net

**Анотація.** Основним показником теплового режиму ґрунту є його температура. Різні агротехнічні заходи (рихлення, коткування, зрошення тощо) певною мірою впливають на температуру ґрунту і тепловий режим у цілому, істотно змінюючи параметри його фізичних властивостей: вологість, щільність, шпаруватість.

Головною метою досліджень є комплексна оцінка впливу “нульових” технологій вирощування культур на зміну температурних параметрів і теплового режиму чорнозему звичайного малогумусного у контексті розуміння (по tillage) американських науковців, які мають всі підстави вважатися авторами і фундаторами цих агротехнологій.

Заміна традиційної технології “нульовою” в сільськогосподарському виробництві Степу обумовлює зниження температури орного шару ґрунту, особливо в денні години. Найсуттєвіша різниця в температурі відмічається у верхньому (0–10 см) шарі, що визначається, передусім, умовами акумуляції та поширення тепла в ґрунті. Відмічене підкреслює актуальність вивчення “нульових” технологій, змін строків посіву, підбору оптимальних площ живлення, сортів тощо. Тобто, слід переглянути всі агрономічні вимоги щодо оптимального забезпечення росту і розвитку культурних рослин.

**Ключові слова:** температура ґрунту, теплофізичні властивості ґрунту, «нульова технологія», моделі теплофізичних властивостей ґрунту

### **Актуальність.**

Тепловий режим має важливе значення у системі управління продуктивністю ґрунту, але залишається найменш піддатливим до управління. Тепловий режим ґрунту потрібно оцінювати за динамікою температурного поля у кореневмісному шарі ґрунту, з якою пов'язані терміни початку та закінчення польових робіт, згубна дія заморозків, мікробіологічна активність та мінералізація гумусу, склад ґрунтового повітря, інтенсивність дихання, інтенсивність надходження елементів живлення у рослини тощо. Тепловий режим ґрунту є основним енергетичним джерелом колообігу речовин у системі «ґрунт-рослина».

Регулювання теплового режиму ґрунту повинно бути спрямоване на поліпшення умов росту і розвитку культурних рослин, зокрема агротехнічними заходами різної інтенсивності технологічного навантаження, які істотно змінюють теплоємність і теплопровідність ґрунту.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Дані закордонних та вітчизняних дослідників щодо прояву теплового режиму ґрунтів за різних технологій вирощування культур і, насамперед, обробітку ґрунту різноманітні та дещо суперечливі [Вадюнина А. Ф., Корчагіна З. А., 1973; Гупало А. И., 1959; Хенкс Р.Дж., Ашкрофт Дж.Л., 1985; Larsen, J. K. Brun, L. J. Enz, J. W., Cox, D. J., 1988; Potter K. N., Cruse R. M., Horton, R., 1985; Van Duin, R.H.A., 1956]. Так, за даними М. К. Шиккули (Шиккула Н.К., Назаренко Г.В., 1990) на фоні мінімального обробітку на глибину 10–12 см без мульчі температура ґрунту на поверхні та на глибині 5 см була нижчою, ніж за полицевого обробі-

ку, а на глибині 10 см та 20 см вона була вищою. Тихонравова П. І. і А. В. Нестерова (Тихонравова П. И., Нестерова А. В., 1995) встановили, що в цілому “нульова” технологія сприяє зниженню температури в орному шарі у теплий період. Істотно впливає на температурний режим ґрунту кількість рослинних решток, залишених або внесених на поверхню ґрунту. Doran J. W. (Doran J. W., Wilhelm W. W., Power, J. F., 1984) показав, що залежно від кількості мульчі за “нульової” технології максимальна температура поверхні ґрунту за літні місяці коливалась в середньому від 46,6°C до 54,6°C. За J. K. Larsen мінімальна температура ґрунту зимою за полицевої оранки становила 24°C, тоді як у варіанті з сівбою безпосередньо в стерню – лише 8 °C. За даними М. Johnson і В. Lowery (Johnson M. D., Lowery B., 1985), теплоємність ґрунту за “нульової” технології вирощування кукурудзи була вищою. S. C. Gupta, W. E. Larson і R. R. Allmaras (Gupta, S. C., Larson, W. E. Allmaras, R. R., 1984) також відмічали різницю у теплоємності між варіантами досліду (технологіями). Проте К. N. Potter із співавторами отримав дані, які свідчать про фактично однакову теплоємність.

Дослідники спостерігали вищу температуропровідність ґрунту (на 20 % більшу порівняно з оранкою) за “нульової” технології (Potter, K. N., Cruse, R. M., Horton, R., 1985; Johnson M. D., Lowery, B., 1985; Петренко Л. Р. та ін., 2017; Булигін С.Ю. та ін., 2018). Potter K. N. (Potter, K. N., Cruse, R. M., Horton, R., 1985) повідомляє, що температуропровідність збільшувалась лінійно, незалежно від технологій, із збільшенням вологості ґрунту. Автор посилається на Van Duin (Van Duin, R.H.A., 1956), який у 1956 році встановив підвищення температуропровідності ґрунту до певної межі і зниження її

за подальшого збільшення вологості. Gupta S. C., W. E. Larson і R. R. Allmaras (Gupta, S. C., Larson, W. E. Allmaras, R. R., 1984) знайшли, що різниця температуропровідності в ґрунтовому профілі 0–30 см була відносно малою. Очевидно, що кожен із цих авторів має свої дані, які інколи співпадають із даними інших дослідників, а інколи виявляються протилежними.

**Метою роботи** була оцінка впливу різних технологій обробітку ґрунту за вирощування культур польової сівозміни на температурний режим та теплофізичні показники чорнозему звичайного.

### **Матеріали та методи досліджень.**

Дослідження температурних параметрів і теплового режиму ґрунту проводились в умовах стаціонарного польового досліді на території дослідного господарства Інституту агропромислового комплексу у польовій сівозміні на чорноземі звичайному малогумусному.

Варіантами дослідження були традиційна і “нульова” технології обробітку ґрунту за вирощування польових культур (представлені дані щодо кукурудзи на зерно після озимої пшениці і озимої пшениці після кукурудзи на силос. Проективне покриття рослинними рештками у сівозміні ніколи не перевищувало 25 % навіть за «нульової» технології, що менше нормативу (30 %) визначення ґрунтоохоронних технологій). Крім того, окремими варіантами були беззмінний посів кукурудзи на зерно (монокультура) і мікроділяночний посів монокультури кукурудзи за близького до 100%-го проективного покриття мультчею з подрібнених стебел. Повторність у просторі 3-кратна, у часі – 4-кратна; розмір посівної ділян-

ки складав 1,7 га, облікової – 100 м<sup>2</sup>. Температура ґрунту під озимою пшеницею вимірювалась термометрами Саввінова тричі на добу через кожні 5 см до глибини 20 см від 7.00 до 18.00 години. Максимальна температура поверхні ґрунту вимірювалась максимальними термометрами в останній декаді травня – першій декаді червня.

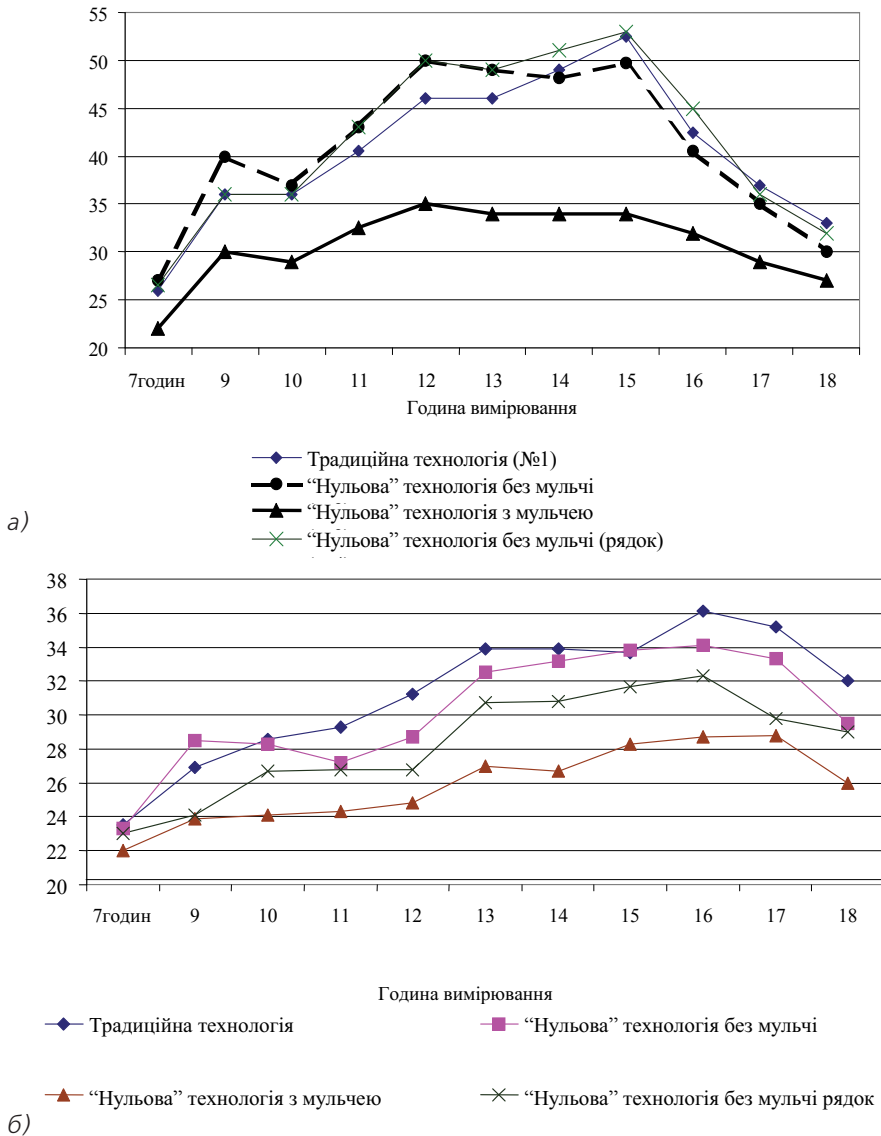
### **Результати та їх обговорення.**

З метою одержання більш детальної та різнобічної картини температурного режиму ґрунту було проведено спостереження за температурою поверхні та орного шару ґрунту погодинно у варіантах: традиційна технологія, “нульова” технологія без мультчі (міжряддя), “нульова” технологія без мультчі (рядок) та “нульова” технологія з мультчею. Максимальна температура поверхні ґрунту (рис. 1а) у червні виявилась близькою за “нульової” без мультчі в рядку та міжрядді (№ 2, 4), а також за традиційної технології (№ 1). Значно нижчою (на 18–19 °С) була температура поверхні ґрунту за “нульової” технології з мультчею. Аналізуючи графіки, стає очевидним, що різниця температур ґрунту залежить переважно від наявності рослинних решток і дещо менше – від обробітку ґрунту. Різниця між графіками (кривими) 3 та 2 і 4 (однакові технології, різна кількість рослинних решток на поверхні ґрунту) була більшою, ніж між графіками № 1 та № 2 і 4 (різні технології, але однакове покриття, точніше його відсутність), які мають практично однакову конфігурацію. Температура поверхні ґрунту максимального значення сягає о 15.00 години, а на глибині 5 см – через годину (рис. 1б).

За кількісної оцінки умов формування температурного режиму ґрунту були визначені (вираховані) параметри теплофізичних властивостей орно-

го шару ґрунту у варіантах дослідю. Встановлені показники визначають, в основному, теплоаккумуляцію і теплоперенесення в ґрунтовій товщі. Теплофізичні властивості ґрунту, крім прямого їх визначення (Вадюнина А. Ф., Корчагіна З. А., 1973), досить добре

описуються за допомогою моделей. Існують два типи моделей: емпіричні та фізичні. Емпіричні моделі температури ґрунту (Гупало А. И., 1959) є досить зручними за наявності даних, які отримані в даній місцевості на даному ґрунті. Фізичні ж моделі (Heatherly, L.



**Рис. 1.** Погодинна динаміка температури ґрунту, °С у різних варіантах дослідю: а) поверхня ґрунту; б) на глибині 5 см

G., Elmore, C. D., Wesley, R. A., 1989), базуються на загальних принципах теплового потоку в ґрунті і менше залежать від специфіки конкретних умов.

Об’ємна теплоємність ґрунту визначається закордонними та вітчизняними дослідниками за ідентичними формулами (Гупало А. И., 1959; 2, Heatherly, L. G., Elmore, C. D., Wesley, R. A., 1989).

$$C_v = (0,2 + W/100) \times \rho, \quad (1)$$

де  $C_v$  – об’ємна теплоємність;

$W$  – вологість;

$\rho$  – щільність;

0,2 – питома теплоємність.

Об’ємна теплоємність із збільшенням вологості та щільності зростає лінійно. Теплопровідність ми визначали за рівнянням теплового потоку, запропонованим А. И. Гупало (Гупало А. И., 1959) для ґрунтів важкосуглинкового складу:

$$\lambda = 10^{-3} (2,1\rho^{1,2-0,02W-0,007(W-20)^{-2}} + \rho^{0,8-0,0W})(0,2 + W/100)\rho, \quad (2)$$

Температуропровідність ( $K$ ) розраховувалась на основі залежності:

$$K = \lambda / C_v. \quad (3)$$

Восени після сівби озимини в шарі 0–10 см по “нульовій” технології всі теплофізичні властивості чорнозему були вищими, а теплоємність істотно більшою (табл. 1). Незаперечним є вплив вологості та щільності на теплофізичні властивості. Але ще в 1959 році

А. И. Гупало (А. И. Гупало, 1959) показала, що теплоємність зростає у разі збільшення вологості та щільності, а температуропровідність та теплопровідність лінійно підвищуються лише із збільшенням щільності. Зростання температуро- та теплопровідності за рахунок вологості відбувається лише до певної межі, а згодом іде зниження.

Пік температуропровідності А. И. Гупало (Гупало А. И., 1959) визначає так: “коефіцієнт температуропровідності збільшується зі збільшенням вологості й сягає максимуму за таких величин, коли плівково–менисковий механізм переходить у капілярний, що відповідає вологості уповільнення росту рослин”. Отже, підвищена теплоємність ґрунту за “нульової” технології обумовлена більш високою вологістю (30,2 %) в порівнянні з традиційною (23,7 %) та більшою щільністю (1,23 та 1,08) відповідно. Підвищену температуро- та теплопровідність за “нульової” технології можна пояснити лише за рахунок більшої щільності, що підтверджують інші дослідники (Larsen, J. K. Brun, L. J. Enz, J. W., Cox, D. J., 1988; Potter, K. N., Cruse, R. M., Horton, R., 1985).

В шарі ж 10–20 см теплоємність, тепло- та температуропровідність, навпаки, були дещо вищими за традиційної технології. Основною при-

### 1. Теплофізичні показники чорнозему звичайного за різних технологій обробітку ґрунту після сівби озимої пшениці

Технологія обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Теплоємність, кал / м <sup>2</sup>	Температуропровідність, м <sup>2</sup> / с	Теплопровідність, Дж / см / с / град
Традиційна	0-10	0.4700	0.0033	0.0016
	10-20	0.6300	0.0034	0.0021
“Нульова”	0-10	0.6200	0.0034	0.0021
	10-20	0.6200	0.0032	0.0020
НІР <sub>0,5</sub>	0-10	0.13	0.0007	0.0005
	10-20	0.08	0.0002	0.0003
S%	0-10	7.8	12.1	4.8
	10-20	4.0	5.4	1.2

чиною підвищення цих показників є збільшена щільність ґрунту за традиційної технології – 1,25 проти 1,17 за “нульової” – через, так звану, “плужну підшову”, дискування та культивуваці, оскільки вологість ґрунту була практично однаковою за варіантами.

Згідно отриманим даним можна припустити, що верхній (0-10 см) шар ґрунту у варіанті з “нульовою” технологією буде менше прогріватися, ніж у контролі, бо його нагрівання потребує більше тепла, що обумовлене, перш за все, вищою теплоємністю (0,62) порівняно з контролем (0,47). У той же час, цей шар буде проводити більше тепла (теплопровідність ґрунту у варіанті з “нульовою” технологією вище на 0,0005 Вт / м град, ніж із традиційною), що призводить до зменшення різниці температур між варіантами. В шарі 10-20 см умови акумуляції та переносу тепла мало відрізняються за варіантами, тому різниця в температурі ґрунту між “нульовою” та традиційною технологіями незначна.

Маючи всі необхідні агрофізичні показники ґрунту і рівняння, ми визначили теплофізичні показники в наших дослідках із різними варіантами обробітку ґрунту за вирощування кукурудзи. Всі виміри проведені 6 червня (табл. 2). В шарі 0–10 см теплоємність за “нульової” технології без мульчі та з мульчею вия-

вилась істотно більшою, ніж за традиційної. Це обумовлено більшою щільністю за “нульовими” технологіями (1,24 г / см<sup>3</sup> – без мульчі, 1,14 г / см<sup>3</sup> – з мульчею) проти 1,02 г / см<sup>3</sup> за традиційною, а за “нульовою” технологією з мульчею також більша вологість у шарі 0–10 см (29,6 %) проти 22,6 % – за традиційною.

В шарі 10–20 см теплоємність за традиційної технології була істотно більшою порівняно з “нульовою” в рядку, оскільки за міжрядної обробки відбувається ущільнення. Звичайно, коректніше було б порівнювати щільність рядка за “нульової” технології з рядком за традиційної, але передпосівна культивация також сприяє створенню, так званої, “орної підшови”. Безперечно, максимальна теплоємність в шарі 10–20 см спостерігається за “нульової” технології з мульчею через вищу вологість (28,4 %) порівняно із традиційною (18,9 %), хоча порівняно з НІР (0,11) різниця в теплоємності між цими варіантами несуттєва. Вища теплоємність ґрунту за “нульової” технології без мульчі, з нашої точки зору, створена досить високими вологістю та щільністю ґрунту – 23,9 % та 1,20 г / см<sup>3</sup> відповідно.

Теплопровідність поводить себе аналогічно теплоємності, що обумовлено вищезазначеними чинниками. За “нульової” технології без мульчі та з мульчею

## 2. Теплофізичні показники чорнозему звичайного під кукурудзою (монокультурною) за різних технологій обробітку ґрунту

Технологія обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Теплоємність, кал/м <sup>2</sup>	Температуро-провідність, м <sup>2</sup> /с	Теплопровідність, Дж/см/с/град
Традиційна	0-10	0,43	0,00134	0,00311
	10-20	0,49	0,00184	0,00378
“Нульова” без мульчі	0-10	0,53	0,00198	0,00375
	10-20	0,53	0,0019	0,0036
“Нульова” з мульчею	0-10	0,56	0,00186	0,00331
	10-20	0,58	0,00189	0,00329
“Нульова” (рядок)	0-10	0,4	0,00126	0,00318
	10-20	0,44	0,00151	0,00346

теплопровідність була істотно вищою в шарі 0–10 см, однак у шарі 10–20 см за традиційної технології вона переважала показники за “нульової” у рядку. Між поверхнею ґрунту та глибокими шарами відбувається безперервний теплообіг. Потік тепла, який може мати напрямок від поверхні ґрунту вглиб та навпаки, називається теплообігом у ґрунті. За Р. Д.Хенксом та ін. (Хэнкс Р.Дж., Ашкрофт Дж.Л., 1985), тепловий потік – це теплопровідність помножена на градієнт температури у вертикальному напрямку.

Отже, маємо:

$$Q = -\lambda(\Delta T/\Delta z). \quad (4)$$

де  $Q$  – тепловий потік поверхні ґрунту;

$\lambda$  – теплопровідність;

$(\Delta T/\Delta z)$  – градієнт температури у вертикальному напрямку.

Маючи температуру ґрунту до 10 см погодинно з 7.00 до 18.00 години (рис. 2), ми в змозі вирахувати тепловий потік до визначеної глибини за цей проміжок часу.

Якщо тепловий потік у шарі ґрунту 0–10 см за традиційної технології прийняти за 100 %, то за “нульової” без мульчі він буде на 51 % більшим за “нульової” в рядку – виявився більшим на 1/4 (125 %), а за “нульової” з мульчею він становив лише 81 %.

### Висновки та перспективи

1. Температура ґрунту залежить переважно від наявності рослинних решток і дещо менше – від обробітку ґрунту. Максимальна температура поверхні ґрунту у червні виявилась близькою за “нульової” без мульчі в рядку та міжрядді, а також за традиційної технології. Значно нижчою (на 18–19 °C) була температура поверхні ґрунту за “нульової” технології з мульчею.

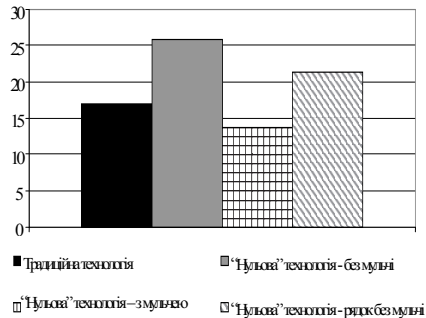


Рис. 2. Тепловий потік у шарі ґрунту 0–10 см

2. Максимальна теплоємність спостерігається за “нульової” технології з мульчею через вищу вологість (28,4 %) порівняно з традиційною (18,9 %) і щільність ґрунту – 1,14 та 1,02 г / см3 відповідно.
3. Якщо тепловий потік у шарі ґрунту 0–10 см за традиційної технології прийняти за 100 %, то за “нульової” без мульчі він буде на 51 % більшим, за “нульової” в рядку – виявився більшим на 1/4 (125 %), а за “нульової” з мульчею він становив лише 81 %.

### References

1. Vadyunina, A. F., Korchagina, Z. A. (1973). *Metody issledovaniy fizicheskikh svoystv pochv i ґruntov* [Methods for studying the physical properties of soils and soil]. Moscow: Vysshaya shkola, 399.
2. Gupalo, A. I. (1959). *Teplovyye svoystva pochvy v zavisimosti ot yeyo vlazhnosti i plotnosti* [Thermal properties of the soil, depending on its humidity and density]. Soil science, 4, 41–45.
3. Khenks, R. Dzh., Ashkroft, Dzh. L. (1985). *Prikladnaya fizika pochv: Vlazhnost' i temperatura pochvy* [Applied soil physics: Moisture and temperature of the soil]. Leningrad: Gosmeteoizdat, 152.
4. Larsen, J. K. Brun, L. J. Enz, J. W., Cox, D. J. (1988). *Predicting soil temperature to indi-*

- cate winter wheat mortality. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 776 – 780.
5. Potter, K. N., Cruse, R. M., Horton, R. (1985). Tillage effects on soil thermal properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 968 – 973.
  6. Van Duin, R.H.A. (1956). On the influence of tillage on conduction of heat, diffusion of air and infiltration of water in soil. Agric. Res. Rep. 7, 62 - 82.
  7. Shikula, N. K., Nazarenko, G. V. (1990). Minimal'naya obrabotka chernozemov i vosproizvodstvo ikh plodorodiya [Minimal processing of chernozem and reproduction of their fertility]. Moscow: Agropromizdat, 320.
  8. Tikhonravova, P. I., Nesterova, A.V. (1995). Temperaturniy rezhim derno-podzolistoy pochvy pri minimalizatsii obrabotki [Temperature conditions of sod-podzolic soil with minimal processing]. Soil science. 2, 200 - 204.
  9. Doran, J. W., Wilhelm, W. W., Power, J. F. (1984). Crops residue removal and soil productivity with no – till corn, sorghum and soybean. Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 640 – 645.
  10. Johnson, M. D., Lowery, B. (1985). Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 1547 – 1552.
  11. Gupta, S. C., Larson, W. E. Allmaras, R. R. (1984). Predicting soil temperature and soil heat flux under different tillage – surface residue conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 223 – 232.
  12. Heatherly, L. G., Elmore, C. D., Wesley, R. A. (1989). Weed control and soybean response to preplant tillage and planting time. Soil & Tillage Reseach. 2, 111 – 122.
  13. Petrenko, L. R., Vitvitsky, S. V., Bulyhin, S. Yu., Bohdanovych, R. P. (2017). Upravlinnya gruntovymy rezhymamy [Management of soil regimes]. Kyiv: NUBIP Ukraine, 81-92.
  14. Bulyhin, S. Yu., Tonkha, O. L., Vitvitsky, S. V., Pikovska, O. V., Antonyuk, D. O. (2018). Rehlamentuvannya tekhnolohichnoho navantazhennya na grunty [Regulation of technological load on soils]. Interagency thematic scientific collection «Agrochemistry and soil science, 2, 290-296.

---

**S. Yu. Bulygin, S. V. Vitvitsky, M. I. Baydiuk (2019). Thermal regime of the chernozem ordinary under different technological loads. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 50–57.**

<https://doi.org/10.31548/agr2019.01.050>

**Abstract.** *The main indicator of the thermal regime of the soil is its temperature. Different agro-technical measures (deflection, dipping, irrigation, etc.) to a certain extent influence the temperature of the soil and the thermal regime in general, substantially changing the parameters of its physical properties: humidity, density, sparseness.*

*The main objective of the research is a comprehensive assessment of the effect of "no-till" crop cultivation technologies on the change of temperature parameters and the thermal regime of chernozem ordinary in the context of understanding (no tillage) of American scientists who have every reason to be considered authors and founders of these agrotechnologies.*

*Replacing traditional technology with "zero" in the agricultural production of the Steppe causes a decrease in the temperature of the arable layer of soil, especially in daylight hours. The most significant difference in temperature is observed in the upper (0-10 cm) layer, which is determined, first of all, by the conditions of accumulation and heat propagation in the soil. The noted emphasizes the relevance of studying "zero" technologies, changes in the timing of sowing, selection of optimal feeding areas, varieties, etc. That is, all agronomic demands for optimal growth and development of cultivated plants should be reviewed.*

**Keywords:** *soil temperature, thermophysical properties of soil, "zero technology", models of soil thermophysical properties.*

## ФОРМУВАННЯ РОЗСАДИ САЛАТУ ТА КАПУСТИ ПІД ВПЛИВОМ ДОДАТКОВОГО ОСВІТЛЕННЯ

**Г. Б. ПОПОВИЧ**, кандидат біологічних наук, доцент кафедри  
плодоовочівництва і виноградарства,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

**А. О. МАЛІНІНА**, кандидат фізико-математичних наук, старший  
науковий співробітник проблемної науко-дослідної лабораторії фізичної  
електроніки ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
E-mail: halina.porovich@uzhnu.edu.ua; antonina.malinina@uzhnu.edu.ua

*Анотація.* Одним із лімітуючих факторів за вирощування овочів у закритому ґрунті у позасезонний період є світло. Дефіцит сонячної енергії призводить до зниження врожаю, затримки його формування, зменшення вмісту цукрів і вітамінів, погіршує товарні якості продуктових органів. Враховуючи це, нестачу сонячного освітлення необхідно компенсувати за рахунок додаткового штучного освітлення в залежності від періоду року, конструкції споруди та погодних умов.

Мета досліджень полягала у вивченні росту та розвитку розсади салату та капусти під впливом додаткового освітлення в умовах закритого ґрунту. В якості джерела світла використовували світлодіодні лампи потужністю 30 Вт. Проводили фенологічні спостереження, біометричні вимірювання та застосовували статистичні методи дослідження.

Виявлено позитивний вплив додаткового джерела світла на формування молодих рослин. Показано, що варіанти із досвічуванням рослини салату головчастого перевищують контрольні зразки за їх висотою, діаметром і площею асиміляційної поверхні листків. Додаткове освітлення позитивно впливало на площу листків у капусти білоголової та висоту рослин капусти брюссельської. У всіх рослин за досвічування спостерігали збільшення маси кореневої та надземної частин.

**Ключові слова:** додаткове освітлення, світлодіодна лампа, закритий ґрунт, розсада, салат, капуста, біометричні параметри

## **Актуальність.**

Вирощування рослин у закритому ґрунті дає можливість забезпечити населення свіжою овочевою продукцією упродовж всього року, особливо, у зимово-весняний період, коли організм відчуває нестачу вітамінів. Важливу роль при цьому відводять зеленним овочам, оскільки навіть незначна кількість спожитої зелені людиною дає позитивний ефект. Систематичне введення в раціон харчування зеленних культур сприяє профілактиці й лікуванню багатьох захворювань.

Зеленні відносяться до низьковитратних культур, це рослини довгого дня, холодостійкі. Однак, нині ринок пропонує обмежений асортимент і кількість зеленних овочів, особливо у осінньо-зимово-весняний період. Вирощуючи овочі у позасезонний період за природного освітлення, рослини відчувають дефіцит сонячної радіації. Відповідно, якість такої продукції знижується, а термін вирощування збільшується (Абиян М. В., Гиш Р. А., Подушин Ю. В., 2004; Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т., 2008).

## **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

На сучасному етапі перспективним напрямом в овочівництві є світлокультура – вирощування рослин у спорудах закритого ґрунту із застосуванням додаткового до природного освітлення або ж за застосування виключно штучних джерел світла.

Світлова енергія є важливим фактором, що визначає ріст рослин, особливо у розсадний період. Традиційні джерела світла, наприклад, натрієві

лампи високого тиску тощо не є високоефективними і генерують високу температуру випромінювання. Все частіше в теплицях за вирощування розсади і товарної продукції овочевих культур використовують світлодіоди. Серед відомих джерел світла світлодіоди мають ряд переваг, зокрема, не містять шкідливі матеріали, вирізняються високою енергоефективністю, низькою вартістю обслуговування, довговічністю, низькою температурою опромінення, можливістю регулювання спектру опромінення, безінертністю, екологічно чисті, а головне – є можливістю регулювання спектральним складом опромінення (Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т., 2008; Курьянова И. В., Олонина С. И., 2017; Ракутько С. А., Мишанов А. П., Маркова А. Е., Ракутько Е. Н., 2016; Bourget C. Michael, 2008; Gioia D. Massa, Hyeon-Hye Kim, Raymond M. Wheeler, Cary A. Mitchell, 2008).

В області фотосинтетично активної радіації (ФАР) виділяють наступні діапазони: синій (B – blue) 400–500 нм, зелений (G – green) 500–600 нм, червоний (R – red) 600–700 нм, а також важливе опромінення у інфрачервоному діапазоні (FR – infrared) 700–800 нм. Світлодіодні джерела освітлення найчастіше містять світлодіоди R, G і FR. Зеленні культури з успіхом культивують у разі застосування світлодіодів цих діапазонів (Ракутько С. А., Мишанов А. П., Маркова А. Е., Ракутько Е. Н., 2016). У зв'язку з тим, проводилися дослідження впливу додаткового штучного освітлення на ріст і розвиток розсади деяких зеленних культур у ранньо-весняний період.

**Мета досліджень** полягала у вивченні росту та розвитку розсади салату та капусти під впливом додаткового освітлення в умовах закритого ґрунту.

## Матеріали і методи дослідження.

Матеріалом для дослідження слугували: сорт салату головчастого Айсберг компанії «Enzaden», гібрид капусти білоголової Мішутка  $F_1$  від «Semco» та капусти брюссельської *Brüsszeli félmagas* фірми «ZKI» (Угорщина).

Дослідження проводили в межах проекту «Розробка нових газорозрядних джерел світла для технологічного оновлення та розвитку парникового господарства» у зимовій теплиці Ботанічного саду ДВНЗ «УжНУ» у ранньовесняний період 2018 р. Досліди закладали на змонтованих стелажах, над якими розміщували світлодіодні лампи потужністю 30 Вт, кольорова температура (повний спектр): червоний (630–660 нм), синій (430–470 нм), білий (6500–3500 К), інфрачервоний 730 нм, ультрафіолетовий 380 нм, світловий потік 2600 Лм (додаткове освітлення). Різні варіанти досліду розділяли чорним світлонепроникними плівками для уникнення попадання світла між ними. Закладали два варіанти досліду у трикратній повторності: 1) природне освітлення без досвічування, 2) додаткове до природного – досвічування світлодіодними лампами. Контролем слугував перший варіант досліду без застосування штучного досвічування.

Температура повітря в теплиці під час вирощування розсади знаходилася на рівні 16–19°C вдень та 10–12°C вночі. Насіння висівали у полістиролові касети з розміром чарунок 5,2×5,2×6,5 см на глибину 1 см у першій декаді березня. Використовували ґрунтову суміш «Жива земля для розсади» (*Terra Vita*) – повністю готову з додаванням біогумусу, в якому присутня суміш різних видів торфу і збалансованого складу таких поживних елементів, як азот,

фосфор, калій, кальцій, магній, залізо і мікроелементи. За появи сходів встановлювали режим освітлення рослин з експозицією 14 год на добу. У процесі догляду за рослинами проводили регулярні поливи та контроль за температурою і вологістю повітря.

Під час досліджень проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання розсади рослин згідно із загальноприйнятими методиками (Бондаренка Г. Л., Яковенко К. І., 2001). Відзначали дати появи поодиноких і масових сходів, утворення справжніх листків. У фазі розгорнутих сім'ядольних листків вимірювали висоту гіпокотіля та епикотіля. У міру вступання сіянців у наступну фазу розвитку обліки проводили раз у тиждень. Починаючи з фази двох справжніх листків вимірювали висоту стебла, розміри справжніх листків та діаметр стебла. Біометричні параметри рослин фіксували до утворення п'яти-шести листків. Вимірювання проводили на 20 рослинах у кожному повторенні обох варіантів досліду. Перед висаджуванням у відкритий ґрунт визначали середнє значення сирової маси всієї рослини та окремо – кореневої і надземної частин.

## Результати досліджень та їх обговорення.

Досліджуючи вплив освітлення на ріст і розвиток розсади у ранньовесняний період, слід відмітити позитивний вплив додаткового освітлення на молоді рослини.

Середня тривалість періодів від висіву насіння до появи сходів у салату головчастого становила 11 днів та 7 днів – у капусти брюссельської та білоголової. Надалі, після появи перших сходів, застосовували світлодіодне освітлення у дослідному варі-

анті. У салату головчастого і капусти білоголової через 2 дні відмічали масові сходи у контрольному (відповідно, 79 % і 92 %) і дослідному (65 % і 93 %) варіантах, у капусти брюссельської – наступного дня (84 % – у контролі та 68 – % у досліді). Слід зазначити, що поява повних сходів у досліджуваних культур відбувалася одночасно у обох варіантах досліду.

Згідно з даними досліджень, у салату головчастого формування справжніх листків відбувалося одночасно у контролі й досліді, однак, за використання додаткового освітлення показники середньої площі листка та їх сумарної площі рослині (показники фотосинтетичної активності рослини) значно різнилися. На рисунку 1 показано динаміку зміни площі листків розсади салату головчастого за природного і додаткового освітлення.

На п'ятий день після масових сходів спостерігали початок формування першого справжнього листка у контролі, в той час як у варіанті із досвічуванням рослини знаходилися у фазі розгорнутих сім'ядольних листків. Перші виміри довжини і ширини

листка (площі асимілюючої поверхні) проводили на дев'ятий день. Так, у досліді в середньому площа першого справжнього листка на 17 % перевищувала контроль (ширина листка при цьому у обох варіантах була однаковою і становила 0,50 см, довжина – перевищувала контроль на 17 %).

Через п'ять днів спостерігали збільшення розмірів листової поверхні першого листка. Зокрема, його довжина у досліді в середньому на 9 % перевищувала контроль, ширина, навпаки, на 25 % була меншою. Середня площа поверхні першого листка у контролі на 17 % (0,21 см<sup>2</sup>/росл.) перевищувала дослідний варіант. В той же час за обох варіантів досліду фіксували формування другого справжнього листка.

У фазі двох справжніх листків, площа першого листка збільшилася на 41 % у контролі, а в досліді – на 55 %. Довжина листка контролю на 25 % була меншою, а ширина, як і за попередніх вимірювань, перевищувала дослід на 20 %. В середньому площа другого листка у досліді перевищувала контроль лише на 1 %, а сумарна площа листків на рослині – на 3 %.



**Рис. 1.** Динаміка наростання площі листової поверхні розсади салату головчастого (см<sup>2</sup> / рослину) за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

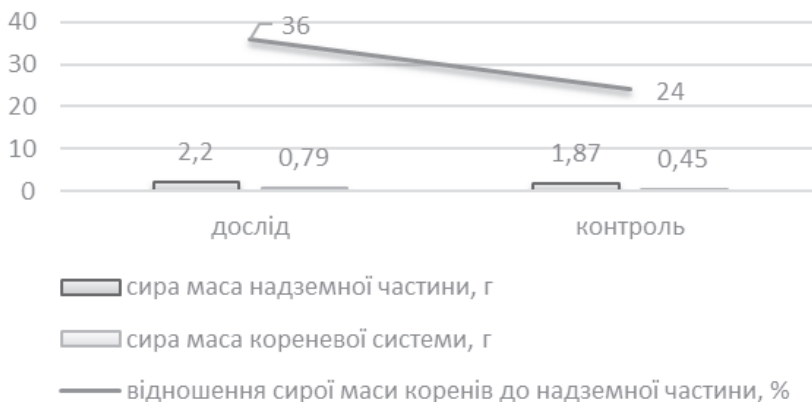
Необхідно відмітити, що наступні п'ять днів у рослин салату відбувалося значне наростання вегетативної маси. У фазі розвинених чотирьох справжніх листків, їх загальна середня площа у досліді становила 33,22 см<sup>2</sup>/росл., у контролі – на 19 % менше. Порівнюючи довжину і ширину листків, зазначаємо, що довжина у досліді завжди перевищувала контроль, а ширина всіх листків, навпаки, була меншою у досліді. За природного освітлення зменшення довжини листової поверхні компенсувалося її ростом у ширину.

Оцінка якості розсади салату головчастого свідчить, що за площею листової поверхні у фазі п'яти справжніх листків (на час висаджування розсади у відкритий ґрунт), виділялася розсада варіанту із досвічуванням (70,65 см<sup>2</sup>/росл.), що на 23 % перевищувало контроль. В подальшому, досвічування рослин світлодіодами вже не викликало позитивного результату. Так, у варіанті із застосуванням додаткового освітлення спостерігали лише зачатки шостого листка, в той час як у контролі у 15 % рослин розсади фіксували розвиток шостого та початок формування сьомого листків.

Діаметр розетки листків в середньому у контрольному варіанті становив 9,6 см, на 14 % менше, ніж у варіанті з досвічуванням. Крім того, враховували стан розвитку кореневої системи рослин, визначали співвідношення між масою надземної і кореневої частин. Так, за відношенням сирової маси коренів до надземної частини більші показники спостерігали у розсади, вирощеної за додаткового освітлення – 36 %, у контролі цей показник становив 24 % (рис. 2).

Як свідчать результати досліджень, на час висаджування розсади у відкритий ґрунт, більшу масу коренів і надземної частини мали рослини розсади за досвічування. Збільшення маси кореневої системи супроводжувалося збільшенням її довжини. Так, за вирощування розсади без додаткового освітлення коренева система розвивалася значно слабше в порівнянні з варіантом, де розсада досвічувалася світлодіодними фітолампами.

Відмінності у швидкості росту капусти білоголової проявилися уже на ранніх етапах. Аналіз даних показав, що у контрольному варіанті спостерігали менший приріст стебла у висоту



**Рис. 2. Показники якості розсади салату головчастого за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення**

та меншу площу листкової поверхні однієї рослини. Так, у варіанті із застосуванням штучного освітлення у фазі сім'ядольних листків висота гіпокотилу перевищувала контроль на 44 %, а площа листкової поверхні у фазі першого справжнього листка в середньому на 16 % була більшою (рис. 3, 4).

У фазі двох справжніх листків різниця у висоті гіпокотилу та епікотилу між дослідними варіантами становила 45 % та 9 % відповідно, а площа листкової поверхні за використання досвічування перевищувала контроль лише на 1 %. Більш різкі відмінності спостерігали у фазі чотирьох-шести справжніх листків, де висота рослин у досліді різнилася на 32 % і 24 % відповідно, а площа поверхні листків – на 9 % і 7 %.

Крім того, у фазі шести листків вимірювали товщину стебла. У контролі цей показник в середньому дорівнював 0,3 см, у досліді – 0,38 см. Таким чином, додаткове освітлення позитивно впливало на висоту рослин, її діаметр, а площа листків (асиміляційної поверхні) збільшувалася більш швидкими темпами.

Більша маса надземної частини і коренів відмічена у варіанті із досвічуванням. Збільшення маси кореневої системи супроводжувалася збільшенням її довжини. Сира маса розсадних рослин капусти білоголової в середньому на 14 % перевищувала варіант із природним освітленням. Відношення сирової маси коренів до надземної частини показано на рис. 5.

За фенологічними спостереженнями молоді розсадні рослини капусти

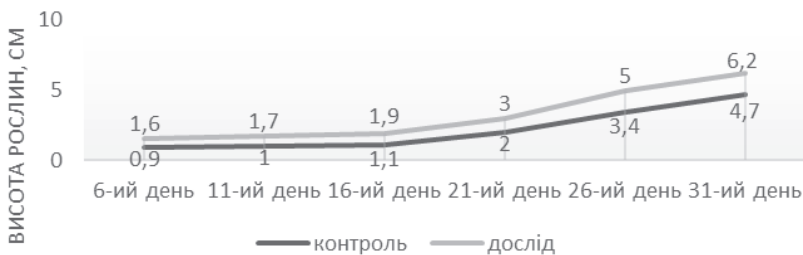


Рис. 3. Динаміка зміни висоти рослин капусти білоголової за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

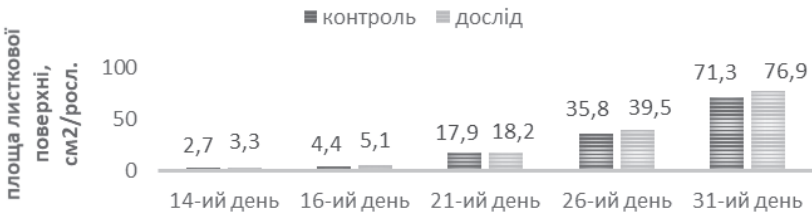


Рис. 4. Динаміка наростання площі листкової поверхні розсади капусти білоголової (см<sup>2</sup> / росл.) за природного (контроль) та додаткового штучного освітлення (дослід)

брюссельської розвивалися майже однаково. Переваги у розвитку спостерегали вже у фазі формування п'ятого і шостого справжніх листків. Так, за пересаджування розсади у 53 % рослин дослідного варіанту відмічали добре розвинений шостий та початок формування сьомого справжнього листка, в той час як у контролі шостий листок лише починав формуватися.

За висотою рослин та площею листової поверхні розсада значно різнилася.

Так, у варіанті із досвічуванням за високою рослини перевищували контроль, однак, за площею листової поверхні, навпаки, більшою площею листків характеризувалися контрольні рослини. У фазі розгорнутих сім'ядольних листків висота гіпокотилу за досвічування в середньому на 26 % перевищувала контроль. На цьому етапі розвитку рослини обох варіантів дослідження перебували на початковій стадії формування першого справжнього листка (рис. 6).

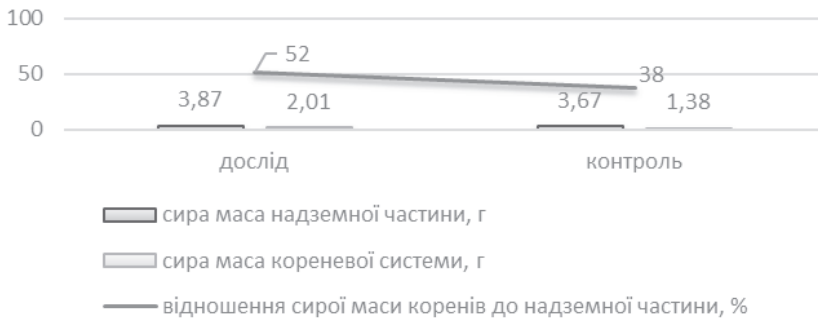


Рис. 5. Показники якості розсади капусти білоголової за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

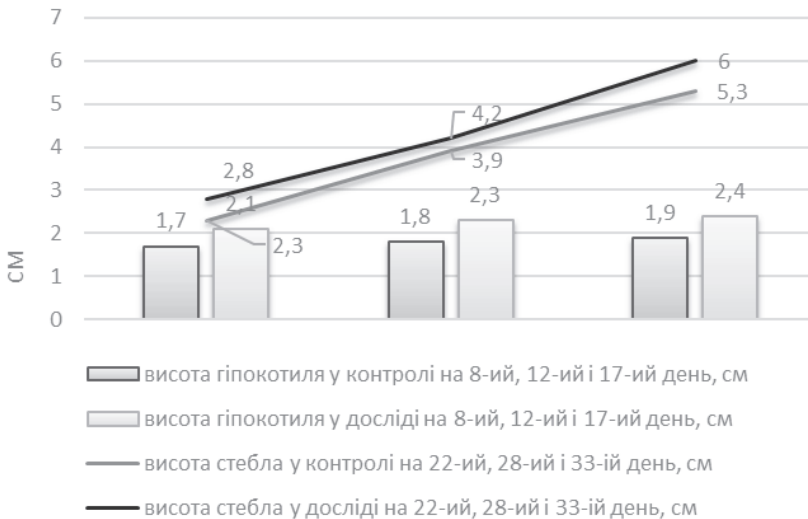


Рис. 6. Динаміка зміни висоти рослин капусти брюссельської за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення



**Рис. 7.** Динаміка наростання площі листкової поверхні розсади капусти брюссельської (см<sup>2</sup> / росл.) за природного (контроль) та додаткового штучного освітлення (дослід)

У фазі першого справжнього листка площа листкової поверхні за природного освітлення на 4 % перевищувала дослідний варіант. У подальшому спостерігали значне збільшення площі листкової поверхні в рослин без досвічування. Зокрема, у фазі двох справжніх листків їх сумарна площа у досліді на 27 % була меншою, а висота рослин при цьому – на 18 % більша контролю (рис. 7).

У фазі п'яти-шести справжніх листків за висаджування розсади капусти брюссельської у відкритий ґрунт, у 53 % рослин досліді спостерігали добре розвинений шостий та початок формування сьомого справжнього листка, в той час як шостий листок контролю тільки починав розвиватися. За додаткового освітленні розсади висота рослин перевищувала контроль на 11,7 %, проте сумарна площа поверхні листків на 4 % була меншою. Товщина стебла при цьому у обох варіантах досліді була однаковою і становила 0,2 см. Більшу масу кореневої і надземної частин відмічали за додаткового освітлення.

### **Висновки і перспективи.**

Проведені дослідження показали ефективність застосування світлодіодних ламп потужністю 30 Вт, що випромінюють в області ФАР, у ранньовесняний період за вирощування розсади в умовах закритого ґрунту. Додаткове освітлення позитивно впливало на площу асиміляційної поверхні листків розсади салата, висоту рослин, їх діаметр та площу листків у капусти білоголової, висоту рослин капусти брюссельської. У всіх рослин у разі досвічування спостерігали збільшення маси коренів та надземної частини.

### **References**

1. Abyian M.V., Hysh R.A., Podushin Yu.V. (2014). Vliyanye perioda iskusstvennoho osveshcheniya na formyrovaniye rassady salata. (The influence of artificial lighting on the formation of seedlings of lettuce). Nauchnyi zhurnal KubHAU № 101 7, 1–12. URL.: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/147.pdf>
2. Hil L.S., Pashkovskiy A.I., Sulima L.T. (2008). Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu. Ch. 1. Zakrytyi grunt. Navchalnyi posibnyk

- (Modern technologies of vegetable cultivation of the closed and open soil. Part 1. Closed soil. Tutorial). Vinnytsia, Ukraine, 368. URL.: <https://books.google.com.ua/books?isbn=9663822031>
3. Kurianova Y.V., Olonyina S.Y. (2017). Otsenka vliyaniya razlichnyh spektrov svetodiodnogo svetilnika na rost v razvitie ovoshchnykh kultur. ( Evaluation of the influence of various spectra of the LED lamp on the growth in the development of vegetable crops). Vestnik NHYEY № 7 74, 35–44. URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-razlichnyh-spektrov-svetodiodnogo-svetilnika-na-rost-i-razvitie-ovoshchnykh-kultur>
  4. Bondarenka H.L., Yakovenka K.I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi. (Experimental methodology in vegetable growing and melon growing). Kharkiv, Ukraine: Osnova, 369.
  5. Rakutko S.A., Myshanov A.P., Markova A.E., Rakutko E.N. (2016). Otsenka effektivnosti svetodiodnogo obluchatelya «Optolyuks-speis-ahro» dlya svetokultury. ( Evaluation of the efficiency of the LED light "Optolyuks-space-achro" for light culture). Teoretycheskyi y nauchno-praktycheskyi zhurnal. YAEP № 88, 59–68. URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-svetodiodnogo-obluchatelya-optolyuks-speys-agro-dlya-svetokultury>
  6. Bourget C. Michael. (2008). An Introduction to Light-emitting Diodes. Hortscience Vol. 43 7, 1944–1946. URL.: <https://www.col-center.ca/wp-content/uploads/2012/08/An-introduction-to-light-emitting-diodes.pdf>
  7. Massa Gioia D., Hyeon-Hye Kim, Raymond M. Wheeler, Cary A. Mitchell. (2008). Plant Productivity in Response to LED Lighting. Hortscience Vol. 43 7, 1951–1956. URL.: <https://journals.ashs.org/hortsci/content/43/7/1951.full>
  8. Pattison P.M., Tsao J.Y., Krames M.R. (2016). Light-Emitting-Diode Technology Status and Directions: Opportunities for Horticultural Lighting. VIII International Symposium on Light in Horticulture. East Lansing, Michigan, USA: East Lansing. URL.: [https://www.actahort.org/books/1134/1134\\_53.htm](https://www.actahort.org/books/1134/1134_53.htm)

**H. B. Popovich, A. O. Malinina (2019). Formation of salad and cabbage seedlings under the influence of additional lightning. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 58–66. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.058>**

**Abstract.** *One of the limiting factors in the cultivation of vegetables in greenhouses during off-season is light. The lack of solar energy leads to a decrease in yield, a delay in its formation, a decrease in the content of sugars and vitamins, and a deterioration in the commodity qualities of food organs. Given this, the lack of solar lighting must be compensated for by additional artificial lighting, depending on the period of the year, the structures of construction and weather conditions. The purpose of the research was to study the growth and development of seedlings of salad and cabbage under the influence of additional lighting in protected ground conditions. Led lamps with a power of 30 Watts were used as a light source. Phenological observations, biometric measurements were carried out and statistical research methods were used. The positive effect of an additional light source on the formation of young plants has been revealed. It is shown that in the variant with additional lighting, Lettuce salad plant exceed the control samples for their height, diameter and area of the assimilation surface of the leaves. Additional lightning had a positive effect on the leaf area of white cabbage and the height of Brussels cabbage plant. An increase in the mass of the root and aerial parts was observed in all plants under the use of additional lighting.*

**Keywords:** *additional lighting, LED lamp, indoor ground, seedlings, lettuce, cabbage, biometric parameters.*

---

---

## ДО УВАГИ АВТОРІВ!

---

---

До розгляду приймаються наукові статті обсягом 10–20 сторінок тексту (без врахування бібліографічних посилань). Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1 см.

### Структура наукової статті:

**рядок 1** – УДК (вирівнювання по лівому краю, шрифт – напівжирний);

**рядок 2** – назва наукової статті (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);

**рядок 3** – ініціали та прізвище автора (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери); науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, місце роботи (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника;

**рядок 4** – електронна адреса автора;

**рядок 5** – анотація (кегль шрифту - 14, курсив, міжрядковий інтервал - 1). Обсяг анотації повинен бути не менше 1800 знаків;

**рядок 6** – ключові слова (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1), жодне з них не дублює слова з назви статті;

**рядок 7** – текст наукової статті із зазначенням наступних елементів:

**Актуальність**, де висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення у контексті поставлених наукових завдань; вказуються невідомі частини проблеми.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**, де подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті.

**Мета дослідження**, де вказуються мета і завдання наукового дослідження.

**Матеріали і методи дослідження**, де висвітлюються основні методи і прийоми, застосовані у науковій статті.

**Результати дослідження**, де висвітлюються основні отримані результати дослідження, подані у науковій статті.

**Висновки і перспективи**, де подаються конкретні висновки за результатами дослідження та перспективи подальших розробок.

У кінці наукової статті подається **Список літератури** у порядку згадування або у алфавітному порядку (кегль шрифту - 14, міжрядковий інтервал - 1). Список використаних джерел оформляється згідно з вимогами APA 6th Edition (American Psychological Association (APA) Style). Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Hulse, 2000), три та більше авторів – (Davis et al., 1989). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929>. Також можна оформити цитування за стилем APA онлайн: [www.citationmachine.net/apa/cite-a-book](http://www.citationmachine.net/apa/cite-a-book)

Всі літературні джерела потрібно наводити англійською мовою. Транслітерація допускається лише прізвищ авторів відповідно до Постанови КМУ від 27 січня 2010 р. № 55 (онлайн трансліт: <https://dmsu.gov.ua/services/transliteration.html>), а російських – згідно системи BGN/PCGN.

**рядок 8** – тема, ініціали і прізвище автора, анотація та ключові слова, які надаються англійською (українською) мовою.