

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 3



Видавничий дім
«Гельветика»
2020

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 24400-14240Р від 16.04.2020 р.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б у галузі природничих та аграрних наук (спеціальності 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин») відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3)

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту зрошуваного землеробства НААН
(протокол № 22 від 14.12.2020 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут зрошуваного землеробства НААН.

Члени редакційної колегії:

Грановська Л.М., доктор економічних наук, професор (відповідальний секретар);
Лавриненко Ю.О., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;
Базалій В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Вожегов С.Г., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Жуйков О.Г., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Балашова Г.С., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Біляєва І.М., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Коковіхін С.В., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Марковська О.Є., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Khandakar Rafiq Islam, доктор філософії, старший науковий співробітник, професор (Огайо, США);
Сидоренко С.Г., кандидат сільськогосподарських наук;
Лиховид П.В., кандидат сільськогосподарських наук;
Мельник А.В., доктор сільськогосподарських наук;
Стефан Петрзак, доктор наук, професор (Рашин, Польща);
Писаренко П.В., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Гашимов А.Д., доктор сільськогосподарських наук, професор (Азербайджан);
Малярчук М.П., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Кюрчев В.М., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН;
Пілярська О.О., кандидат сільськогосподарських наук;
Власов В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;
Яковенко Р.В., кандидат сільськогосподарських наук;
Вдовиченко Ю.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН.

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань зрошуваного землеробства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунтоутворних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнології, економіці виробництва.

Науковий журнал «Аграрні інновації» розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Адреса редакційної колегії:

73483, м. Херсон, сел. Наддніпрянське,
Інститут зрошуваного землеробства НААН
Тел. (0552) 36-11-96, факс: (0552) 36-24-40
e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua
www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua



Шановні колеги!

*Щиро вітаю Вас з прийдешніми святами –
Новим роком та Різдом Христовим!*

*Рік, що минає, був рясно наповнений випробуваннями та
змінами, він збагатив нас силами, додав досвіду й життєвої
мудрості для подальшої наполегливої праці. Якби
несподіванки не готував нам Новий 2021 рік, нехай він стане
успішним початком для втілення нових планів, реалізації ідей,
особистого та професійного зростання!*

*Бажаю Вам та Вашим родинам міцного здоров'я,
здійснення мрій, енергії та віри в себе!*

*З повагою,
головний редактор журналу «Аграрні інновації»,
академік НААН*

Раїса Вожегова

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО	6
Бондаренко К.О., Косенко Н.П. Вплив умов вологозабезпеченості та удобрення рослин на врожайність плодів томата за краплинного зрошення на Півдні України.....	6
Вожегова Р.А., Малярчук А.С., Котельников Д.І., Резніченко Н.Д. Продуктивність просапної сівозміни за різних систем удобрення і основного обробітку ґрунту на зрошенні Півдня України.....	11
Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М., Лавренко С.О., Бойценюк Х.І. Модифікований метод Хольдріджа для визначення евапотранспірації.....	17
Гирка А.Д., Алексєєв Я.В. Сортова реакція рослин сорго зернового сорту Вінець на площу живлення в умовах Північного Степу України.....	21
Жуйков О.Г., Бурдюг О.О. Фітосанітарний стан та продуктивність гібридів соняшнику за різних рівнів біологізації технології вирощування.....	26
Кабанець В.М., Бердін С.І. Вплив беззмінних посівів конопель посівних на агрохімічні показники орного шару ґрунту.....	33
Ковальов М.М., Мостіпан М.І., Кулик Г.А. Отримання біокомпосту за попередньою обробкою сировини ЕМ-препаратами.....	39
Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Коваль Г.В. Вплив неонікотиноїдних інсектицидів на мікробіом ґрунту на зрошуваних землях.....	45
Овчатов І.М., Журавльов О.В. Продуктивність сої залежно від способів зрошення.....	54
Ромащенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А., Вожегова Р.А., Жовтоног О.І., Рокочинський А.М., Тараріко Ю.О., Трускавецький Р.С. Сталий розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату.....	59
Сонько Р.В., Трач В.В., Тонха О.Л. Оцінка фітотоксичної дії гербіциду піроксуламу за застосування хітозану та колоїдних розчинів.....	65
Тонха О.Л., Сичевський С.О., Кравченко Ю.С., Коваленко В.П. Сезонна динаміка рухомого калію за вирощування пшениці озимої і різної забезпеченості чорнозему опідзоленого елементами живлення.....	70
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО	76
Влащук А.М., Шапарь Л.В., Дробіт О.С., Місєвич О.В., Шкода О.А. Вплив елементів технології на формування фотосинтетичного потенціалу рослин буркуну білого однорічного на богарних землях Півдня України.....	76
Кирпа М.Я., Стасів О.Ф., Боденко Н.А., Лавриненко Ю.О. Вплив проморожування насіння гібридів кукурудзи на його якість.....	82
НАШЕ СЬОГОДЕННЯ	87
Сергій Засць, Анатолій Коваленко. Інформація про загальний стан посівів озимих культур (інтерв'ю).....	87
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	89

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE	6
Bondarenko K.O., Kosenko N.P. Influence of moisture supply and plant fertilization conditions on tomato fruit yield under drip irrigation in the south of Ukraine.....	6
Vozhegova R.A. Malyarchuk A.S., Kotelnikov D.I., Reznichenko N.D. Productivity of row crop rotation under different systems of fertilizers and basic tillage at irrigation of the south of Ukraine.....	11
Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Biliaieva I.M., Lavrenko S.O., Boitseniuk K.I. Modified Holdridge method for evapotranspiration assessment.....	17
Gyrka A.D., Alieksieiev Ya.V. Varietal reaction of grain sorghum plants variety Vinets' to the nutrition area in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.....	21
Zhuykov A.G., Burdyug A.A. Phytosanitary condition and productivity of sunflower hybrids at different levels of biologization of cultivation technology.....	26
Kabanets V.M., Berdin S.I. Influence of invariable crops of hemp on agrochemical indicators of an arable layer of soil.....	33
Kovalov M.M., Mostipan M.I., Kulyk H.A. Obtaining bio-compost by pre-treating base materials with EM preparations.....	39
Melnychuk F.S., Marchenko O.A., Koval G.V. Neonicotinoid insecticides effects on soil microbiome on irrigated lands.....	45
Ovchatov I.M., Zhuravlov O.V. Soybean's productivity depending on irrigation methods.....	54
Romashchenko M.I., Baliuk S.A., Verhunov V.A., Vozhehova R.A., Zhovtonoh O.I., Rokoehynskyy A.M., Tarariko Yu.O., Truskavetskyi R.S. Sustainable development of land reclamation in Ukraine in the conditions of climate change.....	59
Sonko S.R., Trach V.V., Tonkha O.L. Evaluation of phytotoxic activity of peroxul herbicide using chitosan and colloid solutions.....	65
Tonkha O.L., Sychevskyy S.O., Kravchenko Yu.S., Kovalenko V.P. Seasonal dynamics of mobile potassium under winter wheat growing and various nutrients supplying of podzolized chernozem.....	70
BREEDING, SEED PRODUCTION	76
Vlasehchuk A.N., Shapar L.V., Drobit A.S., Misevich A.V., Shkoda E.A. Influence of technological elements on the formation of photosynthetic potential of annual sweet clover plants in rainfed lands in southern Ukraine.....	76
Kyrpa M.Ya., Stasiv O.F., Bodenko N.A., Lavrynenko Yu.O. Effect of freezing of maize hybrid seeds on their quality.....	82
OUR CURRENT REALITY	87
Serhii Zaiets, Anatolii Kovalenko. Information on the general state of sowing of winter crops (interview).....	87
AUTHOR INDEX	89

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 635.64:631.8:631.67.174(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.1>

ВПЛИВ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННОСТІ ТА УДОБРЕННЯ РОСЛИН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ПЛОДІВ ТОМАТА ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

БОНДАРЕНКО К.О. – науковий співробітник

orcid.org/0000-0003-4690-6361

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

КОСЕНКО Н.П. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-0877-6116

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. За умов регіональних змін клімату у зрошуваному землеробстві України варто використовувати інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на застосуванні інноваційних підходів з оптимізацією різних способів поливу і режимів зрошення, системи удобрення, обробітку ґрунту та захисту рослин [1]. У Степовій зоні України зосереджено 1 837,5 тис. га, що становить 87,2% зрошуваних земель. Тому ефективне та раціональне зрошення є важливим чинником в отриманні високих та сталих урожаїв сільськогосподарських культур [2]. Вивчення процесів водоспоживання в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволяє впливати на ріст і розвиток, зменшувати негативний вплив нестачі або надлишку вологи на рослини, розробити заходи, що зменшують непродуктивні її втрати [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Томат потребує оптимальної вологості ґрунту впродовж вегетації рослин [4]. Дослідженнями підтверджено загальні закономірності формування водоспоживання: мінімальна кількість вологи витрачається рослинами на початку вегетації, поступово вона збільшується в період наростання вегетативної маси і зменшується в кінці вегетації. Найбільшу кількість вологи рослини томата потребують у період цвітіння та плодоутворення [5]. Волога потрібна рослинам для проходження фізіологічних процесів та зумовлює прямопропорційну залежність між продуктивністю та вологозабезпеченістю рослин [6]. За недостатньої вологості ґрунту в період плодоутворення відзначається зменшення врожайності на 43,5% [7]. Режим краплинного зрошення перебуває в тісному зв'язку з метеорологічними параметрами, які безпосередньо впливають на фізичне випаровування та транспірацію (кількість атмосферних опадів, температура і відносна вологість повітря та сила вітру). Оптимальним діапазоном зволоження легких і середніх суглинків для просапних культур є вузький інтервал 85–95% найменшої вологоємності (далі – НВ). Залежність врожайності плодів томата від водоспоживання виражається коефіцієнтом детермінації $R = 0,97$ [8]. Краплинне зрошення забезпечує зменшення витрат води на сумарне водоспоживання томата на 30,5% порівняно з дощуванням і мікродощуванням завдяки зменшенню в балансі сумар-

них витрат води на полив та збільшенню частки опадів. Коефіцієнт водоспоживання за краплинного зрошення зменшується на 58,3–61,9% порівняно з дощуванням та мікродощуванням [9]. Більшість учених вважають, що найбільш оптимальний диференційований режим зрошення рослин томата за фазами розвитку рослин. Загальна закономірність зміни передполивної вологості має такий алгоритм: у період від висаджування розсади до початку цвітіння – помірне зволоження (75–80% НВ), у період цвітіння та плодоутворення – підвищений рівень зволоження (85–90% НВ), у період дозрівання плодів – зниження РПВГ до 70% НВ [8; 9; 10]. На врожайність та якість плодів істотно впливають сортові особливості рослин томата. Урожайність у польових умовах варіює в межах 32,4–151,8 т/га [11; 12].

Використання інтенсивних технологій вирощування овочевих рослин зумовлює зростання виносу із ґрунту значної кількості поживних елементів, що підвищує ефективність заходів з оптимізації мінерального живлення рослин [13]. Комплексне застосування органічних і мінеральних добрив не тільки збільшує врожайність томата на 36,94%, але й сприяє збереженню родючості ґрунту [14]. В умовах Півдня України (Херсонська обл.) проводились дослідження продуктивності гібрида СХД-277. Встановлено, що внесення добрив дозою $N_{230}P_{90}K_{60}$ сприяє збільшенню врожайності плодів томата вдвічі – 103,2 т/га [15]. Зрошення і застосування добрив дає можливість підвищити ефективність добрив у 1,5–2,5 рази порівняно з неполивними умовами [13]. Тому вивчення впливу умов вологозабезпеченості й удобрення рослин на врожайність плодів томата є актуальним.

Мета статті. Метою проведених досліджень було визначення врожайності плодів томата та сумарного водоспоживання рослин залежно від режимів їх зрошення й удобрення за краплинного зрошення на півдні України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження з вивчення використання вологи рослинами безрозсадного томата проводили впродовж 2014–2016 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України (далі – НААН). У польовому досліді

вивчали такі чинники: режими зрошення (фактор А): без зрошення (контроль); РПВГ 70% найменшої вологоємкості, 80% НВ, 90% НВ. Фактор В – удобрення рослин: без добрив (контроль); органічне добриво Біопроферм; мінеральні добрива $N_{108}P_{101}K_{72}$, що дорівнює в розрахунковому еквіваленті дозі органічних добрив. У досліді використовували сорт томата промислового типу Кумач селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Розміщення варіантів було здійснено методом розщеплених ділянок. Повторність досліді чотириразова. Під час закладання досліді і виконання супутніх досліджень керувались загально визначеними методичними рекомендаціями [17; 18]. Ґрунт дослідної ділянки темно-каштановий, середньосуглинковий, слабосолонцюватий. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становив 2,14%, загального азоту – 2,24%, рухомого фосфору й обмінного калію – відповідно 62 і 323 мг/кг абсолютно сухого ґрунту. Ґрунтові води залягають на глибині 8–10 м і практично не впливають на водно-повітряний режим зони активного водообміну. Попередником томата в досліді була пшениця яра. Дослідження проводили за умов краплинного зрошення. Призначення поливів здійснювали біометричним методом, кожні 10 діб проводили контроль вологості термостатно-ваговим методом. Органічне добриво Біопроферм вносили перед посівом томата локально безпосередньо в зону розташування кореневої системи із розрахунку 3 т/га. Біопроферм – органічне добриво, отримане методом термофільної біоферментації суміші курячого посліду, ґною ВРХ, торфу та тирси, містить макро- та мікроелементи, гумусові речовини, спори корисних ґрунтових мікроорганізмів (ТУ 24.1-36933042-001:2010). Хімічний склад: волога – 35–50; склад (% в абс. сух. реч.): органічна речовина – 65–70; азот (NO_2) – 2,0–3,0; фосфор (P_2O_5) – 1,7–2,8; калій (K_2O) – 1,0–2,0; кальцій (CaO) – 2,0–6,0%, Mg – 30 мг/кг, мікроелементи не менше: Fe – пр. 10 мг/кг; Cu – 60 мг/кг; B – 12 мг/кг; Zn – 15 мг/кг;

Mn – 20 мг/кг, а також Co, Mo. Кислотність (pH) – 6,5–7,5. Біопроферм використовується як: основне ефективне біодобриво для овочевих, зернових, плодово-ягідних, декоративних культур, основний компонент ґрунтосумішей для вирощування розсади овочевих рослин, підживлення, мульчуючий матеріал. Мінеральні добрива вносили методом фертигації через інжектор. За період вегетації застосовували інтегровану систему догляду за посівами, кількість і норми застосування препаратів встановлювали залежно від порога шкодочинності згідно з Переліком пестицидів, дозволених в Україні. Дисперсійний та кореляційний аналізи результатів досліджень проводили за використання комп'ютерної програми "Agrostat new".

Під час проведення досліджень використовували комплекс методів, а саме: польовий, лабораторний, вимірювально-розрахунковий, порівняльний, математично-статичний, системний аналіз.

Результати досліджень. На ефективність використання вологи та загальне водоспоживання рослинами томата впливали як режими зрошення, так і внесення добрив. Дослідження з визначення впливу різних режимів зрошення та живлення на врожайність плодів томата проводили з метою оптимізації ефективності використання поливної води. Аналіз показав, що сумарне водоспоживання рослин томата значно змінювалось залежно від рівня зволоження ґрунту та внесення добрив. Водоспоживання рослин томата залежно від умов періоду вегетації в неполивних умовах коливалось у межах 2 022,4–2 031,9 м³/га, за призначення поливів РПВГ 70% – 3 017,6–3 036,6 м³/га, за РПВГ 80% – 3 084,1–3 087,3 м³/га, за РПВГ 90% – 3 107,7–3 124,4 м³/га (табл. 1).

Збільшення передполивного порога вологості ґрунту в шарі 0–30 см зумовило однакову динаміку змін, а саме збільшення сумарного водоспоживання. За використання краплинного зрошення та підтри-

Таблиця 1 – Сумарне водоспоживання рослин томата залежно від режимів зрошення й удобрення, 2014-2016 рр.

№ з/п	Режим зрошення	Внесення добрив	Складники сумарного водоспоживання			Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Коефіцієнт водоспоживання, м ³ /т
			запаси вологи в ґрунті, м ³ /га	опаді, м ³ /га	норма зрошення, м ³ /га		
1.	Без зрошення	без добрив (контроль)	359,0	1 663,3	–	2 022,4	66
2.		мінеральне	360,8	1 663,3	–	2 024,1	64
3.		органічне	368,5	1 663,3	–	2 031,9	65
4.	70% НВ	без добрив	435,0	1 663,3	919,3	3 017,6	44
5.		мінеральне	450,5	1 663,3	919,3	3 033,2	43
6.		органічне	453,9	1 663,3	919,3	3 036,6	43
7.	80% НВ	без добрив	431,3	1 663,3	992,7	3 087,3	42
8.		мінеральне	428,3	1 663,3	992,7	3 084,3	40
9.		органічне	426,1	1 663,3	992,7	3 082,1	39
10.	90% НВ	без добрив	398,7	1 663,3	1 062,3	3 124,4	46
11.		мінеральне	382,0	1 663,3	1 062,3	3 107,7	44
12.		органічне	391,6	1 663,3	1 062,3	3 117,3	44

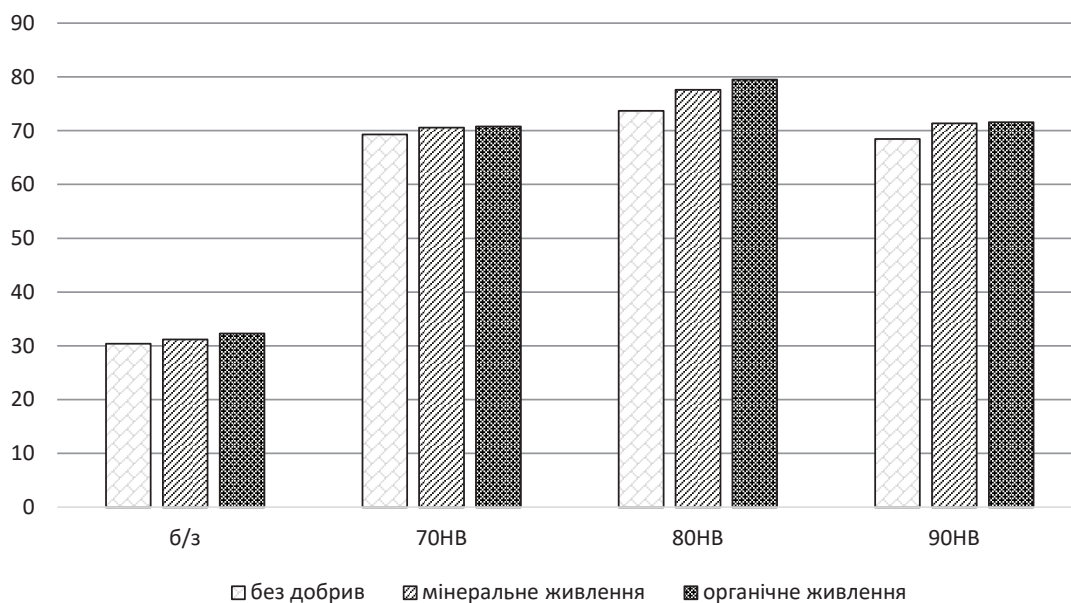


Рис. 1. Урожайність плодів томата сорту Кумач залежно від режимів зрошення й удобрення рослин

мання передполивної вологості ґрунту на рівні 70% НВ сумарне водоспоживання збільшилось на 49,0% порівняно з контролем, із ППВГ 80% НВ – на 21,0%, за ППВГ 90% НВ – на 53,0%. Застосування добрив сприяло активному росту та розвитку рослин, формуванню більшої надземної маси, що потребувало більшої кількості води. За внесення мінеральних добрив рослини томата залежно від режиму зрошення збільшили водоспоживання на 50,0–54,0%, але показники коефіцієнта водоспоживання свідчать про те, що сумарна вода використовувалась із більшою ефективністю. Нашими дослідженнями встановлено, що найбільш економічно вода витрачалась на формування одиниці врожаю томата у варіанті за умов підтримання передполивної вологості ґрунту на рівні 80% НВ та внесення органічного добрива. Так, коефіцієнт водоспоживання в цьому варіанті становив 39 м³/т, що в 1,7 разів менше, ніж на контролі (без зрошення), та в 1,1 рази менше, ніж на ділянках із ППВГ 90% НВ.

Збільшення норми зрошення в усіх варіантах, що досліджувалися, забезпечує більш раціональне використання води рослинами томата та створює найкращі умови для росту та розвитку рослин, що можна відстежувати в динамічному зростанні їхньої продуктивності (рисунк 1).

Найбільше вплинув на продуктивність рослин режим зрошення. На ділянках за зрошення та без внесення добрив урожайність плодів була із 69,3 до 73,7 т/га, за таких умов відзначено збільшення врожайності на 38,3–43,3 т/га порівняно з контролем. Застосування органічних та мінеральних добрив за умов зрошення дає значну прибавку врожайності плодів томата порівняно з неудобреними ділянками в неполивних умовах. Найбільшу врожайність (79,5 т/га) забезпечив варіант за ППВГ на рівні 80% НВ і внесення органічного добрива

Біоферм, що на 49,1 т/га перевищує контрольний варіант. За збільшення ППВГ до 90% НВ спостерігалось зменшення врожайності плодів на 6,4 т/га порівняно з варіантом за ППВГ 80% НВ.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що за безрозсадного способу вирощування томатів внесення добрив суттєво збільшує врожайність плодів за умов краплинного зрошення. У період вегетації рослинами сорту Кумач найбільш ефективно використовувались ґрунтові запаси води, ефективні опади та норма зрошення за дотримання режиму зрошення 80% НВ і локального внесення органічного добрива Біоферм. За цих умов отримано найбільшу врожайність плодів (79,5 т/га), сумарне водоспоживання рослин становило 3 082,1 м³/га, коефіцієнт водоспоживання був найменшим – 39 м³/т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р.А. Зрошення – головний елемент сучасних агротехнологій в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 11 (800). С. 67–74.
2. Ушкаренко В.О., Морозов В.В. Теоретичне обґрунтування еколого-агроекологічного моніторингу зрошуваних земель. *Перспективні напрями розвитку водного господарства, будівництва та землеустроювання*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Херсон: ЛТ-Оффіс, 2016. С. 28–31.
3. Пугач О.В., Пугач О.П. Водоспоживання сільськогосподарських культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Агрономія»*. 2010. № 14. С. 253–259.
4. Гиль Л.С., Пашковский А. И., Сулима Л.Т. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Житомир: Рута, 2012. 468 с.

5. Marouelli W.A., Silva W.L.C. Response of Drip-irrigated Processing Tomatoes to Water Regimes During Crop Fructification Stage. *J. Hort. Brasil.* 2006. № 24. P. 342–346.
6. Nemeskéri E., Helyes L. Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *J. Agronomy.* 2019. № 9 (8). P. 447. DOI:10.3390/agronomy9080447.
7. Development of Tomato Plants under Different Water Tensions in Soil During the Productive Stage / Marlla de Oliveira Hott et al. *J. IDESIA (Chile).* 2018. № 36 (3). P. 63–68.
8. Особливості режимів краплинного зрошення просяпних культур / М.І. Ромащенко та ін. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 93 (2). С. 51–56.
9. Васюта В.В. Сумарне водоспоживання та випаровування томата за різних способів поливу та глибини розрахункового шару ґрунту в південному регіоні України. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 93 (1). С. 61–66.
10. Григоров М.С., Кружилін К.Ю. Повышение эффективности возделывания томатов внедрением ресурсосберегающих технологий. *Ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии мелиорации, рекультивации и охраны земель.* Новочеркасск, 2004. С. 71–74.
11. Yeshiwas Y., Belew D., Tolessa K. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield and Fruit Quality Attributes as Affected by Varieties and Growth Conditions. *World J. Agric. Sci.* 2016. № 12 (6). P. 404–408. DOI: 10.5829/idosi.wjas.2016.404.408/
12. Шатковський А.П., Черевичний Ю.О. Водоспоживання та врожайність пасльонових культур за краплинного зрошення в умовах Степу України. *Меліорація і водне господарство.* 2013. Вип. 100. С. 27–33.
13. Технологія вирощування томата, цибулі ріпчастої в сівозміні: томат – цибуля ріпчаста – ячмінь озимий : методичні рекомендації / Р.А. Вожегова. Херсон : Гринь Д.С., 2013. 64 с.
14. Organic Soil Amendments : Implications on Fresh Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Yield, Weed Density and Biomass / J. Chipomho et al. *J. of Animal & Plant Sci.* 2018. № 28 (3). P. 845–853.
15. Ушкаренко В.О., Минкін М.В., Берднікова О.Г. Формування продуктивності гібридного томат СХД-277 залежно від мінерального живлення в умовах зрошення Півдня України. *Таврійський науковий вісник : науковий журнал.* Херсон : Гельветика, 2018. Вип. 100. Т. 2. С. 105–111.
16. Allahverdiyev E.I., Shirinova G.F., Asgerli L.Gh. The Factors Affecting to the Productivity of Tomato Cultured in Azerbaijan and Ways of Its Elimination. *Advances in Life Sci.* 2019. № 9 (1). P. 11–14. DOI: 10.5923/j.als.20190901.03.
17. Бондаренко Г.Л. Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. 3-є вид. Харків : Основа, 2001. 369 с.
18. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 286 с.
19. of Ukraine]. *Visnyk agrarnoyi nauky – Bulletin of agrarian science,* 28(3), 845–853. [in Ukrainian].
20. Ushkarenko, V.O., & Morozov, V.V. (2016). Teoretychne obgruntuvannya ekologo-agromelioryvnyogo monitorynguzroshuvanykhzemel[Theoreticalsubstantiation of ecological and agro-ameliorative monitoring of irrigated lands]: *Perspektivnye napravleniy arazvitiyavodnogo hozyaystva, stroitelstva i zemleustroystva: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Herson: LT-Offis,* 28–31 [in Ukrainian].
21. Pugach, O.V., & Pugach, O.P. (2010). Vodospozhyvannya silskogospodarskykh kultur na osushuvanykh torfovykh gruntakh Zakhidnoho Polissia [Water consumption by agricultural crops on drained peat soils of Western Polissya]. *Visnyk Lvivskogo NAU – Bulletin of Lviv NAU, Seriya Agronomiia,* 4, 253–259 [in Ukrainian].
22. Gil, L.S. Pashkovskiy, A.I., & Sulima, L.T. (2012). *Sovremennoe ovoschевodstvo zakrytogo i otkrytogo grunta [Modern vegetable growing in field and hothouse conditions].* Zhytomir: Ruta [in Russian].
23. Marouelli, W.A., & Silva, W.L.C. (2006). Response of Drip-irrigated Processing Tomatoes to Water Regimes During Crop Fructification Stage. *J. Hort. Brasil.,* 24, 342–346 [in English].
24. Nemeskéri, E., & Helyes, L. (2019). Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy,* 9 (8), 447. <https://doi:10.3390/agronomy9080447> [in English].
25. Marlla de Oliveira Hott, Edvaldo Fialho dos Reis, & Victor Luiz Souza Lima, et al. (2018). Development of Tomato Plants under Different Water Tensions in Soil During the Productive Stage. *J. IDESIA (Chile),* 36 (3), 63–68 [in English].
26. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., Zhuravlov, O.V., & Cherevychnyi, Yu.O. (2015). Osoblyvosti rezhymiv kraplynnoho zroshennia prosapny khkultur. [Features of drip irrigation regimes of row crops]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agrarian science,* 93 (2), 51–56 [in Ukrainian].
27. Vasiuta, V.V. (2015). Sumarne vodospozhyvannya ta vyparovuvannya tomata za riznykh sposobiv polyvu ta hlybyny rozrakhunkovoho sharu gruntu v pivdennomu rehioni Ukrainy. [Total water consumption and evaporation of tomato by different methods of irrigation and depth of the calculated soil layer in the southern region of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agrarian science,* 93 (1), 61–66 [in Ukrainian].
28. Grihorov, M.S., & Kruzhiilin, K.Yu. (2004). Povyishenie effektivnosti vzdelyvaniya tomato vnedreniem resursosberegayushchih tekhnologij [Improving the efficiency of tomato cultivation by introducing resource-saving technologie]. *Resursosberehaiushchye, ekolohycheski bezopasnyie tekhnolohyy melyoratsyy, rekultyvatsyy y okhranezemel.* Novoчеркасск [in Russian].
29. Yeshiwas, Y., Belew, D., & Tolessa, K. (2016). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield and Fruit Quality Attributes as Affected by Varieties and Growth Conditions. *World J. Agric. Sci.,* 12 (6), 404–408. <https://doi:10.5829/idosi.wjas.2016.404.408> [in English].
30. Shatkovskiy, A.P., & Cherevychnyi, Yu.O. (2013). Vodospozhyvannya ta vrozhainist paslonovykh kultur za kraplynnoho zroshennia v umovakh Stepu Ukrainy. [Water consumption and yield of nightshade crops of family *Solanaceae* under drip irrigation in the steppe of Ukraine].

REFERENCES:

1. Vozhegova, R. (2019). Zroshennia – holovnyi element suchasnykh agrotekhnolohii v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Irrigation is the main product of modern agricultural technologies in the northern steppe

Melioratsiia i vodnehospodarstvo –Land reclamation and water management, 100, 27–33 [in Ukrainian].

13. Vozhehova, R.A., Lyuta, Yu.O., Malyshev, V.V. et al. (2013). Tekhnolohiia vyroshchuvannia tomata, tsybuliripchastoi v sivozmini: tomat –tsybulia ripchasta – yachminozyumi: Metodychni rekomendatsii [Technology of growing tomatoes, onions in crop rotation: tomato-onions – winter barley. Guidelines]. Kherson : Hrin D.S. [in Ukrainian].

14. Chipomho, J., Mtali-Chafadza, L., Masuka, B.P., Murwir, M., Chabata, I., Chipomho, C., & Msindo, B. (2018). Organic Soil Amendments : Implications on Fresh Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Yield, Weed Density and Biomass. *J. of Animal & Plant Sci.*, 28 (3), 845–853 [in English].

15. Ushkarenko, V.O., Mynkin M.V., & Berdnikova, O.H. (2018). Formuvannia produktyvnosti hibrydnoho tomata SKhD-277 zalezno vid mineralnoho zhyvlennia v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy. [Formation of productivity of hybrid tomato SHD-277 depending on mineral nutrition in the conditions of irrigation of the south of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 100 (2), 105–111 [in Ukrainian].

16. Allahverdiyev, E.I., Shirinova, G.F., & Asgerli, L.Gh. (2019). The Factors Affecting to the Productivity of Tomato Cultured in Azerbaijan and Ways of its Elimination. *Advances in Life Sci.*, 9 (1), 11–14. <https://doi.org/10.5923/j.als.20190901.03> [in English].

17. Bondarenko, G.L., & Jakovenko, K.I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnyctvi i bashtannyctvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]. Hhakiv: Osnova [in Ukrainian].

18. Vozhehova, R.A. (2014). Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Herson: Grin D.S. [in Ukrainian].

Бондаренко К.О., Косенко Н.П. Вплив умов вологозабезпеченості та удобрення рослин на врожайність плодів томата за краплинного зрошення на Півдні України

Мета. Визначити врожайність плодів та сумарне водоспоживання рослин томата залежно від режимів зрошення й удобрення за краплинного зрошення на Півдні України. **Методи.** Використовували загальнонаукові методи: польовий, лабораторний, вимірювально-розрахунковий, порівняльний, математично-статистичний та системний аналіз. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що водоспоживання рослин томата залежно від умов періоду вегетації в неполиваних умовах коливалось у межах 2 022,4–2 031,9 кубічних метрів на гектар, за призначення поливів РПВГ 70% – 3 017,6–3 036,6 кубічних метрів на гектар, за РПВГ 80% – 3 084,1–3 087,3 кубічних метрів на гектар, за РПВГ 90% – 3 107,7–3 124,4 кубічних метрів на гектар. Збільшення передполивного порога вологості ґрунту в шарі 0–30 сантиметрів зумовили однакову динаміку змін, а саме збільшення сумарного водоспоживання. На формування одиниці врожаю плодів томата найбільш економічно волога витрачалась за умов підтримання передполивної вологості ґрунту на рівні 80% найменшої вологості та внесення сучасного органічного добрива Біопроферм. Коефіцієнт водоспоживання в цьому варіанті становив 39 кубічних метрів на тону, що

в 1,7 раз менше, ніж у контролі, та в 1,1, ніж на ділянках із ППВГ 90% найменшої вологості. На ділянках із найбільшою вологозабезпеченістю відзначено зменшення врожайності і збільшення коефіцієнта водоспоживання порівняно з 80% найменшої вологості. Найбільшу врожайність (79,5 тонн на гектар) забезпечив варіант за ППВГ на рівні 80% найменшої вологості і внесення органічного добрива Біопроферм, що на 49,1 тонн на гектар перевищує контрольний варіант. **Висновки.** За безрозсадного способу вирощування томатів внесення добрив суттєво збільшує врожайність плодів в умовах краплинного зрошення. На продуктивність рослин найістотніше впливає режим зрошення. За підтримання передполивної вологості ґрунту на рівні 80% найменшої вологості та внесення інноваційного органічного добрива Біопроферм зазначено найбільшу врожайність та найменший коефіцієнт водоспоживання.

Ключові слова: тоmat, режими зрошення, удобрення, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, продуктивність.

Bondarenko K.O., Kosenko N.P. Influence of moisture supply and plant fertilization conditions on tomato fruit yield under drip irrigation in the south of Ukraine

Purpose. To determine fruit yield and total water consumption of tomato plants depending on irrigation and fertilization regimes at drip irrigation in the conditions of the Southen of Ukraine. **Methods.** Studies have shown that the water consumption of tomato plants, depending on the conditions of the growing season in non-irrigated conditions ranged from 2 022,4 to 2 031,9 m³/ha, for the appointment of irrigation 70% – 3 017,6–3 036,6 m³/ha, for 80% – 3 084,1–3 087,3 m³/ha, for 90% – 3 107,7–3 124,4 m³/ha. The increase of the pre-irrigation threshold of soil moisture in the layer of 0–30 cm caused the same dynamics of changes, namely, the increase of total water consumption. For the formation of the unit of tomato fruit yield, the most economical moisture was spent under the conditions of maintaining the pre-irrigation soil moisture at the level of 80% lowest moisture content and the introduction of modern organic fertilizer Bioproferm. The water consumption coefficient in this variant was 39 m³/t, which is 1,7 times less than in the control and 1.1 times less than in areas with 90% lowest moisture content. In the areas with the highest moisture supply, a decrease in yield and an increase in the water consumption coefficient compared to 80% of lowest moisture content was noted. The highest yield (79,5 t/ha) was provided by the PPVG variant at the level of 80% lowest moisture content and the application of Bioproferm organic fertilizer, which is 49,1 t / ha higher than the control variant. **Conclusions.** In the seed lingless cultivation method, the application of fertilizers significantly increases the yield of fruits under conditions of drip irrigation. Irrigation regime had the most significant effect on the productivity of tomato plants. The highest yield and the lowest water consumption coefficient were noted for maintaining the pre-irrigation soil moisture at the level of 80% of lowest moisture content and the application of modern organic fertilizer Bioproferm.

Key words: tomato, irrigation regime, fertilizers, total water consumption, productivity.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЗРОШЕННІ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
МАЛЯРЧУК А.С. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-5845-269X

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
КОТЕЛЬНИКОВ Д.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-8889-8841

Фермерське господарство «ЮКОС і К»

РЕЗНІЧЕНКО Н.Д. – учений секретар
orcid.org/0000-0002-5741-6379

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Високопродуктивне функціонування агропромислового комплексу України в умовах підвищення посушливості клімату можливе лише за інтенсивної системи землеробства, що базується на застосуванні зрошення, органо-мінеральних систем удобрення з використанням післяжнивних решток і сидеральних культур та диференційованих систем основного обробітку з використанням комбінованих багатоопераційних ґрунтобробних знарядь полицевого і безполицевого типу, сівалок для сівби в попередньо необроблений ґрунт [1].

Крім необхідності вирішення проблеми ресурсозбереження на тлі отримання стабільно високих урожаїв сільськогосподарських культур, науково обґрунтовані системи обробітку ґрунту й удобрення повинні забезпечувати збереження родючості ґрунтів, захист їх від ерозійних та деградаційних процесів [2].

За економічною, енергетичною й екологічною оцінкою частка систем удобрення й основного обробітку у формуванні врожаю досягає 60–70% [3].

Зважаючи на високу вартість мінеральних добрив, високу питому вагу основного обробітку в сумарних витратах на технології вирощування, підхід до вибору оптимального способу і глибини розпушування ґрунту, доз внесення мінеральних добрив визначає рівень прибутковості та рентабельності виробництва [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Урожайність сільськогосподарських культур та продуктивність сівозмін на поливних землях формується не тільки під впливом зрошення, але й завдяки застосуванню науково обґрунтованих систем удобрення й основного обробітку ґрунту [1; 2; 3].

Основний обробіток ґрунту завжди був і поки що залишається основою, на якій базуються всі системи землеробства, і є одним із найважливіших агротехнічних заходів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, який істотно впливає на агрофізичні властивості, водний і поживний режими ґрунту, формує напрями перебігу ґрунтоутворних процесів [4; 5].

На відміну від органічних і мінеральних добрив, механічний обробіток не додає у ґрунт речовину чи енергію,

а спричиняє істотні зміни у співвідношенні твердої, рідкої та газоподібної фаз ґрунтової системи [6; 7].

Способи і глибина основного обробітку під сільськогосподарські культури та системи обробітку в сівозмінах на зрошуваних землях, що формуються відповідно до спеціалізації господарств, повинні бути спрямовані на зменшення витрат антропогенної енергії, зниження темпів мінералізації органічної речовини та запобігання деградаційним процесам [8].

Інтенсифікація промислового виробництва спричинює зміну багатьох завдань обробітку ґрунту, основними з яких стають: посилення протиерозійного використання післяжнивних решток, забезпечення екологізації систем землеробства [9].

Ефективним напрямом ресурсозбереження під час вирощування сільськогосподарських культур є впровадження технології “No-till” – застосування «прямої сівби», тобто сівби в попередньо не оброблений ґрунт. Систему землеробства “No-till” широко використовують в Аргентині, Канаді, США, низці європейських країн із високорозвиненим сільськогосподарським виробництвом, на загальній площі понад 100 млн га. У світовому землеробстві «пряма сівба» асоціюється з технологією вирощування високих і якісних урожаїв конкурентоспроможної продукції на основі ресурсозбереження, бездефіцитного балансу гумусу у ґрунті та мінімальної шкоди для навколишнього середовища [10].

В умовах зрошення внаслідок надходження великої кількості вологи спостерігається трансформація еколого-меліоративних показників ґрунтів із проявом негативних тенденцій ерозії, осолонцювання, ущільнення, кіркоутворення, а також зниження вмісту гумусу й органічної речовини.

Також необхідно зазначити, що великого значення набуває облік витрат ресурсів на одиницю отриманої продукції кожної культури сівозміни. Насамперед позитивно впливає на рослини комплекс агротехнічних чинників – зрошення, добрива й обробіток ґрунту, що зумовлено підвищенням інтенсивності продукційних процесів,

як результат – отримання максимального рівня врожайності та якості продукції.

Мета статті. Дослідити вплив основного обробітку ґрунту на агрофізичні показники, подальший його вплив на продуктивність сівозміни. Обґрунтувати еколого-економічну ефективність застосування різних систем основного обробітку й органо-мінеральних систем удобрення у зрошуваній сівозміні. Завдання дослідження полягало у визначенні впливу різних систем основного обробітку на продуктивність короткоротаційної сівозміни, еколого-економічних параметрів використання мінімізованого та нульового обробітку ґрунту, різних систем удобрення та сидерації.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились протягом 2009–2019 рр. на дослідних полях Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошеного землеробства Національної аграрної академії наук (далі – НААН) України, яка розташована в зоні дії Каховської зрошувальної системи, у чотирипільній сівозміні з наступним чергуванням культур: кукурудза на зерно, пшениця озима, кукурудза, ячмінь озимий та соя. Дослідження проводились відповідно до вимог загальноприйнятих методик проведення досліджень.

Фактор А (система основного обробітку ґрунту):

Диференційована система основного обробітку ґрунту (контроль), яка передбачає оранку на глибину 28–30 см під просапні культури та дискове розпушування на 12–14 см під озимі зернові.

Безполицева мілка одноглибинна система основного обробітку ґрунту, яка передбачає дискове розпушування на 12–14 см під всі культури сівозміни.

Система безполицевого різноглибинного обробітку, яка передбачає чизельний обробіток на 28–30 см під просапні культури та на 23–25 см під озимі зернові культури.

Нульова система основного обробітку із сівбою спеціальними сівалками в попередньо необроблений ґрунт.

Дослідження проводились на тлі органо-мінеральних систем удобрення з різними дозами внесення азоту (фактор В):

1. $N_{90}P_{40}$ + післяжнивні рештки.
2. $N_{105}P_{40}$ + післяжнивні рештки.
3. $N_{120}P_{40}$ + післяжнивні рештки.

ґрунт дослідного поля темно-каштановий середньо-суглинковий, з низькою забезпеченістю нітратами та середньою – рухомим фосфором і обмінним калієм. Режим зрошення забезпечував підтримання передпільного порога зволоження під посівами культур сівозміни на рівні 70% найменшої вологості (далі – НВ) у шарі ґрунту 0–50 см.

Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи, загально визнані в Україні методики і методичні рекомендації [11].

Розрахунок балансу гумусу проводили за допомогою рівнянь лінійної регресії для визначення маси рослинних решток за врожайністю основної продукції, розроблених ученими Навчально-наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії НААН» [12].

Результати досліджень. Результати досліджень щільності складення шару ґрунту 0–40 см на початку вегетації сільськогосподарських культур свідчать, що зменшення глибини розпушування та застосування нульового обробітку приводить до підвищення щільності складення. Найбільш високою щільність складення в шарі ґрунту 0–40 см, на початку вегетації, формувалась за безполицевої одноглибинної мілкої та нульової систем основного обробітку ґрунту з показниками 1,27 та 1,29 г/см³, що вище, ніж на контролі, на 5,7 та 4,0% (табл. 1).

Таблиця 1 – Щільність складення темно-каштанового ґрунту за різних систем основного обробітку, початку вегетації в середньому за 2009–2016 рр., г/см³

Система обробітку ґрунту (А)	Шар ґрунту, см	Культура сівозміни				
		кукурудза	ячмінь озимий	соя	пшениця озима	середнє
1	2	3	4	5	6	7
Диференційована	0–10	1,03	1,05	1,04	1,10	
	10–20	1,15	1,28	1,29	1,34	
	20–30	1,20	1,34	1,28	1,35	
	30–40	1,25	1,24	1,21	1,30	
	0–40	1,16	1,23	1,21	1,27	1,22
Безполицева мілка	0–10	1,14	1,14	1,15	1,14	
	10–20	1,32	1,33	1,31	1,35	
	20–30	1,31	1,32	1,30	1,33	
	30–40	1,28	1,29	1,29	1,28	
	0–40	1,26	1,27	1,26	1,28	1,27
Безполицева різноглибинна	0–10	0,94	1,17	1,12	1,08	
	10–20	1,16	1,17	1,19	1,18	
	20–30	1,19	1,31	1,26	1,31	
	30–40	1,25	1,35	1,20	1,33	
	0–40	1,14	1,25	1,19	1,23	1,20

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
Нульовий обробіток	0–10	1,25	1,24	1,29	1,29	
	10–20	1,28	1,28	1,28	1,28	
	20–30	1,32	1,33	1,31	1,30	
	30–40	1,28	1,09	1,35	1,48	
	0–40	1,28	1,24	1,31	1,34	1,29
$\text{HIP}_{05}, \text{г/см}^3$						0,01

Використання системи диференційованого обробітку ґрунту зменшило щільність складання до $1,22 \text{ г/см}^3$, а найрозпушеніший сформувався за різноглибинного безполицевого обробітку $1,20 \text{ г/см}^3$, що менше за контроль на 4%, за мінімізований – на 5,8%, за нульовий – на 7,5%. Зміни в щільності складання залежно від системи удобрення були несуттєвими.

Так, і в кінці вегетації в шарі ґрунту 0–40 см найменшими показниками щільності відзначилась система безполицевого різноглибинного обробітку ґрунту $1,26 \text{ г/см}^3$. Використання нульового обробітку приводило до збільшення щільності на 3,8% порівняно з контролем, що фактично сформувало найвищі показники в досліді. Такі ж показники ($1,36 \text{ г/см}^3$) спостерігались і за безполицевого мілкого обробітку, що більше за контроль у середньому на 3%, або $0,05 \text{ г/см}^3$.

Результати розрахунків пористості на початку вегетації в шарі ґрунту 0–40 см показали, що використання безполицевого різноглибинного обробітку сформувало максимальні показники 53,9%, але в середньому за роки дослідження вони були на рівні контролю 53,4% (рис. 1).

Довготривале застосування мілкого безполицевого обробітку в сівозміні привело до зниження пористості

в середньому на 2% порівняно з контролем. Водночас застосування нульового обробітку привело до найменших показників пористості в досліді – 50,5%, що менше за контроль на 2,9%.

Збільшення щільності складання та зменшення пористості негативно позначились і на водопроникності темно-каштанового ґрунту. Так, найбільшими показниками відзначилась система безполицевого різноглибинного та мілкого одноглибинного обробітку ґрунту – 3,73 та 3,83 мм/хв, що фактично більше контрольного варіанта на 16%.

Також варто зазначити, що використання нульового обробітку ґрунту в сівозміні привело до найменших показників пористості в досліді ($2,33 \text{ мм/хв}$) у середньому по сівозміні, або менше порівняно з контролем на 41,6%.

Облік урожайності сільськогосподарських культур та визначення продуктивності короткоротаційної сівозміни дали можливість встановити, що за системи мілкого безполицевого розпушування продуктивність була на рівні контролю 7,86–8,78 з. о., залежно від системи удобрення, а застосування сіви в попередньо необроблений ґрунт привело до зниження продуктивності на 14,3%. Найбільша продуктивність в досліді була отри-

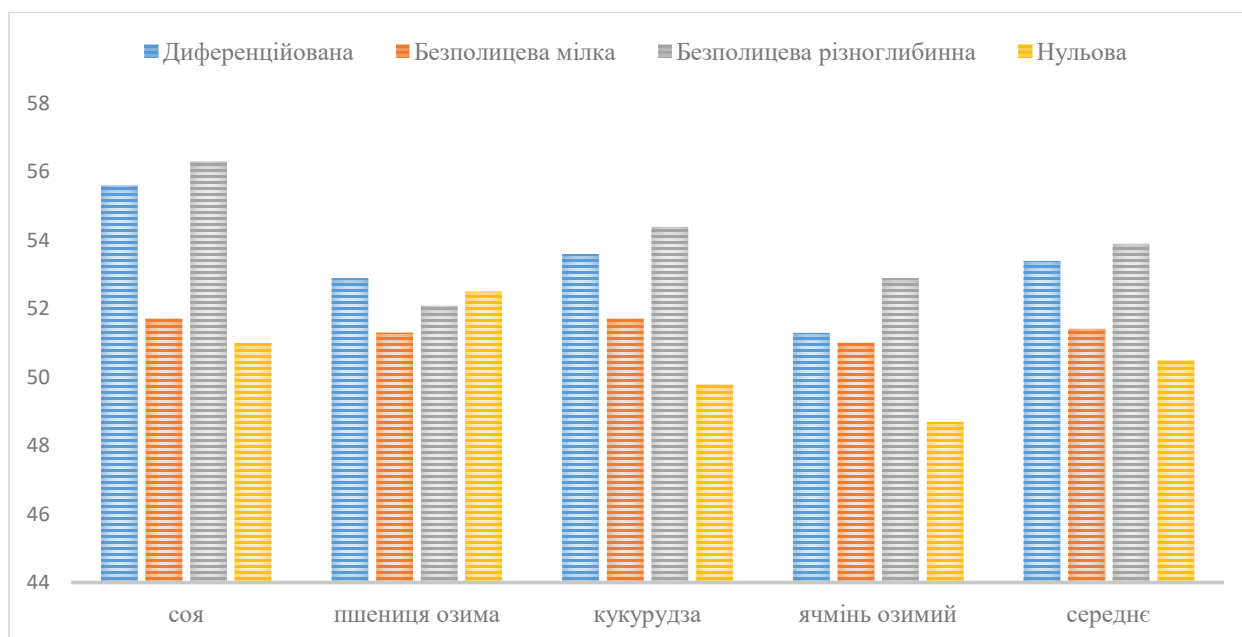


Рис. 1. Пористість у шарі ґрунту 0–40 см на початку вегетації залежно від основного обробітку на початку вегетації в середньому за 2009–2016 рр., %

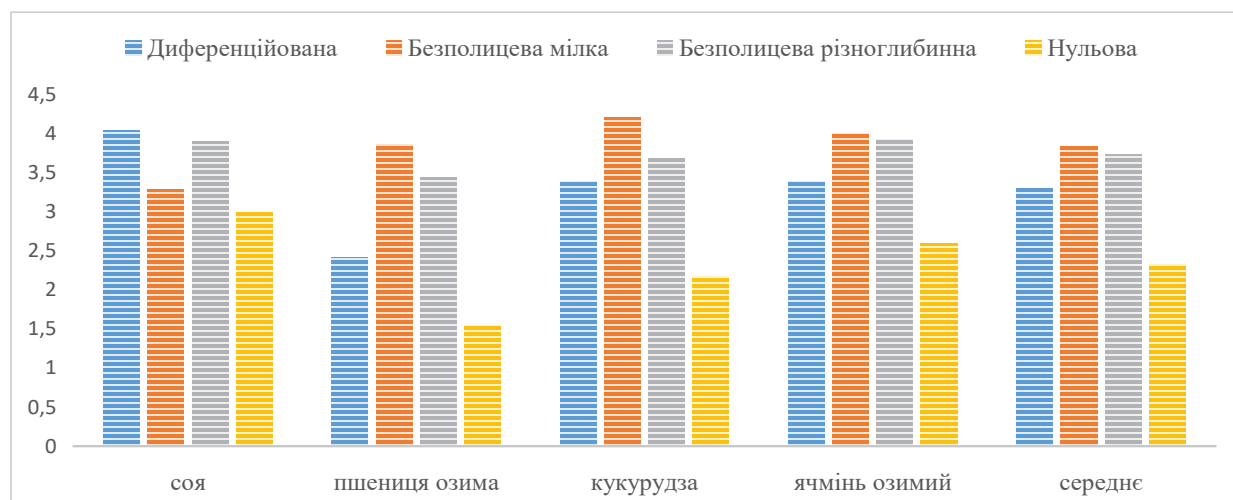


Рис. 2. Водопроникність у шарі ґрунту 0–40 см за різних способів і глибини обробітку ґрунту на початку вегетації за 2009–2016 рр., мм/хв

мана за безполицевої різноглибинної системи основного обробітку, яка залежно від доз внесення азотних добрив коливалась в межах 7,87–8,99 з. о. т/га.

Водночас варто відзначити вплив системи удобрення на продуктивність сівозміни. Так, за варіанта внесення $N_{90}P_{40}$ залежно від системи основного обробітку ґрунту вона коливалась в межах 6,97–8,06 з. о. т/га, залежно від системи основного обробітку ґрунту. Підвищення норми добрив до $N_{105}P_{40}$ привело до збільшення продуктивності – 7,18–8,45 з. о. т/га, залежно від системи основного обробітку ґрунту в сівозміні, або в середньому на 4,4% (табл. 2).

Максимальні показники в досліді – 7,54–8,99 з. о. т/га, залежно від основного обробітку ґрунту, були отримані за системи удобрення $N_{120}P_{40}$, що фактично збільшило продуктивність сівозміни в середньому на 10,1% порівняно з контрольним варіантом у досліді.

Висновки. Унаслідок проведених досліджень встановлено, що застосування системи безполицевого різноглибинного обробітку в сівозміні формує найменшу щільність складення в досліді на рівні 1,20 г/см³ на початку та 1,26 г/см³ в кінці вегетації культур сівозміни, що в середньому на 4% менше порівняно з контролем. Також варто зазначити, що за безполицевого різногли-

Таблиця 2 – Продуктивність короткоротаційної сівозміни на зрошенні за різних систем основного обробітку ґрунту й удобрення, т/га

Система основного обробітку ґрунту	Продуктивність культур з. о. т/га				Продуктивність сівозміни (з. о.)
	Соя	Озима пшениця	Кукурудза	Озимий ячмінь	
$N_{90}P_{40}$					
Диференційована	4,79	7,94	11,97	7,00	7,93
Безполицева мілка	4,92	7,63	11,68	7,20	7,86
Безполицева різноглибинна	4,80	7,80	12,37	7,28	8,06
Нульова	4,28	6,72	10,70	6,18	6,97
$N_{105}P_{40}$					
Диференційована	5,07	8,13	12,63	7,09	8,23
Безполицева мілка	5,48	7,96	12,45	7,38	8,32
Безполицева різноглибинна	5,39	8,01	13,00	7,41	8,45
Нульова	4,58	6,72	11,06	6,34	7,18
$N_{120}P_{40}$					
Диференційована	5,16	8,66	13,15	7,58	8,64
Безполицева мілка	5,29	8,72	13,01	8,11	8,78
Безполицева різноглибинна	5,31	8,97	13,84	7,82	8,99
Нульова	4,76	7,33	11,30	6,76	7,54

бинного обробітку збільшилась пористість на 2% та водопроникність на 16%, що і сформувало в подальшому найбільшу продуктивність в сівозміні 7,87–8,99 з. о. т/га, залежно від системи удобрення. Водночас застосування нульового обробітку ґрунту привело до зменшення пористості на 2,9% та водопроникності на 41,6%, що в подальшому відображається на продуктивності культури сівозміни, яка знизилась у середньому на 14,3%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ЕКМО, 2007. 44 с.
2. Сви́динюк І.М. Особливості переходу на технологію no-till. *Посібник українського хлібороба* : науково-практичний щорічник. 2010. С. 98–100.
3. Системи землеробства на зрошуваних землях України / за наук. ред. Р.А. Вожегової. Київ : Аграрна наука, 2014. 360 с.
4. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів : організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти : колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. Харків : Смуґаста типографія, 2015. 432 с.
5. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. Київ : Аграрна наука, 2012. 28 с.
6. Мінімізація обробітку ґрунтів України / В.В. Медведєв та ін. Харків, 2004. 86 с.
7. Еколого-агрономеліоративний моніторинг зрошуваних земель із застосуванням ГІС : практикум / В.В. Морозов та ін. Херсон : ХДАУ, 2004. 163 с.
8. Собко А.А. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Киев, 1985. 16 с.
9. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. Київ : Аграрна наука, 2002. 146 с.
10. Лебідь Є.М., Андрусенко І.І., Пабат І.А. Сівозміни в інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.
11. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві : монографія / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2013. 403 с.

REFERENCES:

1. Saiko, V.F., & Malienko, A.M. (2007). *Systemy obrobittu gruntu v Ukraini* [Soil cultivation systems in Ukraine]. Kyiv: EKMO [in Ukrainian]
2. Svydyniuk I.M. (2010). *Osoblyvosti perekhodu na tekhnolohiiu no-till* [Peculiarities of the transition to no-till technology]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba: nauk.-prakt. shchorichnyk – Manual of Ukrainian farmers: scientific practice yearbook*, 98–100 [in Ukrainian].
3. Vozhehova R.A. (Ed.). (2014). *Systems of agriculture on irrigated lands of Ukraine*. Kyiv: Ahrar. nauka.
4. Baliuk, S.A. & Kucher, A.V. (Eds.). (2015). *Rational use of soil resources and reproduction of soil fertility: organizational-economic, ecological and normative-legal aspects: collective monograph*. Kharkiv: Smuhasta typhrafiia.
5. Romashchenko M.I. (2012). *Naukovi zasady rozvytku zroshennia zemel v Ukraini* [Scientific principles of land irrigation development in Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
6. Medviediev, V.V., Hrabak, N.Kh. (2004). *Minimizatsiia obrobittu gruntiv Ukrainy* [Minimization of tillage of Ukraine]. Kharkiv [in Ukrainian].

7. Morozov, V.V., Hamaiunova, V.V., & Morozov O.V. [in.]. *Ekoloho-ahromelioryatyvnyi monitorynh zroshuvanykh zemel iz zastosuvanniam HIS : praktykum* [Ecological and agro-ameliorative monitoring of irrigated lands with the use of GIS: workshop]. Kherson: KhDAU [in Ukrainian]

8. Sobko, A.A. (1985). *Puty povishenyia efektyvnosti oroshayemoho zemledelyia* [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture]. Kiev: Znannia [in Ukrainian]

9. Saiko, V.F., Boiko, P.I. (Eds.) (2002). *Crop rotation in agriculture of Ukraine*. Kiyiv: Ahrarna nauka.

10. Lebid Ye.M., Andrusenko, I.I., & Pabat, I.A. (1992) *Sivozminy v intensyvnomu zemlerobstvi* [Crop rotation in intensive agriculture]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]

11. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., & Holoborod'ko, S.P., Kokovikhin, S.V. (2013). *Statystychnyy analiz rezul'tativ pol'ovykh doslidiv u zemlerobstvi* [Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture]. Kherson: Aylant [in Ukrainian].

Вожегова Р.А., Малярчук А.С., Котельников Д.І., Резніченко Н.Д. Продуктивність просапної сівозміни за різних систем удобрення і основного обробітку ґрунту на зрошенні Півдня України

У статті відображено результати досліджень із вивчення щільності складення на початку та в кінці вегетації залежно від систем основного обробітку ґрунту, подальший вплив на показники пористості та водопроникності ґрунту. Водночас отримана інформація щодо впливу різних систем на показники продуктивності сівозміни. **Мета** досліджень – визначення впливу основного обробітку ґрунту на фізико-механічні показники темно-каштанового ґрунту, подальшого його впливу на продуктивність культур сівозміни. **Методи**. Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи та загально визнані в Україні методики і методичні рекомендації. **Результати**. Дослідження проводились протягом 2009–2019 років на дослідних полях Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства Національної аграрної академії наук. У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування системи безполицевого різноглибинного обробітку в сівозміні формує найменшу щільність складення в досліді на рівні 1,20 грама на кубічний сантиметр на початку та 1,26 грама на кубічний сантиметр у кінці вегетації культур сівозміни, що в середньому на 4% менше порівняно з контролем. Також варто зазначити, що за системи безполицевого різноглибинного обробітку збільшились пористість на 2% та водопроникність на 16%. **Висновки**. Облік урожайності сільськогосподарських культур та визначення продуктивності короткочасної сівозміни дали можливість встановити, що за системи мілкового безполицевого розпушування продуктивність була на рівні контролю 7,86–8,78 з. о., залежно від системи удобрення, а застосування сівби в попередньо необроблений ґрунт привело до зниження продуктивності на 14,3%. Найбільша продуктивність в досліді була отримана за безполицевою різноглибинною системою основного

обробітку, яка залежно від доз внесення азотних добрив коливалась в межах 7,87–8,99 з. о. тонн на гектар, залежно від системи удобрення. Водночас застосування нульового обробітку ґрунту привело до зменшення пористості на 2,9% та водопроникності на 41,6%, що в подальшому відображається на продуктивності культур сівозміни, яка знизилась в середньому на 14,3%.

Ключові слова: сівозміна, продуктивність сівозміни, щільність складення, пористість, водопроникність.

Vozhegova R.A. Malyarchuk A.S., Kotelnikov D.I., Reznichenko N.D. Productivity of row crop rotation under different systems of fertilizers and basic tillage at irrigation of the south of Ukraine

The article reflects the results of research on the density of formation at the beginning and end of the growing season depending on the systems of the main tillage and the subsequent impact on the porosity and water permeability of the soil. At the same time, information was obtained on the impact of different systems on crop rotation productivity indicators. Ukraine methods and guidelines. The research was conducted during 2009–2019 in the research fields of the Askaniya DSDS IZZ NAAS of Ukraine. As a result of research, it was found that

the use of a system of shelfless multi-depth tillage in crop rotation forms the lowest density of folding in the experiment at 1,20 g/cm³ at the beginning and 1,26 g/cm³ at the end of crop rotation vegetation, which is on average 4% less than with control. It should also be noted that porosity systems of different depths increased porosity by 2% and water permeability by 16%. Accounting for crop yields and determining the productivity of short-rotation crop rotation made it possible to establish that under the system of shallow tillage productivity was at the level of control 7,86-8,78 e. u., depending on the fertilizer system, and the use of sowing in previously untreated soil, led to decrease in productivity by 14,3%. The highest productivity in the experiment was obtained with a shelfless different depth of the main tillage system, which, depending on the doses of nitrogen fertilizers ranged from 7,87 to 8,99 e. u. t/ha, depending on the fertilizer system. At the same time, the application of zero tillage led to a decrease in porosity by 2,9% and water permeability by 41,6%, which further affects the productivity of crop rotations, which decreased by an average of 14,3%.

Key words: crop rotation, crop rotation productivity, folding density, porosity, water permeability.

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ХОЛЬДРІДЖА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕВАПОТРАНСPIРАЦІЇ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ЛИХОВИД П.В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

БІЛЯЄВА І.М. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0003-0688-4209

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ЛАВРЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-3491-1438

Херсонський державний аграрно-економічний університет

БОЙЦЕНЮК Х.І. – аспірант

orcid.org/0000-0002-6572-7003

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Важливим етапом розроблення режимів зрошення сільськогосподарських культур є первинна оцінка дефіциту вологозабезпечення, яка насамперед здійснюється шляхом вивчення водного балансу зони. Одним із найбільш простих методів оцінки дефіциту вологозабезпечення є пряме порівняння приходу природної вологи з опадами, ґрунтовими водами тощо із прямими витратами вологи із земної поверхні, вираженими за допомогою евапотранспірації (випаровуваність). Натепер еталонним методом розрахунку евапотранспірації згідно з ФАО, інтегрованим у низку програмних продуктів для симуляції витрат вологи та продуктивності сільськогосподарських культур залежно від водного режиму, як-от CROPWAT 8.0, AquaCrop, EVAPO тощо, є рівняння Пенмана – Монтейта [1–3]. Даний метод є практично незамінним для визначення добової евапотранспірації, утім, під час оцінки річних показників у кліматології досить привабливим виглядає метод Хольдріджа, який не потребує великого об'єму вхідних метеорологічних даних для проведення розрахунків, показник евапотранспірації встановлюється лише за показниками температурного режиму за розрахунковою величиною біотемператури [4]. Незважаючи на простоту та доступність методики, її відносно тривалий час використання (з 50-х рр. ХХ ст.), даний метод практично не висвітлений та мало імплементується у вітчизняній практиці встановлення евапотранспірації. Найбільш поширений метод Хольдріджа у кліматології, де за ним виконано розподіл природних рослинних угруповань за зонами та класами [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методика розрахунку евапотранспірації за Хольдріджем, в основу якої покладено просте рівняння виду $58,93 \times \text{БТ}$ (БТ – біотемпература, тобто сума температур за річний період вище 0 °С, водночас температури нижче 0 °С приймаються за нуль), є досить поширеною у працях не тільки кліматологів, але й дослідників сільськогосподарського профілю. Незважаючи на те, що рівняння Хольдріджа в основному має використовуватися у кліматології для

оцінки посушливості клімату, оскільки воно розраховує потенційну, а не референсну евапотранспірацію, як рівняння Пенмана – Монтейта, та потребує коригування для прямого впровадження в агрономічну практику, було проведено низку наукових пошуків щодо можливості взаємозаміни двох вищезазначених методик [6; 7]. Той факт, що метод Хольдріджа відрізняється високою простотою та зрозумілістю, потребує ретельного вивчення можливості його застосування в реаліях аграрної практики. Утім, аналіз наукових джерел показав практичну відсутність наукових праць у цьому напрямі.

Мета статті. Оцінити можливості та доцільність застосування методу Хольдріджа для визначення річної потенційної евапотранспірації для визначення вологодефіциту та коригування режимів зрошення на прикладі Херсонської області шляхом порівняння результатів оцінки агрометеорологічного показника з еталонними розрахунками у програмі ФАО ET₀ Calculator, що використовує алгоритм Пенмана – Монтейта (референсна евапотранспірація), а також запропонувати можливий варіант перерахунку потенційної евапотранспірації в референсну.

Матеріали та методика досліджень. Для проведення досліджень було використано архівні метеодані Херсонської гідрометеорологічної станції за період із 1973 по 2019 рр. (за винятком 1990 р. як такого, що не мав повних даних, необхідних для виконання розрахунків). Визначення потенційної евапотранспірації виконували за методом Хольдріджа [4], визначення референсної евапотранспірації виконували за допомогою програми ET₀ Calculator за скороченим рівнянням Пенмана – Монтейта (з використанням даних щодо максимальної, середньої та мінімальної температури повітря, відносної вологості повітря, швидкості вітру тощо) [8]. Порівняння отриманих розрахункових величин евапотранспірації виконували у програмі Microsoft Excel 365 шляхом розрахунку абсолютної похибки у відсотках [9]. Лінійні тренди та прогнози динаміки евапотранспірації було здійснено за допомогою функції лінійного

прогнозу Microsoft Excel 365. Регресійний аналіз даних виконували у програмному комплексі BioStat v7. Усі статистичні розрахунки здійснювали для рівня достовірності 95%.

Результати досліджень. За результатами розрахунків було встановлено, що потенційна евапотранспірація, калькульована за методом Хольдріджа, виявилася нижчою за величину референсної евапотранспірації за Пенманом – Монтейтом у всі роки (1973–2019 рр.). У середньому похибка розрахунків становила 37,03%. Найбільш помітна різниця в період від 2010 р., саме той час, коли глобальні кліматичні зміни почали проявлятися найбільш яскраво, що могло вплинути на точність розрахунків за методикою Хольдріджа, яка розроблялася в часи, коли стрімких змін клімату в бік потепління ще не було. Крім того, помітно, що загальний тренд щодо динаміки евапотранспірації за роками дослідження має однаковий ухил до зростання, але різну крутизну (рис. 1).

Проте за результатами регресійного аналізу розрахункових даних встановлено, що можна вивести з досить високою точністю (похибка 11,41%) величину референсної евапотранспірації з величини потенційної, розрахованої за Хольдріджем (табл. 1).

Нижче наведено графік апроксимації референсної евапотранспірації, розрахованої за пропонованою

формулою, з еталоном розрахунком за рівнянням Пенмана – Монтейта (рис. 2).

За графіком апроксимації помітне істотне поліпшення якості розрахунку за Хольдріджем, що надає потенційну можливість застосування методики в аграрному секторі.

Висновки. Метод Хольдріджа є простим у використанні, але не надає можливості оцінити з високою точністю референсну евапотранспірацію, занижує її річну величину по Херсонській області на 37,03%. Особливо це простежується в останні роки (із 2010 р.), з початком різких кліматичних змін, напевно, тому що рівняння Хольдріджа було розроблено в період значно стабільнішого кліматичного статусу у світі. Загалом, динаміка зміни евапотранспірації за роками та тенденція до її зростання відображена в моделі Хольдріджа коректно, як і в моделі Пенмана – Монтейта, проте лінія тренду є менш крутою. Отже, застосування методу Хольдріджа в чистому вигляді доцільне у кліматології, але має обмеження для сільськогосподарського використання. Модифіковане нами в результаті регресійного аналізу даних рівняння Хольдріджа можна рекомендувати для швидкої оцінки річної референсної евапотранспірації в аграрному секторі, оскільки похибка в цьому разі становила 11,41%, тобто знизилася майже втричі.

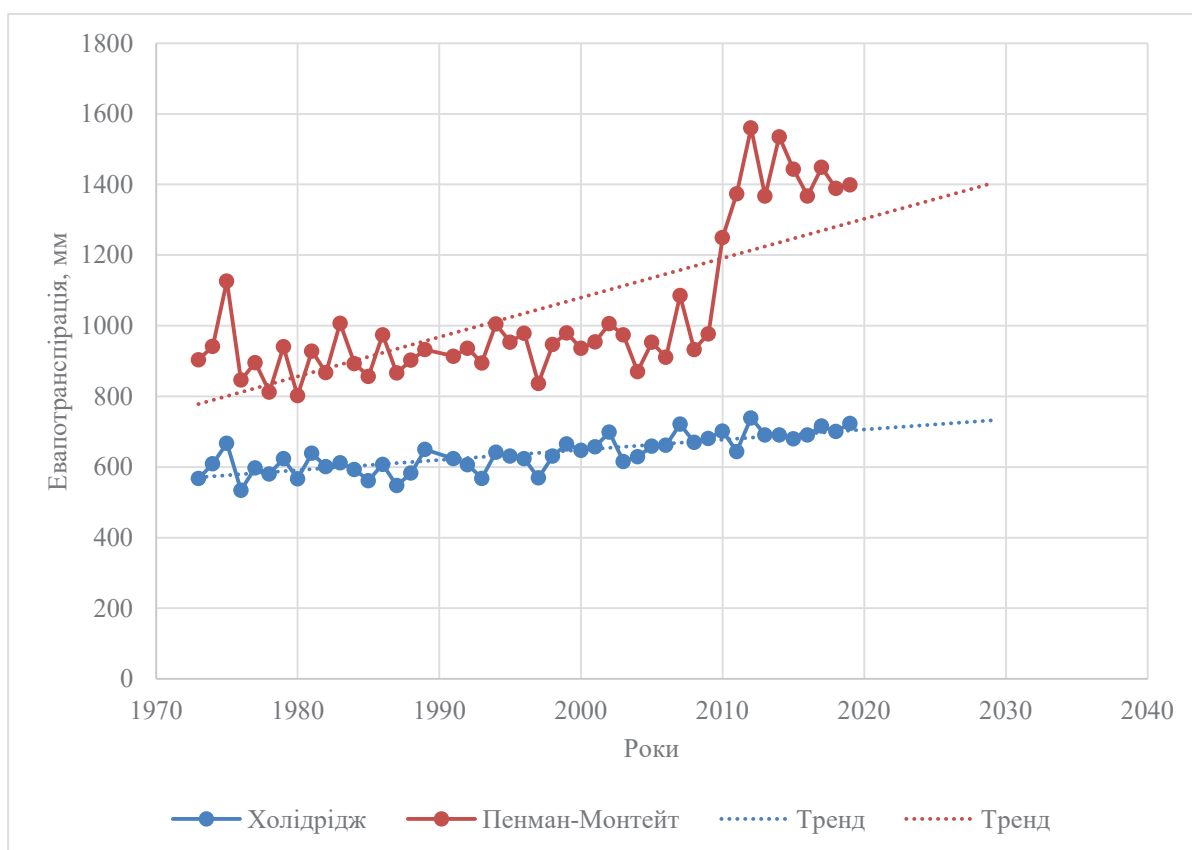


Рис. 1. Річна евапотранспірація, розрахована за методами Хольдріджа та Пенмана – Монтейта (період 1973–2019 рр., Херсонська область)

Таблиця 1 – Результати регресійного аналізу розрахункових даних евапотранспірації за період 1973-2019 рр., Херсонська область

Критерій	Значення критерію
Коефіцієнт кореляції (R)	0,9888
Коефіцієнти детермінації (R ²):	
– простий;	0,9778
– коригований;	0,9778
– прогнозований.	0,9767
Середня абсолютна похибка, %	11,41
Коефіцієнт регресійної моделі (b)	1,6355
Формула розрахунку референсної евапотранспірації за Хольдріджем	$ET_0 = 96,38 \times БТ$

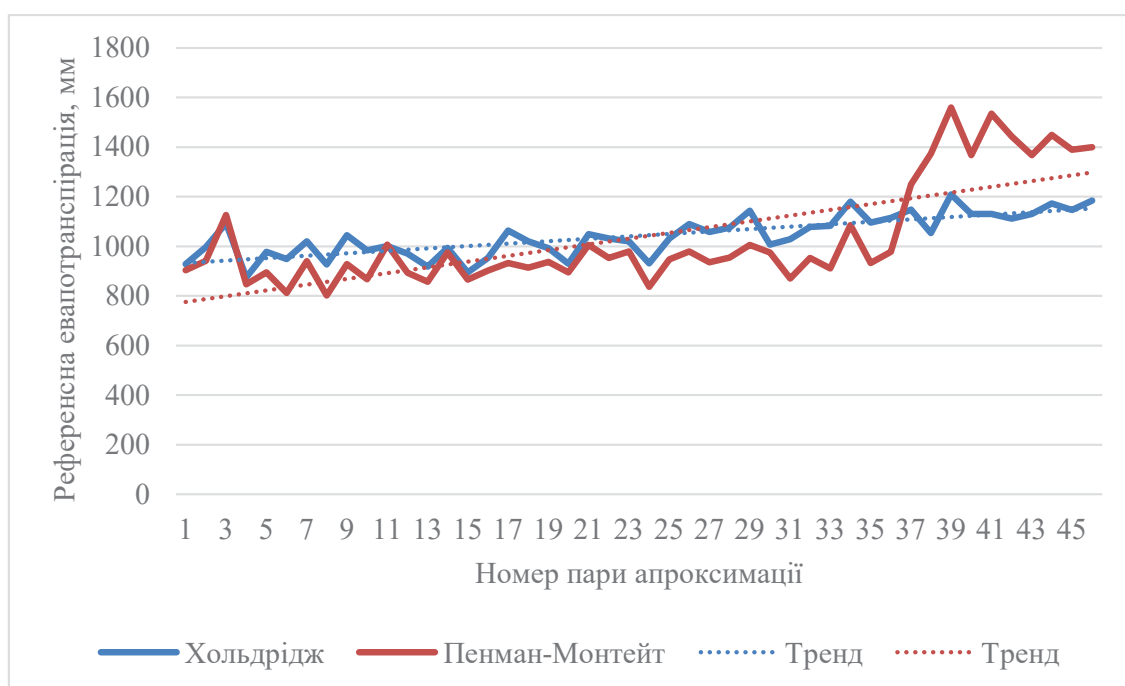


Рис. 2. Річна референсна евапотранспірація, розрахована за модифікованим методом Хольдріджа та Пенмана – Монтейта

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лиховид П.В., Лавренко С.О. Застосування програми CROPWAT для визначення сумарного водоспоживання кукурудзи цукрової. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. С. 50–53.
2. Aqua Crop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles / P. Steduto et al. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. № 3. P. 426–437.
3. Júnior W.M., Valeriano T.T.B., de Souza Rolim G. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 156. P. 187–192.
4. Holdridge L.R. Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*. 1959. Vol. 130. № 3375. P. 572–572.
5. Holdridge L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*. 1947. Vol. 105. P. 367–368.
6. Reference evapotranspiration estimated with simplified models for the state of Mato Grosso, Brazil / A. Tanaka et al. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2016. P. 91–104.
7. Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration – a review / K. Xiang et al. *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 232. P. 106043.
8. Step by step calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method) / L. Zotarelli et al. *Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida*. 2020.
9. Mean absolute percentage error for regression models / A. De Myttenaere et al. *Neurocomputing*. 2016. Vol. 192. P. 38–48.

REFERENCES:

1. Lykhovyd, P.V., & Lavrenko, S.O. (2020). Zastosuvannya prohramy CROPWAT dlia vyznachennia sumarnoho vodospozhyvannia kukurudzy tsukrovoi [Application of CROPWAT program for assessment of sweet corn water use]. *Irrigated Agriculture*, 73, 50–53. [in Ukrainian].
2. Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101 (3), 426–437. [in English].
3. Júnior, W.M., Valeriano, T.T.B., & de Souza Rolim, G. (2019). EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 187–192. [in English].
4. Holdridge, L.R. (1959). Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*, 130 (3375), 572–572. [in English].
5. Holdridge, L.R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105, 367–368. [in English].
6. Tanaka, A.A., Souza, A.P.D., Klar, A.E., Silva, A.C.D., & Almeida Gomes, A.W. (2016). Reference evapotranspiration estimated with simplified models for the state of Mato Grosso, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 91–104. [in English].
7. Xiang, K., Li, Y., Horton, R., & Feng, H. (2020). Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration – a review. *Agricultural Water Management*, 232, 106043. [in English].
8. Zotarelli, L., Dukes, M.D., Romero, C.C., Migliaccio, K.W., & Morgan, K.T. (2020). Step by step calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method). *Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida*. [in English].
9. De Myttenaere, A., Golden, B., Le Grand, B., & Rossi, F. (2016). Mean absolute percentage error for regression models. *Neurocomputing*, 192, 38–48. [in English].

Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М., Лавренко С.О., Бойценюк Х.І. Модифікований метод Хольдріджа для визначення евапотранспірації

Мета. Оцінити можливості та доцільність застосування методу Хольдріджа для визначення річної потенційної евапотранспірації для з'ясування вологодефіциту та коригування режимів зрошення на прикладі Херсонської області шляхом порівняння результатів оцінки агрометеорологічного показника з еталонними розрахунками у програмі FAO ET₀ Calculator, що використовує алгоритм Пенмана – Монтейта (референсна евапотранспірація), а також запропонувати можливий варіант перерахунку потенційної евапотранспірації в референсну. **Методи.** Розрахунковий метод оцінки евапотранспірації в Херсонській області за річний період 1973–2019 років (методи Хольдріджа за біотемпературою та Пенмана – Монтейта); статистичний аналіз точності розрахунків; метод лінійної регресії для побудови трендів і лінійного прогнозу; регресійний аналіз для розро-

блення модифікованої формули розрахунку евапотранспірації за біотемпературою. **Результати.** Встановлено, що метод Хольдріджа в чистому вигляді дає похибку 37,03% під час оцінювання евапотранспірації порівняно з методом Пенмана – Монтейта. Тренд і лінійний прогноз за обох методик оцінки евапотранспірації ідентичний, відрізняється лише крутизною. Модифіковане рівняння Хольдріджа дозволяє зменшити похибку розрахунку референсної евапотранспірації до 11,41%, що дозволяє рекомендувати його для використання в аграрній науці та практиці. **Висновки.** Застосування методу Хольдріджа в чистому вигляді доцільне у кліматології, але має обмеження для сільськогосподарського використання. Модифіковане нами в результаті регресійного аналізу даних рівняння Хольдріджа можна рекомендувати для швидкої оцінки річної референсної евапотранспірації в аграрному секторі.

Ключові слова: випаровуваність, клімат, Пенман – Монтейт, регресія, тренд.

Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Biliaieva I.M., Lavrenko S.O., Boitseniuk K.I. Modified Holdridge method for evapotranspiration assessment

Purpose. To assess the possibility and feasibility of using the Holdridge method to determine the annual potential evapotranspiration for determination of moisture deficit and adjustment of irrigation regimes using as the sample Kherson region by comparing the results of the assessment of the agrometeorological index with reference calculations in the FAO ET₀ Calculator software by the Penman-Monteith algorithm (reference evapotranspiration), and suggest a possible option for recalculating potential evapotranspiration into a reference one. **Methods.** Calculation method for assessing evapotranspiration in the Kherson region for the annual period of 1973–2019 (by Holdridge using biotemperature and by Penman-Monteith methods); statistical analysis of the accuracy of calculations; linear regression method for trend building and linear forecasting; regression analysis for the development of a modified formula for calculating evapotranspiration from biotemperature. **Results.** It was found that the Holdridge method “as it is” results in the error of 37,03% in the estimation of evapotranspiration in comparison with the Penman-Monteith method. The trend and linear forecast for both methods of estimating evapotranspiration are identical, differing only in the curve steepness. The modified Holdridge equation reduces the error in calculating the reference evapotranspiration to 11,41%, which makes it possible to recommend it for the use in agricultural science and practice. **Conclusions.** Application of the Holdridge method “as it is” is advisable in climatology only but has limitations for agricultural use. The Holdridge equation, modified by the result of regression analysis of the data, can be recommended for a rough assessment of the annual reference evapotranspiration in the agricultural sector.

Key words: evaporation, climate, Penman – Monteith, regression, trend.

СОРТОВА РЕАКЦІЯ РОСЛИН СОРГО ЗЕРНОВОГО СОРТУ ВІНЕЦЬ НА ПЛОЩУ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ГИРКА А.Д. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-2521-502X

Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України

АЛЕКСЄЄВ Я.В.

orcid.org/0000-0002-5757-8044

Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Глобальні кліматичні зміни спонукають сільгоспвиробників переглядати концепції та практичні підходи до формування спектра культур агроценозів, спроможних забезпечувати отримання стабільних і економічно вигідних урожаїв у все більш жорстких за значенням гідротермічного коефіцієнта умовах [1–2].

У нинішніх умовах надзвичайно великого значення набуває перспектива реалізації агробіологічного та виробничого потенціалу соргових культур, їх інтродукції, виробництва, споживання та використання. Серед ботанічних видів, що становлять зазначену групу культур, окреме місце варто відвести зерновому сорго, яке в умовах жорсткого гідротермічного коефіцієнта, прогресуюче зменшення значення якого є все більш типовим для Півдня та Південного Сходу України, здатне формувати стійкі й економічно доцільні врожаї зерна з показниками якості, що дозволяють його багатокорне використання [3–4].

Відомо, що одним зі стримуючих чинників збільшення об'ємів виробництва сорго зернового є недосконалість зональних технологій його вирощування, які не повною мірою сприяють реалізації врожайного потенціалу нових сортів і гібридів культури, не повна відповідність агротехніки вирощування їхнім біологічним особливостям. Дієвим важелем впливу на зазначену проблему є вдосконалення елементів агротехніки культури з метою узгодження їх із біологічними особливостями конкретного сорту чи гібрида, що дозволить максимально використовувати його продуктивний потенціал [5; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Базисні елементи зональної технології вирощування сорго зернового з метою отримання високих і сталих урожаїв зерна вивчалися багатьма науковцями [7–11]. Проте натепер до арсеналу виробничників надійшли нові сучасні сорти і гібриди цієї культури, зокрема і вітчизняної селекції, реакція яких на такий дієвий чинник формування продуктивності, як густина стояння рослин, вивчена рагментарно і неакцентовано.

Більшість наявних наукових досліджень стосовно конфігурації площі живлення сорго зернового проведено із закордонними гібридами. У виробництві норма висіву гібридів сорго зернового варіює у значному діапазоні, що зумовлено мінливістю кліматичних умов, родючістю ґрунту, різним рівнем культури землеробства конкретного району, еколого-біологічними особли-

востями сортів і гібридів. Рекомендовані виробництву норми висіву насіння гібридів сорго зернового часто не відповідають біологічним особливостям рослин через те, що вони визначалися без урахування впливу цілого комплексу інших чинників, серед яких велике значення має вибір способу сівби. Стосовно рекомендацій щодо норми висіву насіння та способів сівби існує дефіцит інформації, аналіз якої показує, що стосовно норм висіву та способів сівби гібридів сорго зернового немає єдиної думки. Одні науковці кращим вважають широкорядний спосіб сівби з міжряддям 45 см [12], інші віддають перевагу посівам із міжряддям 70 см [13]. Низка вчених взагалі рекомендують рядковий спосіб сівби сорго зернового з міжряддям 15 см [14].

Це саме стосується норми висіву насіння, яка за різними даними варіює у значному діапазоні, від 60 до 160 тис. насінин/га [12; 15]. Для Степової зони Криму рекомендовано широкорядний спосіб сівби 45 і 70 см із густиною 100–140 тис./га [16]. Проведені дослідження близькі за результатами, отриманими іншими науковцями, що підтверджує високу адаптивність рослин сорго зернового сорту Вінець щодо площі живлення, різниця за врожайністю між способами сівби становила 0,13–0,44 т/га на користь посівів із міжряддям 70 см.

Мета статті. З огляду на необхідність вирішення важливих теоретичних і практичних завдань, передбачених програмою дисертаційних досліджень, основною метою нашої роботи було визначення оптимальної площі живлення та густоти стояння рослин сорго зернового сорту Вінець за різних способів сівби культури.

Матеріали та методика досліджень. Метою досліджень було визначення оптимального розміщення рослин сорго зернового сорту Вінець. Дослідження виконано протягом 2011–2014 рр. на полях Ерастівської дослідної станції державної установи «Інститут зернових культур» Національної академії аграрних наук України, яка розташована в П'ятихатському районі Дніпропетровської області. За зональним розподілом цей район належить до північної частини Степової зони з недостатнім і нестабільним зволоженням та посушливими погодними умовами.

Ґрунти місця проведення дослідів – чорноземи звичайні, малогумусні, важкосуглинкові. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 3,5–4,0%, валового азоту – 0,23–0,26%, фосфору – 0,11–0,12%, калію – 2,0–2,5%. Реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН водяної витяжки – 6,5–7,0). Попередник – пшениця озима.

Дослід закладено за схемою: способи сівби із шириною міжряддя 45 та 70 см, густина стояння рослин формувалась у межах від 80 до 180 тис./га із градацією через кожні 20 тис., польові дослідження виконано відповідно до наявних методик.

Результати досліджень. Сівба сорго зернового сорту Вінець у 2012–2013 рр. була проведена наприкінці першої декади травня, а у 2011–2014 рр. – на початку другої декади. Високі температури повітря сприяли появі повних сходів сорго на 8–9 добу після проведення сівби. Період від повних сходів до фази 4–5 листків тривав 18 діб, до фази кушення – 24 доби. Вихід у трубку зазначено через 31 добу, викидання волотей спостерігалось на 44 добу. Період часу «сходи – цвітіння» становив 52 доби. Фаза молочно-воскової стиглості спостерігалась на 72 добу. Тривалість періоду «сходи – повна стиглість» у більш сприятливі за погодними умовами 2011 та 2013 рр. становила 95 діб. У 2014 р. несприятливі погодні умови наприкінці вегетації привели до деякого скорочення цього періоду. Так, період «сходи – повна стиглість» становив 94 доби. У несприятливому за гідротермічними умовами 2012 р. відзначалося скорочення цього періоду, відповідно період «сходи – повна стиглість» становив 82 доби. Залежності швидкості розвитку від способу розміщення рослин не виявлено.

Одним із показників, що характеризує реакцію рослин на зовнішні умови, є висота. Облік біометричних значень показав, що висота рослин сорту Вінець змінювалась залежно від площі живлення. За ширини міжряддя 45 см та густоти 80–140 тис./га висота рослин перебувала в межах 104,0–107,7 см. Загущення понад 140 тис./га не сприяло росту рослин, і за густоти 180 тис./га цей показник становив 104,0 см. Рослини за ширини міжряддя 70 см мали дещо більші показники лінійного росту, аналогічно посівам із міжряддям 45 см, висота рослин зростала до густоти 140 тис./га і становила 109,4 см. Подальше загущення посіву знижувало ці показники.

За своєю ботанічною характеристикою сорго має здатність до кушення. У рослин цукрового та трав'янистого сорго це є позитивною властивістю, бо сприяє збільшенню врожайності та якості корму. У рослин зернового напрямку ці якості більш негативні, оскільки вторинні стебла часто не дають зрілого зерна й ускладнюють збирання. Тому можливість регулювати ці процеси

агротехнічними заходами, зокрема оптимальним розміщенням рослин, має важливе місце в технології вирощування. Облік кущистості рослин показав, що суттєвий вплив на здатність формувати додаткові пагони мали ширина міжряддя та густина стояння рослин (табл. 1).

Встановлено, що найбільше бічних пагонів було сформовано за мінімальної густоти рослин у досліді (80 тис./га), із загущенням посівів цей показник зменшувався. На ділянках із шириною міжряддя 45 см зазначено дещо більшу кількість пагонів, у посівах із міжряддям 70 см унаслідок більш щільного розміщення рослин у рядку пагоноутворювальна здатність рослин сорго зменшувалась.

У зв'язку із кліматичними змінами, що спостерігаються в останні роки (зменшення кількості опадів та підвищення температури повітря в літній період), постає питання раціонального використання ґрунтової вологи в агрофітоценозах. У результаті проведеного аналізу водоспоживання в посівах сорго за роки досліджень отримано такі дані: сумарне водоспоживання посівами з міжряддям 45 см виявилось більшим на 56–119 м³/га порівняно з міжряддям 70 см.

Оптимальною кількістю рослин на площі для формування кращої зернової продуктивності в середньому за 4 роки досліджень, як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов, для посівів із шириною міжряддя 45 см встановлено 160 тис. шт./га, подальше загущення до 180 тис. шт./га призводило до зменшення врожайності на 0,23 т/га (3,70 і 3,47 т/га відповідно) та коефіцієнта водоспоживання 729–786 м³/т. У посівах із міжряддям 70 см краща зернова продуктивність була за густоти рослин 160 тис. шт./га і становила 3,83 т/га з коефіцієнтом водоспоживання 676 м³/т, загущення до 180 тис. шт./га призводило до зниження продуктивності на 0,18 т/га та зростання коефіцієнта водоспоживання до 715 м³/т (табл. 2).

Висновки. У результаті узагальнення отриманих експериментальних даних польових та лабораторних досліджень, проведених із метою визначення оптимальної площі живлення рослин сорго зернового сорту Вінець за різних способів сівби культури, можемо зробити висновок, що оптимальною густотою стояння рослин незалежно від погодних умов зони вирощування, як за ширини міжряддя 45 см, так і за ширини міжряддя 70 см – 160 тис. шт./га.

Таблиця 1 – Висота рослин та коефіцієнт продуктивного кушення рослин сорго зернового сорту Вінець (середнє за 2011–2014 рр.)

Густина стояння рослин, тис./га	Ширина міжряддя 45 см			Ширина міжряддя 70 см		
	висота, см	коефіцієнт кушення		висота, см	коефіцієнт кушення	
		загального	продуктивного		загального	продуктивного
80	104,8	2,91	1,46	106,5	2,89	1,38
100	105,8	2,80	1,41	107,6	2,41	1,35
120	106,7	2,66	1,39	108,3	2,40	1,34
140	107,7	2,47	1,36	109,4	2,25	1,29
160	106,0	2,33	1,30	109,2	2,12	1,24
180	104,0	1,98	1,25	107,1	1,90	1,21

Таблиця 2 – Урожайність зерна та водоспоживання посівів залежно від способу сівби та густоти стояння рослин сорго зернового сорту Вінець, т/га (середнє за 2011–2014 рр.)

Густота стояння рослин, тис./га	Міжряддя 45 см			Міжряддя 70 см		
	урожайність, т/га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	коефіцієнт водоспоживання, м ³ /т	урожайність, т/га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	коефіцієнт водоспоживання, м ³ /т
80	2,66	2 574	968	2,95	2 495	846
100	2,82	2 596	921	3,26	2 529	776
120	3,07	2 620	853	3,46	2 564	741
140	3,43	2 658	775	3,67	2 578	702
160	3,70	2 696	729	3,83	2 590	676
180	3,47	2 728	786	3,65	2 609	715

НІР05, т/га: густота рослин – 0,06–0,12; ширина міжряддя – 0,04–0,84; взаємодія – 0,08–1,52

Спостереження за ростом і розвитком рослин сорго зернового сорту Вінець показали, що способи сівби та густота рослин не впливали на строки настання та тривалість основних фенологічних фаз розвитку культури.

Встановлено, що водоспоживання посівів сорго із шириною міжряддя 45 см виявилось більшим на 56–119 м³/га порівняно з міжряддям 70 см.

Вища врожайність зерна за сівби з міжряддями 45 см (3,70 т/га) та з міжряддям 70 см (3,83 т/га) формувалась за щільності посіву 160 тис. шт./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаменко Т. Погода і посіви. *Агроном*. 2003. № 11. С. 6.
2. Мазур Г. Почвенно-климатические условия и устойчивость земледелия Украины. *Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения*. Киев : Урожай, 1993. С. 22–27.
3. Алпатьев А. Водопотребление культурных растений и климат. *Режим орошения сельскохозяйственных культур*. 1965. № 6. С. 32–37.
4. Бунь Л. Верблюды розлиного царства. *Агро Перспектива*. 2009. № 12. С. 54–59.
5. Іващенко О., Рудник-Іващенко О. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2011. № 12. С. 38–41.
6. Макаров Л. Соргові культури : монографія. Херсон : Айлант, 2006. 264 с.
7. Аверчев О., Осинній О. Науково-виробничі рекомендації з технології вирощування сорго, проса і гречки в агроеліоративному полі рисової сівозміни. Херсон : Грін Д.С., 2015. 98 с.
8. Алабушев А. Адаптивная технология выращивания зернового сорго в засушливой зоне Северного Кавказа. *Зерноград*. 2000. 191 с.
9. Рослинницькі аспекти та агроеліоративні засади вирощування сорго зернового на Півдні України / В. Базалій та ін. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Грін Д.С., 2015. Вип. 91. С. 3–6.
10. Сорго. Технологія рослинництва / І. Фирсов и др. Москва : Колос, 2005. С. 275–281.
11. Шепель Н. Сорго – интенсивная культура. *Справочное издание*. Симферополь : Таврия, 1989. 19 с.
12. Бойко М. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Науковий вісник Національного університету*

біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія». 2016. № 235. С. 33–39.

13. Макаров Л., Скорий М. Сориз (технологія, селекція, насінництво) : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 224 с.

14. Макаров Л. Густота стояння и урожай зернового сорго в условиях орошения. *Кукуруза*. 1979. № 6. С. 15.

15. Малиновская Е., Гулов Я. Влияние плотности посева и межгенотипической конкуренции на продуктивность зернового сорго. *Кукуруза и сорго*. 2006. № 2. С. 23–24.

16. Пергаев О. Урожайность и качество зерна сорго в зависимости от способов посева и густоты стояния растений в условиях Степной зоны Крыма. *Аграрный вестник Урала*. 2012. № 11–2 (106). С. 4–6.

REFERENCES:

1. Adamenko, T. (2003). Pohoda i posivy [Weather and crops]. *Ahronom – Agronomist*, 11, 6 [in Ukrainian].
2. Mazur, G.D. (1993). Pochvenno-klimaticheskiye usloviya i ustoychivost' zemledeliya Ukrainy [Soil and climatic conditions and sustainability of agriculture in Ukraine]. *Ustoychivost' zemledeliya: problemy i puti resheniya – Sustainability of agriculture: problems and solutions*, 22–27 [in Russian].
3. Alpat'yev, A.M. (1965). Vodopotrebleniye kul'turnykh rasteniy i klimat [Water consumption of cultivated plants and climate]. *Rezhim orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur – Irrigation regime for agricultural crops*, 6, 32–37 [in Russian].
4. Bun', L. (2009). Verblyud roslynnoho tsarstva [Camel plant kingdom]. *Ahro Perspektiva – Agro Perspective*, 12, 54–59 [in Ukrainian].
5. Ivashchenko, O.O., & Rudnyk-Ivashchenko, O.I. (2011). Perspektivy vyroshchuvannya kukurudzy i sorho [Prospects for growing corn and sorghum]. *Khimiya. Ahronomiya. Servis – Chemistry. Agronomy. Service*, 12, 38–41 [in Ukrainian].
6. Makarov, L.Kh. (2006). *Sorhovi kul'tury: monohrafiya [Sorghum crops: a monograph]*. Kherson: Aylant [in Ukrainian].
7. Averchev, O.V., Osinniy, O.A. (2015). Naukovovyrobnychi rekomendatsiyi z tekhnolohiyi vyroshchuvannya sorho, prosa i hrechky v ahromeliorativnomu poli rysovoyi sivozminy [Research and production recommendations for the technology of growing sorghum, millet and buckwheat

in the agro-ameliorative field of rice crop rotation]. Kherson: Hrin' D.S. [in Ukrainian].

8. Alabushev, A.V. (2000). *Adaptivnaya tekhnologiya vyrashchivaniya zernovogo sorgo v zasushlivoi zone Severnogo Kavkaza* [Adaptive technology of growing grain sorghum in the arid zone of the North Caucasus]. *Zernograd – Grain hail*, 191 [in Russian].

9. Bazaliy, V.V., Boyko, M.O., Almashova, V.S., & Onyshchenko, S.O. (2015). *Roslynnys'ki aspekty ta ahroekolohichni zasady vyroshchuvannya sorho zernovoho na Pivdni Ukrayiny* [Plant aspects and agroecological principles of grain sorghum cultivation in the South of Ukraine]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk: Naukovyy zhurnal – Taurian Scientific Bulletin: Scientific Journal*, 91, 3–6 [in Ukrainian].

10. Firsov I.P., Solov'yev A.M., & Trifonova M.F. et al. (2005). *Sorho. Tekhnologiya rastenyevodstva* [Sorghum. Plant growing technology]. Moscow: Kolos [in Russian].

11. Shepel', H.A. (1989). *Sorho – intensivnaya kul'tura. Spravochnoye izdaniye* [Sorghum is an intensive crop. Reference edition]. Simferopol: Tavria [in Russian].

12. Boyko, M.O. (2016). *Obgruntuvannya ahrotekhnichnykh pryomiv vyroshchuvannya sorho zernovoho v umovakh Pivdnyia Ukrayiny* [Substantiation of agrotechnical methods of growing grain sorghum in the South of Ukraine]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Ser.: Ahronomiya – Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Agronomy*, 235, 33–39 [in Ukrainian].

13. Makarov, L.Kh., & Skoryy, M.V. (2009). *Soryz (tekhnolohiya, selektsiya, nasinnystvo): Monohrafiya* [Sorghum (technology, selection, seed production): Monograph]. Kherson: Iylant [in Ukrainian].

14. Makarov, L.Kh. (1979). *Gustota stoyaniya i urozhay zernovogo sorgo v usloviyakh orosheniya* [Standing density and yield of grain sorghum under irrigation conditions]. *Kukuruzna – Corn*, 6, 15 [in Russian].

15. Malinovskaya, Ye.V., & Gulov, Ya.A. (2006). *Vliyaniye plotnosti poseva i mezhenotipicheskoy konkurentsii na produktivnost' zernovogo sorgo* [Influence of seeding density and intergenotypic competition on the productivity of grain sorghum]. *Kukuruzna i sorho – Corn and sorghum*, 2, 23–24 [in Russian].

16. Pergayev, O.A. (2012). *Urozhaynost' i kachestvo zerna sorgo v zavisimosti ot sposobov poseva i gustoty stoyaniya rasteniy v usloviyakh stepnoy zony Kryma* [Yield and quality of sorghum grain depending on the methods of sowing and plant density in the steppe zone of Crimea]. *Agrarnyy vestnik Urala – Agrarian Bulletin of the Urals*, 11–2 (106), 4–6 [in Russian].

Гирка А.Д., Алексєєв Я.В. Сортова реакція рослин сорго зернового сорту Вінець на площу живлення в умовах Північного Степу України

Мета. Дослідити й обґрунтувати оптимальну площу живлення для рослин сорго зернового сорту Вінець в умовах Північного Степу України з урахуванням гідротермічних чинників. **Методи.** Дослідження проводилися методом польових дослідів на Ерастівській дослідній станції державної установи «Інститут зернових культур» Національної академії аграрних наук України протягом 2011–2014 років. Дослід закладено за схемою: способи

сівби із шириною міжряддя 45 та 70 сантиметрів, густина стояння рослин формувалась у межах від 80 до 180 тисяч на гектар із градацією через кожні 20 тисяч. Польові дослідження виконано відповідно до зональних рекомендацій та загальноприйнятих методик для культури сорго. **Результати.** Дослідженнями, проведеними з метою отримання вищої зернової продуктивності рослин сорго зернового сорту Вінець, шляхом оптимізації площі живлення та густоти стояння рослин, встановлено параметри оптимального розміщення рослин сорго зернового за контрастних погодних умов у роки проведення досліджень. **Висновки.** Встановлено, що оптимальною густиною стояння рослин сорго зернового сорту Вінець незалежно від погодних умов зони вирощування, за ширини міжряддя 45 і 70 сантиметрів є 160 тисяч штук на гектар. Спостереження за ростом і розвитком рослин сорго зернового сорту Вінець показали, що способи сівби та густина рослин не мали впливу на строки настання та тривалість основних фенологічних фаз розвитку культури. Встановлено, що посіви сорго із шириною міжряддя 45 за період вегетації витрачали більше води на 56–119 кубічних метрів на гектар порівняно з міжряддям 70 сантиметрів. Вища врожайність зерна за сівби з міжряддями 45 сантиметрів (3,70 тонн на гектар) формувалась за щільності посіву 160 тисяч штук на гектар і 70 сантиметрів (3,83 тонн на гектар) у посівах із густиною рослин 160 тисяч на гектар. Отже, рослини сорго зернового сорту Вінець показали високу пластичність, перевага ширини міжряддя 70 сантиметрів над шириною 45 сантиметрів становила лише 0,13 тонн на гектар на варіанті з оптимальною густиною 160 тисяч штук на гектар.

Ключові слова: сорго, міжряддя, щільність стояння, ріст і розвиток, урожай зерна.

Gyrka A.D., Aliksieiev Ya.V. Varietal reaction of grain sorghum plants variety Vinets' to the nutrition area in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

Purpose. To investigate and substantiate the optimal nutrition area for plants of grain sorghum variety Vinets' in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine taking into account hydrothermal factors. **Methods.** The research was carried out by the method of field experiments at the Erastivka Experimental Station of the SI Institute of Grain Crops of NAAS during 2011–2014. The experiment is based on the scheme: sowing methods with a row spacing of 45 and 70 cm, plant density was formed in the range from 80 to 180 thous./ha with a gradation every 20 thousand. Field studies were performed in accordance with zonal recommendations and generally accepted methods for sorghum cultivation. **Results.** By the studies, conducted to obtain higher grain productivity of grain sorghum variety Vinets, by optimizing the feeding area and plant density, the parameters of optimal placement of plants under contrasting weather conditions in the years of research. **Conclusions.** It is established that the optimal density of standing grain sorghum plants of variety Vinets, regardless of the weather conditions of the growing zone, with a row spacing of 45 and 70 cm is 160 thous. pcs./ha. Observations

of the growth and development of grain sorghum plants showed that sowing methods and plant density did not affect the time of onset and duration of the main phenological phases of crop development. It was found that sorghum crops with a row spacing of 45 cm consumed more water by 56–119 m³/ha compared to a row spacing of 70 cm. Higher grain yield when sowing with row spacing of 45 cm (3,70 t/ha) was formed at sow-

ing densities of 160 thous. pcs./ha and 70 cm (3,83 t/ha) in crops with a plant density of 160 thous./ha. Thus, grain sorghum plants variety Vinets' showed a high plasticity, the advantage of row spacing of 70 cm over 45 cm was only 0,13 t/ha in the variant with an optimal density of 160 thous. pcs./ha.

Key words: sorghum, row spacing, standing density, growth and development, grain yield.

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНИХ РІВНІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

ЖУЙКОВ О.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-5762-7934

Херсонський державний аграрно-економічний університет

БУРДЮГ О.О. – аспірант

orcid.org/0000-0001-6069-7012

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасний екологічний стан вітчизняних агроландшафтів вимагає від науковців і виробників докорінного перегляду концепцій, стратегій та механізмів застосування мінеральних добрив, пестицидів та біологічно активних сполук. Багаторічне бездумне використання зазначених елементів інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур призвело до радикального погіршення агро-меліоративного стану ґрунтів, пригнітило (а подекуди й майже цілком знищило) корисну біоту, що перебуває у ґрунті, зумовило появу толерантних і навіть імунних рас шкідників і штамів фітопатогенів. Як це не парадоксально звучить, інтенсифікація сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що прогресує, нерідко призводить до нелогічних результатів: виробничі витрати зростають, а врожайність і рентабельність виробництва не тільки не збільшуються, навпаки, починають зменшуватися. У сенсі вищенаведеного все більшої популярності як за кордоном, так і в Україні набуває практика біологізації сільськогосподарського виробництва (скорочення норм застосування мінеральних добрив та пестицидів, наукові підходи до принципів їх застосування з урахуванням вмісту макро-, мікро- та мезоелементів мінерального живлення у ґрунті, дослідження ЕПШ шкочинних організмів, часткова заміна синтетичних пестицидів та мінеральних добрив на органічні препарати, застосування біологічних засобів захисту рослин тощо). І якщо наведені заходи часткової біологізації дозволяють покращити економіку господарювання лише в одному напрямі – скоротити витратну частину, то повноцінні органічні технології, що все частіше залучаються до практики ведення агробізнесу як закордонними, так і вітчизняними сільгосптоваровиробниками, дозволяють отримувати і додатковий прибуток з одиниці орної площі саме завдяки збільшеній ринковій вартості продукції органічного статусу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зважаючи на те, що з-поміж технічних олійних культур соняшник у нашій країні традиційно посідав і зараз посідає чільне місце, усі інновації стосовно технології його вирощування (передусім інтенсифікації) останні 20–30 років активно бралися на озброєння сільгосптоваровиробниками [5, с. 16]. Проте вже тоді науковий загаль і окремих найбільш свідомих виробників турбувала проблема надмірного пестицидного пресингу на агроценози, нераціонального застосування засобів виробництва (насамперед найбільш вартісної їхньої складової частини – мінеральних добрив та ЗХЗР) [3, с. 17].

Сучасний тренд щодо часткової або максимальної повної біологізації технології виробництва продукції рослинництва не залишив поза сферою своєї популярності і соняшник: останнім часом проблема скорочення застосування синтетичних засобів захисту рослин і мінеральних добрив за виробництва олійної соняшникової сировини як в науковому аспекті, так і у виробничій площині є предметом дискусій, наукової полеміки, виробничих експериментів [1, с. 64; 12, с. 203]. Проте аналіз сучасної наукової періодики дає можливість зробити висновок, що здебільшого авторами лише фрагментарно досліджуються окремі чинники біологізації виробництва культури (майже в абсолютній більшості – застосування моно- та поліфункціональних регуляторів росту рослин, імуномодуляторів, антистресантів) [2, с. 1; 8, с. 122; 13, с. 52]. Застосування ж у посіві соняшнику несинтетичних фунгіцидів та інсектицидів, беручи до уваги недостатню натепер популярність даного методу захисту, узагалі майже не висвітлено в сучасній науковій літературі, хоча у практиці рослинницької галузі трапляється все частіше [6, с. 160; 10, с. 36]. Сучасний «бум» на мікродобрива як важель підвищення ефективності засвоєння рослиною макро- та мезоелементів мінерального живлення не оминув і технологію вирощування соняшника: застосування хелатних комплексів у системі мінерального живлення культури все частіше є вектором наукового пошуку як вітчизняних, так і закордонних дослідників [4 с. 21; 11, с. 35]. З появою неабиякого інтересу на внутрішньому та зовнішньому ринках до органічної рослинницької продукції насіння соняшнику та продукти його переробки (олія, макуха), за умови набуття органічного статусу, стали майже найбільш вартісними лотами. Проте повноцінної вітчизняної органічної технології вирощування культури поки не розроблено через відкрите питання контролю бур'янів [7, с. 40; 9, с. 33]. Нарешті, аналітика сучасного стану вивченості проблеми науковим загалом свідчить про майже цілковиту відсутність достовірної інформації про системне застосування різних способів і методів альтернативного захисту соняшника від комплексу шкочинних організмів в єдиній системі, пріоритетність окремих груп (фунгіцидний, інсектицидний захист), цілковиту відмову від синтетичних ЗЗР і мінеральних добрив, вирощування культури за органічною технологією [14, с. 24; 15, с. 49].

Мета статті. Встановити критерії фітосанітарного пресингу (заселеність агрофітоценозу різних гібридів соняшнику фітофагами, ураженість рослин збудниками

хвороб, забур'яненість посіву), проаналізувати врожайність кондиційного насіння культури, його олійність залежно від ступеня біологізації технології вирощування, з'ясувати можливість, доцільність і ефективність вирощування соняшнику за органічною технологією, розробити елементи системи догляду за посівами за біологізованою й органічною технологіями.

Матеріали та методика досліджень. Упродовж 2018–2020 рр. у двофакторному польовому досліді ми вивчали ефективність органічної та біологізованих технологій вирощування гібридів соняшнику середньоранньої групи стиглості в умовах ПАПФ «Віра» Голопристанського району Херсонської області (с. Чулаківка). Фактор А був представлений двома варіантами районованих гібридів середньостиглої екологічної групи: Tunca F1 та PR64F66 F1, фактор В (технологія вирощування): традиційна інтенсивна зональна (контроль), біологізована I, біологізована II, органічна й екстенсивна. За домовленістю з фірмами – поставальниками насінневого матеріалу були отримані посівні одиниці гібридів без передпосівного інсекто-фунгіцидного обробітку. Інтенсивна технологія передбачала комплексний передпосівний обробіток насіння препаратами на основі тіаметоксаму (350 г/л) та флудіоксанілу (25 г/л), застосування повного мінерального добрива розрахунковою нормою, що в середньому за роки дослідження становила $N_{54}P_{46}$, внесення ґрунтового гербіциду на основі трифлурексу (480 г/л), страхового – на основі клетодиму (120 г/л). У другій половині вегетації культури застосовувався фунгіцид на основі азоксістробіну (200 г/л) та ципроконазаолу (80 г/л), інсектицид, що містив хлорантраніліпрол (200 г/л). Біологізована I технологія базувалася на підміні мінеральних добрив органічними (органічне добриво ТМ «Екорост») і збереженням гербіцидного, фунгіцидного й інсектицидного захисту за вищенаведеною схемою. Біологізована II технологія містила мінеральні добрива, а синтетичні

фунгіциди й інсектициди були замінені препаратами, що відповідають регламенту органічного землеробства (продукція ТМ «Ензім» та «БТУ-Центр»), гербіцидний захист був підмінений механічними способами захисту від бур'янів (до- та післясходове боронування штригельними боронами, ротаційними мотиками, міжрядні культивування з окучуванням). Органічна технологія базувалася на цілковитій відмові від застосування мінеральних добрив та синтетичних ЗЗР, поєднувала в собі органічну I та II. Екстенсивна технологія передбачала вилучення з операційної карти вирощування культури всіх заходів із внесення добрив та захисту рослин від шкочинних організмів. Дослід супроводжувався дослідженням засміченості посівів бур'янами кількісно-ваговим методом із диференціацією за групами та видами бур'янів, заселеності й ураженості посіву фітофагами та патогенами згідно з загальноприйнятими методиками. У лабораторних умовах визначали вміст у насінні сирого жиру – за методом Сокслета, шляхом екстрагування діхлоретаном (ДСТУ 10857-64), лушпинність – методом окремого зважуванням ядра та лушпиння з навіски. Облік урожаю насіння гірчиці проводили методом суцільного збирання. Дані врожаю насіння приводили до стандартної вологості (10%) і стовідсоткової чистоти. Урожайні дані піддавали агрономічній оцінці та статистичному обробітку методом дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів.

Результати досліджень. Контроль фітофагів у досліді проводився нами за найбільш шкочинними групами, як-от: дротяники (личинки видів *Agriotes obscurus* та *Agriotes lineatus*), трипси (личинки видів *Thrips tabaci*) та совки (личинки видів *Helicoverpa armigera* й *Agrotis segetum*) (табл. 1).

Дослідом встановлено, що за показником ураженості рослин личинками жуків-коваликів (дротяники) варіанти досліді, у яких синтетичний інсектицидний протруйник насіння був замінений на препарат органічного похо-

Таблиця 1 – Облік найбільш шкочинних фітофагів у посіві соняшнику залежно від ступеня біологізації технології вирощування (середнє за 2018–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Технологія вирощування (фактор В)	Фітофаги		
		види дротяників (пошкоджених насінин/м.п.)	тютюновий трипс (шт./рослину)	види совок (шт./рослину)
Tunca F1	Традиційна – контроль	0,22	1,12	0,27
	Біологізована I	0,18	1,07	0,20
	Біологізована II	0,37	1,16	0,46
	Органічна	0,31	1,15	0,42
	Екстенсивна	0,84	2,33	2,64
PR64F66 F1	Традиційна – контроль	0,19	1,15	0,22
	Біологізована I	0,20	1,11	0,17
	Біологізована II	0,29	1,09	0,50
	Органічна	0,27	1,17	0,41
	Екстенсивна	0,90	2,80	2,97
HIP ₀₅	A	0,07	0,04	0,07
	B	0,12	0,08	0,05
	AB	0,30	0,23	0,22

дження, майже не поступалися контрольному варіанту і варіанту з біологізованою I технологією, у якому також застосовувався препарат хімічної природи. Варіант екстенсивної технології вирощування культури, у якому не застосовувався будь-який інсектицидний протруйник, значно поступався вищенаведеним варіантам – у ньому пошкодження висіяного насіння шкідником зазначалося на 8,4–9,0 насіннях на 10 метрах погонних рядка, тобто 22–25% популяції.

Аналогічна тенденція була відмічена зазначена нами і за аналізу враженості рослин соняшнику личинками тютюнового трипс, що є переносниками вірусних захворювань. Так, обидва варіанти біологізованої технології вирощування й органічна технологія не поступалися традиційній / інтенсивній, а екстенсивна технологія вирощування значно поступалася за показником ураженості рослин личинками шкідника: на кожній рослині спостерігалось по 2,3–2,8 личинки.

Найбільш небезпечний шкідник генеративної частини врожаю соняшнику – личинки бавовникової й озимої совок максимальної шкодочинності також набув за варіантом, де не застосовувалися ані синтетичні, ані органічні інсектицидні препарати: на ділянках, у яких реалізувалася екстенсивна технологія вирощування культури, у кожному кошику налічувалося по 2,6–2,9 личинки, що не могло не позначитися на врожайності гібридів культури. Максимально повний контроль зазначеного шкідника був досягнутий за варіантами традиційної інтенсивної технології вирощування (середній показник становив 0,22–0,27 шт./рослину) та біологізованої I, де також застосовувалися синтетичні інсектицидні препарати (0,17–0,20 шт./рослину відповідно). Варіанти технології, що передбачали застосування органічних інсектицидів (біологізована II і органічна), дещо поступалися за ефективністю контролю личинок совок: середня кількість шкідників становила

0,46–0,50 та 0,41–0,42 особин на 1 рослині, що пояснюється нами не спеціалізованою, а залишковою системою дією органічних інсектицидних препаратів порівняно зі спеціалізованим синтетичним інсектицидом.

За роки проведення досліджень в агроценозі соняшнику нами спостерігалися як епіфітотійні, так і спорадичні прояви таких грибкових захворювань культури: фомоз (*Phoma helianthi*), фомопсис (*Phomopsis helianthi*), біла гниль (*Sclerotinia sclerotiorum*), сіра гниль (*Botrytis cinerea*), переноспороз (*Plasmopara halstedii*), септоріоз (*Septoria helianthi*), бура іржа (*Puccinia helianthi*). Ураженість рослин культури збудниками зазначених хвороб залежно від технології вирощування наведена нами в таблиці 2.

Аналіз наведених вище даних свідчить, що за фунгіцидною ефективністю органічні препарати, що формували систему захисту соняшнику за біологізованою II і органічною технологіями, не поступалися синтетичним сполукам, які застосовувалися в біологізованій I і традиційній інтенсивній технологіях. Вирощування культури за екстенсивною технологією (без застосування фунгіцидних препаратів будь-якої природи) характеризувалося істотно вищим ступенем ушкодження рослин фітопатогенами (насамперед фомопсисом, білою та сірою гнилями, септоріозом та бурою іржею). Прояв останньої хвороби в окремі роки становив 3,5–4,0 бали, що критичним чином позначалося на продуктивних ознаках культури.

Якщо питання захисту соняшнику від шкідників і хвороб за допомогою біологічних препаратів натепер уже не має такої гостроти, яка була ще 4–5 років тому, і в арсеналі сільгосптоваровиробників у достатній кількості представлені як вітчизняні, так і закордонні органічні інсектициди та фунгіциди, то контроль бур'янів в агроценозі культури, що вирощується за органічною технологією, у реальних виробничих умовах можливий

Таблиця 2 – Ураженість рослин соняшнику збудниками грибкових захворювань залежно від ступеня біологізації технології вирощування (середнє за 2018–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Технологія вирощування (фактор В)	Ураженість рослин, бал						
		фомоз	фомопсис	біла гниль	сіра гниль	переноспороз	септоріоз	бура іржа
Tunca F1	Традиційна – контроль	0,7	1,4	1,2	1,5	0,6	1,7	2,2
	Біологізована I	0,5	1,5	1,1	1,7	0,4	1,9	2,1
	Біологізована II	0,9	1,3	1,5	1,2	0,4	1,4	2,2
	Органічна	0,7	1,0	1,2	1,2	0,4	1,6	2,0
	Екстенсивна	2,3	2,7	3,1	2,4	0,8	3,3	3,5
PR64F66 F1	Традиційна – контроль	0,9	1,0	1,2	1,0	0,4	2,0	2,0
	Біологізована I	0,7	1,2	1,4	1,0	0,5	2,1	1,7
	Біологізована II	1,2	1,0	1,5	1,5	0,4	1,9	2,5
	Органічна	0,9	1,1	1,2	1,6	0,7	1,8	2,4
	Екстенсивна	2,5	2,2	3,3	2,2	0,6	3,5	3,8
HIP ₀₅ , бал	A	0,27	0,19	0,17	0,14	0,26	0,33	0,19
	B	0,22	0,24	0,20	0,26	0,25	0,39	0,29
	AB	0,41	0,33	0,28	0,30	0,39	0,44	0,38

лише за допомогою агротехнічних заходів – передусім механічних обробок ґрунту (табл. 3).

На початкових етапах онтогенезу (до фази I пари справжніх листків) істотної різниці між забур'яненістю посіву гібридів соняшнику за інтенсивною / традиційною, біологізованими й органічною технологіями вирощування нами не зазначено: кількість однорічних та багаторічних бур'янів у ділянках, де був застосований ґрунтовий гербіцид, і в ділянках, де захист рослин реалізовувався за допомогою до- та післясходового боронування штригельною бороною, становила відповідно 0,3–0,7 шт./м². Варіант вирощування культури за екстенсивною технологією вже на початкових етапах характеризувався більш істотною забур'яненістю посіву (кількість однорічних видів становила 4,1–4,6 шт./м², а багаторічних – 2,2–2,7 шт./м²). Фітотоксичний вплив ґрунтового та страхового гербіцидів на бур'яни спостерігався нами у варіанті традиційної технології вирощування включно до фази VI–VIII пари справжніх листків. Починаючи з фази утворення кошика, нами відмічалось зростання чисельності шкідливих трав'янистих видів, і варіант інтенсивної технології вирощування та біологізованої I за показником забур'яненості почали поступатися варіантам біологізованої II і органічної технології вирощування культури, де штригельні боронування чергувалися з міжрядними культивуваннями з окучуванням. У фазу наливу насіння, коли габітус рослин соняшника вже не дозволяв без пошкоджень рослин проводити міжрядні обробки, показник забур'яненості (насамперед однорічними пізніми видами) почав зростати, хоча і не так стрімко, як у варіантах, де були застосовані хімічні гербіциди (інтенсивна і біологізована I), особливо там, де взагалі не реалізовувався захист від бур'янів (екстенсивна технологія).

Диференційований характер впливу різних технологій вирощування на динаміку розповсюдження та ступінь ураження рослин соняшнику різними шкочинними організмами зумовив різний рівень насінневої продуктивності гібридів, що вивчалися, а також господарсько цінні та якісні показники врожаю (насамперед вміст у насінні сирого жиру та лушпинність насіння – чинник, що на пряму зумовлює технологічність подальшого отримання рослинної олії чи то методом пресування, чи за допомогою екстракції) (табл. 4).

За показником продуктивності гібрид PR64F66 F1 істотно переважав за роки проведення досліджень гібрид Tunca F1 (у середньому на 0,04 т/га), а за найважливішою господарсько цінною ознакою – олійністю насіння – поступався на 0,8%. Традиційна (інтенсивна) технологія вирощування соняшника забезпечувала в середньому отримання 1,87 т/га кондиційного насіння, біологізована I (органічні добрива + пестицидний захист синтетичними препаратами) – 1,88 т/га; біологізована II (мінеральні добрива + органічні 33P) – 2,20 т/га; органічна (органічні добрива та природні пестициди) – 2,16 т/га; екстенсивна (без добрив і без пестицидного захисту) – 0,73 т/га. Аналогічний характер залежності простежувався нами і за показником лушпинності насіння: максимальним він був за екстенсивної технології вирощування, середніх значень набував за традиційної (інтенсивної) та біологізованої I, а мінімальних / оптимальних – за органічної та біологізованої II технології.

Висновки. Застосування сучасних інсектицидних препаратів органічної природи в системі захисту рослин соняшнику за біологізованої й органічної технології вирощування дозволяє контролювати весь спектр найбільш шкочинних фітофагів, за ефективністю не

Таблиця 3 – Динаміка забур'яненості посіву гібридів соняшнику залежно від ступеня біологізації технології вирощування (середнє за 2018–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Технологія вирощування (фактор В)	Фаза розвитку					
		I пара справжніх листіків		утворення кошика		достигання насіння	
		однорічні, шт./м ²	багаторічні, шт./м ²	однорічні, шт./м ²	багаторічні, шт./м ²	однорічні, шт./м ²	багаторічні, шт./м ²
Tunca F1	Традиційна – контроль	0,3	0,4	4,2	2,9	7,4	5,1
	Біологізована I	0,2	0,5	4,0	2,5	6,5	2,4
	Біологізована II	0,6	0,5	1,9	1,0	1,7	0,9
	Органічна	0,6	0,4	1,8	1,3	2,0	1,4
	Екстенсивна	4,6	2,7	8,4	5,1	10,4	5,5
PR64F66 F1	Традиційна – контроль	0,3	0,5	4,4	3,1	6,5	3,3
	Біологізована I	0,3	0,3	4,4	3,0	7,2	3,2
	Біологізована II	0,5	0,3	1,4	1,1	1,9	1,6
	Органічна	0,3	0,7	1,7	0,9	2,1	1,3
	Екстенсивна	4,1	2,2	8,8	4,4	9,3	4,0
HIP ₀₅ , шт./м ²	A	0,16	0,12	0,09	0,16	0,14	0,15
	B	0,11	0,17	0,14	0,21	0,08	0,20
	AB	0,20	0,23	0,20	0,29	0,19	0,33

Таблиця 4 – Урожайність гібридів соняшнику, лушпинність насіння та вміст у ньому сирого жиру залежно від ступеня біологізації технології вирощування (середнє за 2018–2020 рр.)

Гібрид (фактор А)	Технологія вирощування (фактор В)	Урожайність кондиційного насіння, т/га	Лушпинність насіння, %	Вміст у насінні сирого жиру, %
Tunca F1	Традиційна – контроль	1,84	26,1	48,3
	Біологізована I	1,80	25,7	48,0
	Біологізована II	2,14	22,6	49,5
	Органічна	2,09	22,9	49,6
	Екстенсивна	0,69	28,0	46,6
PR64F66 F1	Традиційна – контроль	1,91	26,4	48,0
	Біологізована I	1,96	26,2	47,4
	Біологізована II	2,26	22,2	48,6
	Органічна	2,23	21,9	48,8
	Екстенсивна	0,76	26,9	45,0
HIP ₀₅	A	0,03	0,05	0,41
	B	0,08	0,11	0,29
	AB	0,22	0,27	0,64

поступається синтетичним інсектицидам. Винятком є захист культури від личинок совок, які через особливості біології й екології, вимагають від інсектицидного препарату більш системних властивостей, якими органічні препарати, за рідким винятком, не володіють.

Фунгіцидний захист соняшнику, побудований на основі органічних препаратів, за дієвістю й ефективністю не поступається системі захисту на основі синтетичних фунгіцидів: ураженість гібридів найбільш розповсюдженими фітопатогенами не вирізнялася залежно від типу препарату. Особливого контролю в агроценозі соняшнику за будь-якої технології вирощування потребує збудник буркої іржі, який, зважаючи на кліматичні особливості (суха, вітряна погода), схильний до вторинного зараження.

Механічні обробки ґрунту як спосіб захисту культури від бур'янів є дієвою альтернативою гербіцидному захисту. Залучення до- та післясходового боронування штригельними боронами і ротаційними мотиками та міжрядних культиваций до системи захисту культури від бур'янів як складової частини біологізованої й органічної технології вирощування соняшнику не поступається за ефективністю застосуванню ґрунтових і страхових синтетичних гербіцидів, а у другу половину вегетації навіть переважає їх за контролем другої – третьої хвиль пізніх ярих видів.

Максимального значення показник урожайності насіння гібридів, що досліджувалися, набув за варіантами органічної та біологізованої II технології вирощування і становив 2,16–2,20 т/га; за традиційної / інтенсивної та біологізованої I він становив 1,87–1,88 т/га.

Вирощування культури за екстенсивною технологією (без застосування будь-яких добрив та засобів захисту рослин) визнане нами як неефективне – у середньому за роки проведення досліджень урожайність насіння не перевищувала 0,70–0,73 т/га за епіфітотійного розвитку хвороб, високого рівня враженості фітофагами та забур'яненості агроценозу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Анішин Л. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. *Пропозиція*. 2012. № 5. С. 64–65.
2. Безкровна О. Стрес у рослин та способи зниження його наслідків. URL: <https://agro-online.com.ua/ru/public/blog/19869/details/>.
3. Бурсела М. Сучасні агроєкологічні і соціальні аспекти хімізації сільського господарства. *Пропозиція*. 1995. № № 1–2. С. 17–18.
4. Ефективність застосування регуляторів росту рослин та мікродобрива в насінництві соняшнику / Ю. Буряк та ін. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 20–25.
5. Васильев Д. Возделывание подсолнечника по индустриальной технологии. Краснодар : Советская Кубань, 1984. 31 с.
6. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / В. Вовкогон та ін. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
7. Гончаров А. Чаще – хуже. Подсолнечник и плодородие почвы. *Зерно*. 2016. № 9. С. 30–44.
8. Грехова Н., Матвеева Н. Применение гуминового препарата в баковой смеси при протравливании семян. *Сборник материалов Международной научной конференции в Донском зональном научно-исследовательском институте сельского хозяйства п. Рассвет, 23–25 сентября 2014 г.* 2014. С. 121–126.
9. Грицев Д. Особливості формування урожаю соняшника при вирощуванні за різних систем контролю забур'яненості. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2015. Вип. 76. С. 31–40.
10. Гуминовые фитогормональные, бактериальные препараты, вспомогательные препараты, биологические средства защиты растений (растениеводство). *Radostin-ketalog*. Хемнитц, Германия, 2007. 60 с.
11. Дегодюк Є., Вітвицька О., Дегодюк Т. Сучасні підходи до оптимізації мінерального живлення рослин в органічному землеробстві. *Збірник наукових праць*

Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України». 2014. № № 1–2. С. 33–39.

12. Домарацький Є., Домарацький О., Козлова О. Стимулятори росту та комбіновані препарати біологічного походження як невід'ємний елемент екологізації технології вирощування технічних культур. *Сучасний рух науки* : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7–8 лютого 2019 р. Дніпро, 2019. С. 202–206.

13. Біопрепарат нового покоління групи Хеллафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України / О. Домарацький та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 51–56.

14. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин : рекомендації. Київ : Аграр. наука, 2000. 36 с.

15. Корчинська О., Корчинська С. Еколого-економічні аспекти використання засобів хімізації в сільському господарстві. *Економіка агропромислового комплексу*. 2015. № 7. С. 46–51.

REFERENCES:

1. Anishyn L.A. (2012). Rehulatory rostu roslyn: sumnivy i fakty [Plant growth regulators: doubts and facts]. Kiev: Propozytsiia [in Ukrainian].

2. Bezkravna O. (2018). Stres u roslyn ta sposoby znyzhennia yoho naslidkiv [Stress in plants and ways to reduce its effects]. URL: <https://agro-online.com.ua/ru/public/blog/19869/details/>.

3. Bursela M. (1995). Suchasni ahroekolohichni i sotsialni aspekty khimizatsii silskoho hospodarstva [Modern agroecological and social aspects of agricultural chemicalization]. Kiev: Propozytsiia [in Ukrainian].

4. Buriak Yu.I., Ohurtsov Yu.Ie., Chernobab O.V., Klymenko I.I. (2014). Efektyvnist zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn ta mikrodoobryva v nasinnystvi soniashnyku [Efficiency of using plant growth regulators and microfertilizers in sunflower seed production]. Kharkiv: Elegiya [in Ukrainian].

5. Vasylev D.S. (1984). Vozdelvanye podsolnechnyka po yndustrialnoi tekhnolohyy [The cultivation of sunflower for industrial technology]. Krasnodar: Sovetskaia Kuban [in Russian].

6. Vovkohon V.V., Nadkemychna O.V., Kovalevska T.M., Tokmakova L.M. ta in. (2016). Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka [Microbial preparations in agriculture: theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

7. Honcharov A. (2016). Chashche – khuzhe. Podsolnechnyk u plodorodye pochvi [More often – is worse. Sunflower and soil fertility]. Kyiv: Zerno [in Ukrainian].

8. Hrehova N.V., Matveeva N.V. (2014). Prymenenye humynovoho preparata v bakovoy smesy pry protravlyvanye semian [Application of humid preparation in the tank mixture for seed treatment]. Rostov: Biblio [in Russian].

9. Hrytsev D.A. (2015). Osoblyvosti formuvannia urozhaiu soniashnyka pry vyroshchuvanni za riznykh system kontroliu zaburianenosti [Features of sunflower crop formation when growing under various systems of counter-contamination]. Mikolayiv: Oldi [in Ukrainian].

10. Humynoviye, fytoharmonalnyye, bakteryalnyye preparati, vspomohatelnie preparati, byolohycheskye sredstva zashchyti rastenyi (rastenyevodstvo) [Humidic, phytohormonal, bacterial preparations, auxiliary preparations, biological means of plant protection]. Khemnyts: Radostin-ketalog [in Germany].

11. Dehodiuk Ye.H., Vitvytska O.I., Dehodiuk T.S. (2014). Suchasni pidkhody do optymizatsii mineralnogo zhyvlennia roslyn v orhanichnomu zemlerobstvi. [Modern approaches to optimizing the mineral nutrition of plants in organic farming]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].

12. Domaratskyi Ye.O., Domaratskyi O.O., Kozlova O.P. (2019). Stymulatory rostu ta kombinovani preparaty biolohichnoho pokhodzhennia yak nevidiemnyi element ekolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia tekhnichnykh kultur [Growth stimulants and combined preparations of biologic origin as an integral element of greening the technology of growing industrial crops]. Dnipro: Nauka [in Ukrainian].

13. Domaratskyi O.O., Sydiakina O.V., Ivaniv M.O., Dobrovolskyi A.V. Biopreparat novoho pokolinnia hrupy Khelafit u tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv soniashnyku na Pivdni Ukrainy [New generation biologics of the Helafit group in the technology of growing sunflower hybrids in the south of Ukraine]. Kherson: Oldi-Plus [in Ukrainian].

14. Kompleksne zastosuvannia biopreparativ na osnovi azotfiksuiuchykh, fosformobilizuiuchykh mikroorhanizmiv, fiziolohichno aktyvnykh rechovin i biolohichnykh zasobiv zakhystu roslyn (2000). [Complex application of biologics based on nitrogen-fixing, phosphomobilizing microorganisms, biologically active substances and biological plant protection products]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].

15. Korchynska O.A., Korchynska S.H. (2015). Ekoloho-ekonomichni aspekty vykorystannia zasobiv khimizatsii v silskomu hospodarstvi [Ecological and economic aspects of the use of chemical agents in agriculture]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].

Жуйков О.Г., Бурдюг О.О. Фітосанітарний стан та продуктивність гібридів соняшнику за різних рівнів біологізації технології вирощування

Мета статті – встановити критерії фітосанітарного пресингу, проаналізувати врожайність кондиційного насіння культури, його олійність залежно від ступеня біологізації технології вирощування. **Методи.** Метод досліджень – двофакторний польовий дослід, де фактор А був представлений двома варіантами районованих гібридів середньостиглої екологічної групи: Tunpa F1 та PR64F66 F1, а фактор В (технологія вирощування): традиційна інтенсивна зональна (контроль), біологізована I, біологізована II, органічна й екстенсивна. Дослід супроводжувався дослідженням засміченості посівів бур'янами кількісно-ваговим методом із диференціацією за групами та видами бур'янів, заселеності й ураженості посіву фітофагами та патогенами, лушпинності й олійності насіння згідно із загальноприйнятими методиками. Біологізована й органічна технології вирощування дозволяють контролювати весь спектр найбільш шкочинних фітофагів, за ефективністю не поступаються синтетичним інсектицидам. Фунгіцидний захист соняшнику органічними препаратами за дієвістю й ефективністю

не поступається системі захисту на основі синтетичних фунгіцидів: ураженість гібридів найбільш розповсюдженими фітопатогенами не вирізнялася залежно від типу препарату. Залучення до- та післясходового боронування штригельними боронами і ротаційними мотиками та міжрядних культиваций до системи захисту культури від бур'янів як складової частини біологізованої й органічної технології вирощування соняшнику не поступається за ефективністю застосуванню ґрунтових та страхових синтетичних гербіцидів, а у другу половину вегетації переважає їх за контролем другої – третьої хвилі пізніх ярих видів. Максимального значення показник урожайності насіння гібридів, що досліджувалися, набув за варіантами органічної та біологізованої II технологій вирощування і становив 2,16–2,20 тонни на гектар; за традиційної / інтенсивної та біологізованої I він становив 1,87–1,88 тонни на гектар. Вирощування культури за екстенсивною технологією (без застосування будь-яких добрив та засобів захисту рослин) визнане нами як неефективне – у середньому за роки проведення досліджень урожайність насіння не перевищувала 0,70–0,73 тонни на гектар за епіфітотійного розвитку хвороб, високого рівня враженості фітофагами та забур'яненості агроценозу.

Ключові слова: соняшник, біологізація виробництва, органічна технологія, облік шкідників, хвороб та бур'янів, урожайність кондиційного насіння, лушпинність, вміст сирого жиру.

Zhuykov A.G., Burdyug A.A. Phytosanitary condition and productivity of sunflower hybrids at different levels of biologization of cultivation technology

The purpose of the article is to establish criteria for phytosanitary pressure, analyze the yield of conditioned crop seeds and their oil content depending on the degree of biologization of the growing technology. The research method is a two-factor field experiment, where factor A was represented by two variants of zoned hybrids of a medium-Ma-

ture ecological group: Tunca F1 and RR64F66 F1, and factor B (cultivation technology): traditional intensive zonal (control), biologized I and biologized II, organic and extensive. The experiment was accompanied by a study of weed infestation by quantitative and weight method with differentiation by groups and types of weeds, population and infestation of crops with phytophages and pathogens, huskiness and oil content of seeds according to generally accepted methods. Biologized and organic growing technologies allow you to control the entire range of the most harmful phytophages and are as effective as synthetic insecticides. The fungicidal protection of sunflower based on organic preparations is as effective and efficient as the protection system based on synthetic fungicides: the infestation of hybrids with the most common phytopathogens did not differ depending on the type of preparation. The inclusion of pre- and post-emergence harrowing with striges harrows and rotary hoes and inter-row cultivations in the system of crop protection from weeds as a component of biologized and organic sunflower cultivation technology is not inferior in efficiency to the use of soil and insurance synthetic herbicides, and in the second half of the growing season prevails over them in the control of the second-third wave of late spring species. The maximum values of the seed yield of hybrids that were studied were obtained in the variants of organic and biologized II cultivation technologies and amounted to 2,16–2,20 t / ha; with traditional (intensive) and biologized I, it was 1,87–1,88 t / ha. Growing crops using extensive technology (without the use of any fertilizers and plant protection products) is recognized by us as not effective – on average, over the years of research, the seed yield did not exceed 0,70–0,73 t/ha with epiphytotic development of diseases, a high level of phytophage infestation and agrocenosis contamination.

Key words: sunflower, biologization of production, organic technology, accounting of pests, diseases and weeds, yield of conditioned seeds, huskiness, crude fat content.

ВПЛИВ БЕЗЗМІННИХ ПОСІВІВ КОНОПЕЛЬ ПОСІВНИХ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОРНОГО ШАРУ ҐРУНТУ

КАБАНЕЦЬ В.М. – кандидат сільськогосподарських наук, директор
orcid.org/0000-0002-5981-7184

Інститут сільського господарства Північного Сходу
Національної академії аграрних наук України

БЕРДІН С.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-2337-4107

Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Коноплі посівні є високо-рентабельною культурою. Однак їх вирощування пов'язане з низкою юридичних обмежень. До них, зокрема, належить щорічне повторне оформлення дозвільних документів у разі вирощування культури в сівозміні. Виходом із ситуації на сучасному етапі коноплярства, особливо для дрібних сільгоспвиробників, є вирощування конопель у повторних або беззмінних посівах.

З огляду на ту обставину, що коноплі належать до просапних культур, після яких мало органічних залишків, для розроблення технології вирощування конопель у монокультурі необхідно приділити особливу увагу системам внесення добрив. Під час розроблення цих систем необхідно розуміти динаміку основних агрохімічних показників протягом низки років для того, щоб дози внесення добрив компенсували винос елементів з урожаєм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коноплі посівні (*Cannabis sativa L.*) є традиційною вітчизняною сільськогосподарською культурою, яка вирощується для отримання високоякісного волокна та насіння.

На сучасному етапі спектр використання продуктів переробки конопель має тенденцію до значного розширення. Крім традиційного канатно-мотузкового напрямку, продукція коноплярства все більше застосовується у виробництві текстильних, будівельних, теплоізоляційних матеріалів, предметів косметики та побутової хімії, продуктів харчування, лікарських препаратів, кормових добавок та підстилки для тварин, паливних брикетів та пелет. Найбільше прогресує виробництво з конопель біокомпозитів [1].

На сучасному етапі світовими лідерами у сфері виробництва та переробки конопель виступають такі країни, як Китай, Канада, Франція та Німеччина [2; 3]. На жаль, нині в Україні посівні площі під культурою мають тенденцію до скорочення. Так, наприклад, у 2018 р. вони зменшились на 51,8% порівняно із 2017 р. [4].

Моніторинг ринку технічних конопель показує, що головними негативними чинниками впливу на нього є:

- необхідність отримання ліцензії;
- відсутність сучасних потужностей із переробки конопляної сировини;
- низька платоспроможність населення.

Отже, одним із впливових чинників для українських аграріїв є процедура ліцензування. Особливо цей фактор стримує вирощування конопель посівних для мало-земельних фермерських господарств. Найкращим вихо-

дом для даних суб'єктів господарювання є вирощування їх у беззмінних посівах.

Коноплі посівні слабо реагують на сівозміну, тобто їх можна розміщувати в повторних посівах або в монокультурі [5]. Водночас треба розуміти, що вирощування культур у беззмінних посівах, особливо технічних, без внесення добрив, призводить до погіршення родючості ґрунту [6]. Коноплі посівні в разі вирощування в повторних посівах своєю врожайністю дещо поступаються врожаєм за добрих попередників. Проблема, на думку вчених, вирішується внесенням достатньої кількості добрив, особливо органічних [7].

Натепер накопичений великий матеріал із кількісної оцінки всієї сукупності основних властивостей ґрунтів, їхнього впливу на продуктивність землеробства [8]. Тому постає необхідність розроблення систем внесення добрив, які працюють на отримання високих врожаїв без зниження родючості ґрунтів.

У формуванні таких систем необхідно враховувати зону вирощування культури. Так, під час вирощування конопель у монокультурі на агрохімічні показники ґрунту істотно впливало внесення вапна на кислих ґрунтах. Вапнування впливало не тільки на гідролітичну кислотність, а взагалі на окупність внесення різних за походженням добрив [9].

Отже, для розроблення технології вирощування конопель посівних у беззмінних посівах актуальним є дослідження динаміки агрохімічних показників ґрунту в разі внесення різних за походженням добрив.

Мета статті. Дослідити динаміку основних агрохімічних показників орного шару ґрунту під час вирощування конопель посівних у беззмінних посівах за різних схем удобрення.

Матеріали та методика досліджень. Для розроблення систем удобрення в беззмінних посівах конопель були проведені дослідження з оцінки агрохімічних показників ґрунту в разі застосування мінеральних і органічних добрив. Методи досліджень: польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний і статистичний.

Польовий дослід був закладений у 2009–2013 рр. у рамках багаторічного систематичного досліді з вивчення впливу тривалого застосування органічних і мінеральних добрив на врожай конопель і зміну родючості ґрунту в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України, проведені лабораторні дослідження з визна-

чення агрохімічних показників ґрунту за загально-прийнятими методиками: визначення вмісту гумусу – за Тюриним, визначення рухомих форм фосфору і калію у ґрунті – за методом Кірсанова, загального азоту – за ДСТУ ISO 14255. Зазначені показники визначали двічі – перед закладкою (початкові результати аналізів) та після завершення досліду (кінцеві результати аналізу).

Аналіз динаміки змін основних агрохімічних показників ґрунту за беззмінних посівів конопель посівних був побудований на порівнянні результатів початкових та кінцевих аналізів, інтенсивність вимірювали діленням різниці між показниками на 5 років досліджень. Фізичні значення вимірювали так: гумус % до загального вмісту у ґрунті, інші показники – мг/100 г ґрунту; відносні – у % до результатів початкових аналізів.

Схема досліджень передбачала сім варіантів (табл. 1), із яких на контролі не вносили добрива, із другого по четвертий варіанти застосовували різні норми внесення мінеральних добрив, а з п'ятого по сьомий – органічних.

Матеріалом досліджень виступав сорт конопель посівних Гляна. Норма висіву – 4,5 млн шт./га. Посів культури відповідно до погодних умов у роки проведення досліджень був проведений у період від III декади квітня до I декади травня. Площа посівних ділянок – 90 м². Облікової – 60 м². Повторність – чотириразова.

Ґрунт, на якому розміщували досліди з беззмінних посівів, – темно-сірий, опідзолений на карбонатних лесовидних суглинках. Технологія вирощування конопель посівних у дослідженнях була рекомендованою для зони Полісся. Внесення добрив на ділянках дослідів варіантів 2–7 проводили кожного року. Основний обробіток – зяблева оранка на глибину 23–25 см.

Результати досліджень. Як відомо, одним із найважливіших показників потенційної родючості ґрунтів є рівень наявності в них гумусу. Вміст гумусу – показник відносно лабільний і залежить від того, який баланс надходження речовин, що містять органічний вуглець, до орного шару, як швидко відбувається процес мінералізації високомолекулярних органічних сполук, гумінових кислот, що формують гумус, у процесі вирощування культур.

Для порівняння ефективності застосування певного виду добрив та дози внесення насамперед варто розглянути динаміку основних агрохімічних показників на контрольній ділянці, на якій не вносили добрива. На цьому варіанті протягом років проведення досліджень наявний в орному шарі гумус поступово проходив процеси мінералізації без поповнення його запасів. У результаті, за час проведення досліду вміст гумусу в орному шарі знизився із 3,9 до 3,5% на контрольному варіанті без внесення добрив. Відносна інтенсивність зниження вмісту

гумусу відбувалась зі швидкістю 2,1% щорічно, або на 10 % за всі роки досліджень. Це значення є досить високим і належить до критичного (рис. 1).

Під час аналізу результатів досліджень на варіантах із внесенням мінеральних добрив встановлено, що за дози внесення N₆₀P₄₅K₄₅ (варіант 2) показники вмісту гумусу після завершення досліду були нижчими на 5% щодо початкових аналізів. Тобто спостерігається негативний баланс органічних речовин. Зниження невелике, проте є своєрідним індикатором, який вказує на переважання процесів мінералізації перед синтезом органічних високомолекулярних сполук, що входять до складу гумусу.

Інтенсивність зниження досліджуваного показника в разі внесення добрив у дозі N₁₂₀P₉₀K₉₀ становила 0,5% на рік до початкового значення, що вказує на незначне зниження гумусу в орному шарі на зазначеному варіанті. Збільшення доз внесення мінеральних добрив до N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀ (варіант 4) забезпечувало бездефіцитний баланс гумусу.

Результати агрохімічних аналізів ґрунту на ділянках досліду із застосуванням органічних добрив (гній) децю відрізнялись від варіантів із внесенням мінеральних добрив. Так, на п'ятому варіанті, за дози внесення гною 20 т/га, динаміка вмісту гумусу мала таку ж тенденцію, що спостерігалась у варіанті із внесенням мінеральних добрив у дозі N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀. Тобто внесення 20 т/га гною формує задовільний гумусний стан із незначною мінералізацією ґрунту. Це збігається з даними Сумського центру Облдержродючості, які вказують на те, що для підтримання бездефіцитного балансу гумусу мінімальна норма органічних добрив має становити в зоні Полісся 15,1 т/га [10]. За внесення гною у дозі 40 т/га можна стверджувати, що на даному варіанті процеси мінералізації органічної речовини були цілком компенсовані регулярним поповненням, яке надходило щороку до орного шару. Водночас відносно зростання показника гумусу становило 6,5%. Фактична інтенсивність зростання вмісту гумусу була на рівні 0,06% за рік досліджень. Внесення органіки в дозі 80 т/га не тільки забезпечувало бездефіцитний баланс гумусу, а і сприяло зростанню вмісту гумусу в орному шарі з фактичною інтенсивністю більше, ніж 0,1% на рік.

Окрім вмісту гумусу, до основних агрохімічних показників орного шару ґрунту належить вміст у ґрунті таких елементів живлення, як загальний азот, рухомий фосфор і обмінний калій.

Результати аналізів агрохімічних показників ґрунту на контрольному варіанті без внесення добрив визначили вплив беззмінних посівів на динаміку зазначених показників як негативний (табл. 2). Так, баланс сполук загального азоту у ґрунті на час завершення досліду становив

Таблиця 1 – Схема досліду

Без внесення добрив	Мінеральні добрива, кг д. р.	Органічні добрива (гній), т/га
Варіант 1	Варіант 2 – N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	Варіант 5 – 20 т/га
	Варіант 3 – N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	Варіант 6 – 40 т/га
	Варіант 4 – N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀	Варіант 7 – 80 т/га

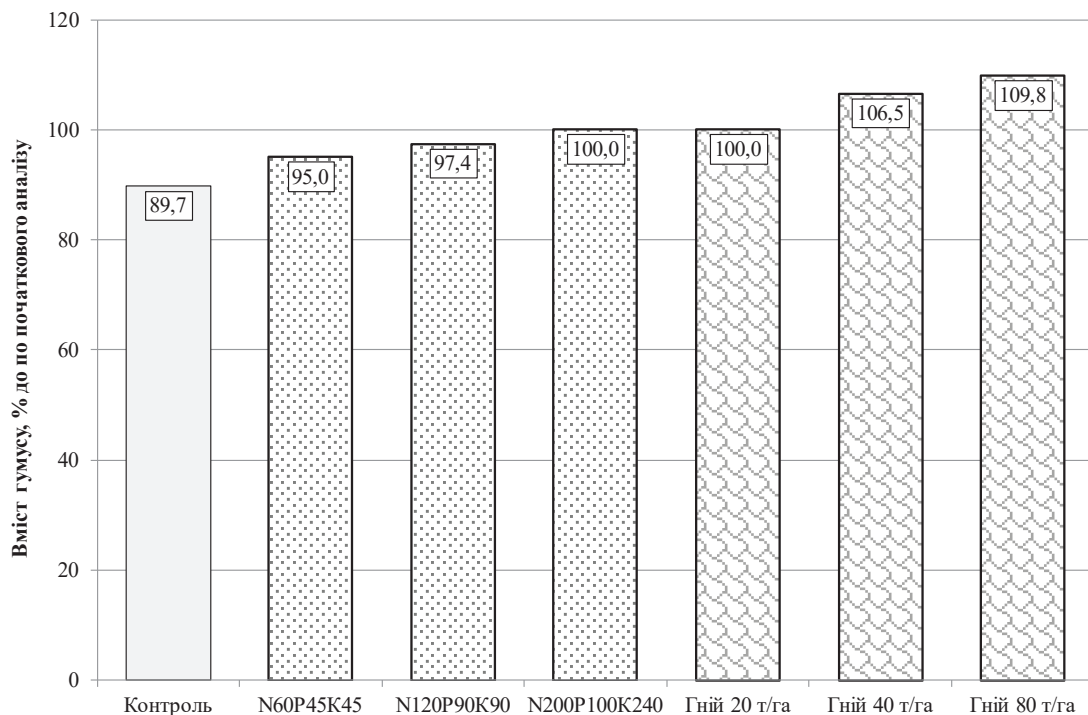


Рис. 1. Вміст гумусу після п'ятирічного вирощування конопель посівних у безмінних посівах, 2009–2013 рр.

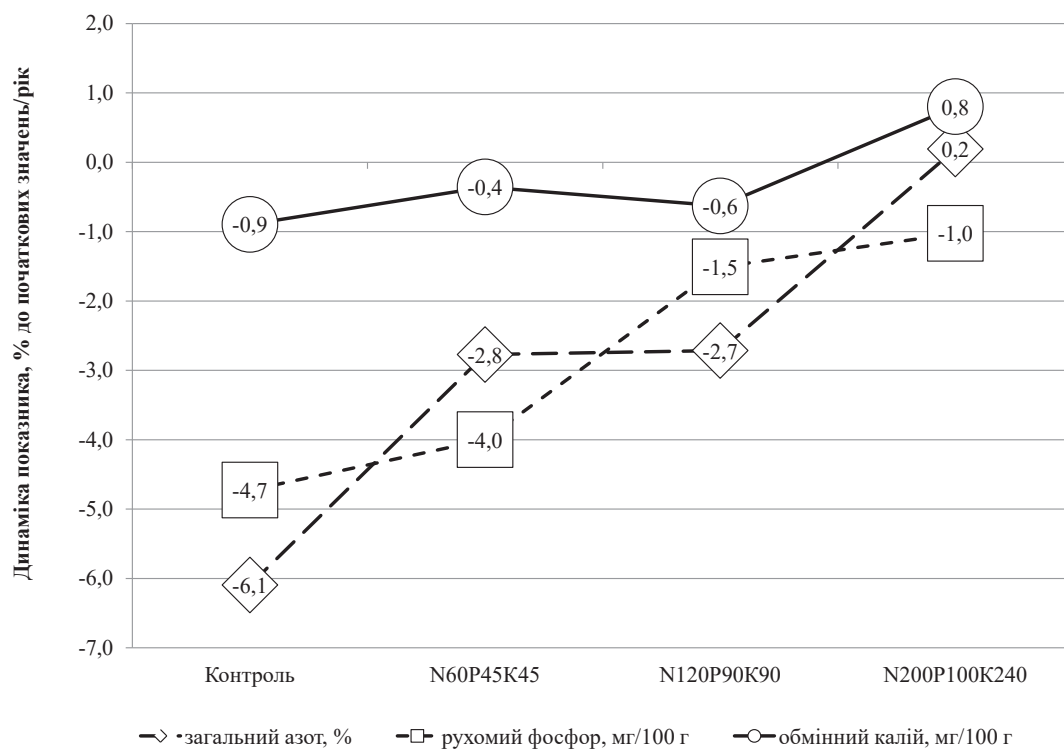


Рис. 2. Динаміка основних агрохімічних показників орного шару ґрунту в разі внесення мінеральних добрив за безмінного вирощування конопель посівних (\pm до початкових аналізів у середньому за 1 рік)

16,2 мг/100 г, тобто 69,3 % до результатів початкового аналізу. Однак, з огляду на значну лабільність цього елемента, вміст якого може істотно коливатись протягом вегетаційного періоду залежно від інтенсивності його використання рослинами, промивання орного шару опадами і процесами денітрифікації, некоректно робити висновок про різке зниження вмісту загального азоту в даному разі, а лише про негативну тенденцію. Щодо більш стабільних сполук – рухомого фосфору (P_2O_5), то без внесення добрив їх вміст за роки досліджень знизився до 76,4% від значення на початку досліджень. Зниження йшло з інтенсивністю 0,52 мг/100 г ґрунту за рік досліджень. Наявність сполук обмінного калію (K_2O) за цей час знизилась із 13,4 до 12,8 мг/100 г. Інтенсивність зниження становила 0,12 мг/100 г за рік досліджень.

Внесення мінеральних добрив під коноплі посівні позитивно впливало на агрохімічні показники ґрунту щодо контрольного варіанта. Внесення їх у невисоких дозах ($N_{60}P_{45}K_{45}$) не забезпечувало повної потреби посівів у мінеральному живленні. У разі збільшення дози внесення добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ вміст сполук загального азоту в орному шарі ґрунту майже не відрізнявся від результатів початкових аналізів. Порівняння інших агрохімічних показників доводить, що застосування мінеральних добрив у цій дозі істотно знижувало інтенсивність наростання їх дефіциту у процесі беззмінного вирощування посівів культури.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{200}P_{100}K_{240}$ формувало позитивну тенденцію накопичення сполук азоту

й обмінного калію. Баланс сполук рухомого фосфору в орному шарі залишався негативним, хоча різниця між показниками агрохімічних аналізів на початку та в кінці досліджу була незначною.

Підсумовуючи результати вивчення впливу внесення мінеральних добрив на агрохімічні показники ґрунту під час вирощування беззмінних посівів конопель посівних протягом 5-и років, варто зазначити, що лише варіант із максимальним внесенням добрив у дозі $N_{200}P_{100}K_{240}$ забезпечував зростання сполук загального азоту й обмінного калію, за незначного зниження сполук рухомого фосфору.

Внесення органічних добрив, на думку науковців [11], є найбільш ефективним для відновлення агрохімічних показників ґрунту. Результати проведених досліджень (рис. 3) вказують на те, що не завжди так. Насамперед це залежить від дози внесення органічних добрив.

Так, за дози 20 т/га за п'ять років відзначено зростання вмісту у ґрунті сполук загального азоту на 0,9%. А от значення вмісту рухомих сполук фосфору було нижчим за початкові показники (на 0,4 мг/100 г ґрунту). Подібна тенденція проявлялась і з балансом у ґрунті сполук обмінного калію (-0,6%). Тобто в разі щорічного внесення 20 т/га гною за п'ять років досліджень в орному шарі проявлявся певний, хоча і незначний, дефіцит важливих для росту і розвитку рослин агрохімічних сполук.

У разі внесення 40 т/га гною динаміка вмісту не тільки сполук загального азоту проявляла тенденцію

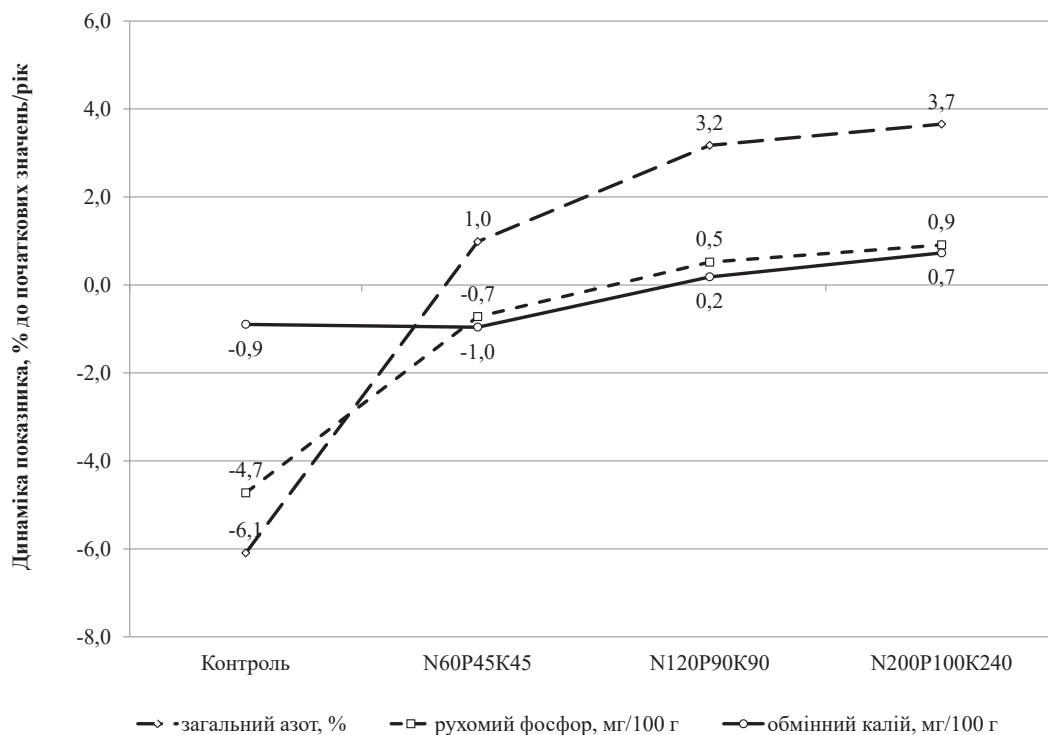


Рис. 3. Динаміка основних агрохімічних показників орного шару ґрунту в разі внесення органічних добрив за беззмінного вирощування конопель посівних (\pm % до початкових аналізів у середньому за 1 рік)

до позитивного балансу, а і сполук рухомого фосфору й обмінного калію. За результатами аналізів на даному варіанті можна стверджувати, що тенденції, які відзначалися у процесі вирощування конопель посівних у беззмінних посівах із внесенням 40 т/га гною, приводили до формування позитивного балансу основних агрохімічних показників. Тобто вирощування культури в беззмінних посівах проходило без зниження рівня родючості ґрунту.

У разі внесення гною в дозі 80 т/га вміст сполук загального азоту в орному шарі ґрунту був найбільшим у дослідженнях – 24,6 мг/100 г ґрунту (+0,7 мг/100 г щорічно). Вміст сполук рухомого фосфору на даному варіанті перевищував рівень початкових аналізів на 0,5 мг/100 г, а сполук обмінного калію – на 0,4 мг/100 г. Тобто ця доза органічних добрив також забезпечувала позитивний баланс основних агрохімічних показників ґрунту під час вирощування конопель посівних у монокультурі.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що коноплі посівні можна вирощувати в беззмінних посівах без зниження основних агрохімічних показників ґрунту, але за обов'язкового внесення мінеральних або органічних добрив у достатній кількості для компенсації вивезених із продукцією елементів живлення.

Вирощування конопель посівних у беззмінних посівах без внесення добрив призводить до значного зниження основних агрохімічних показників орного шару ґрунту. У разі застосування мінеральних добрив у дозі $N_{200}P_{100}K_{240}$ агрохімічні показники за період проведення дослідів були на одному рівні з показниками, які визначали перед закладкою дослідів. Така ж закономірність спостерігається за внесення гною в дозі 20 т/га. Внесення гною в дозі 40 т/га і більше формувало позитивний баланс усіх основних агрохімічних показників ґрунту, що досліджувалися.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Musio S., Müssig J., Amaducci S. Optimizing hemp fiber production for high performance composite applications. *Frontiers in Plant Science*. 2018. № 9. P. 1702.
2. The price of cannabis in Canada / M. Ouellet et al. *Public Safety Canada. Sécurité publique Canada*. 2017.
3. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China / S. Amaducci et al. *Industrial Crops and Products*. 2015. № 68. P. 2–16.
4. Рекуненко Н. Аграрии отказываются от конопляного бизнеса. Эксперт назвал причины. *AgroPortal.ua* : вебсайт. URL: <http://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/agrarii-otkazyvayutsya-ot-konoplyanogo-biznesa-ekspert-nazval-prichiny/> (дата звернення: 25.12.2020).
5. Дудкина Т. Допустимое насыщение севооборотов полевыми культурами. *Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве*. 2019. С. 261–265.
6. Свиридов В., Свиридова О. Управление балансом гумуса в севооборотах посредством состава и соотношения посевных площадей возделываемых культур. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2. С. 6–11.
7. A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and

Utilities of Hemp in the United States / I. Adesina et al. *Agriculture*. 2020. № 10 (4). P. 129.

8. Сычев В. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. Москва : РАН, 2019. 328 с.
9. Кабанец В. Вплив мікроелементів та вапнування на окупність добрив при вирощуванні конопель посівних в монокультурі. *Луб'яні та технічні культури*. 2017. № 5. С. 163–168.
10. Особливості динаміки гумусу в ґрунтах Сумщини / В. Мартиненко та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2012. Вип. 9. С. 54–57.
11. Evaluating Soil Properties Under Hemp Production in Western Kentucky / A. et al. 2019.

REFERENCES:

1. Musio S., Müssig J., Amaducci S. Optimizing hemp fiber production for high performance composite applications. *Frontiers in Plant Science*. 2018. № 9. P. 1702.
2. Ouellet M.L., Macdonald M., Bouchard M., Morselli C., Frank R. The price of cannabis in Canada. *Public Safety Canada. Sécurité publique Canada*. 2017.
3. Amaducci S., Scordia D., Liu F.H., Zhang Q., Guo H., Testa G., Cosentino S.L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*. 2015. № 68. P. 2–16.
4. Reкуненко N. Agrarii otkazyvajutsja ot konopljanogo biznesa. Jekspert nazval prichiny. [Farmers abandon the hemp business. The expert named the reasons] *AgroPortal.ua* : veb-sajt. URL: <http://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/agrarii-otkazyvayutsya-ot-konoplyanogo-biznesa-ekspert-nazval-prichiny/> (data zvernennja: 25.12.2020). [in Russian].
5. Dudkina T.A. Dopustimoe nasyshhenie sevooborotov polevymi kul'turami. [Permissible saturation of crop rotations with field crops]. *Innovacionnaja dejatel'nost' nauki i obrazovanija v agropromyshlennom proizvodstve*. 2019. S. 261–265. [in Russian].
6. Sviridov V.I., Sviridova O.V. Upravlenie balansom gumusa v sevooborotah posredstvom sostava i sootnoshenija posevnyh ploshhadej vozdelivaemyh kul'tur. [Human balance management in crop rates through the composition and relationships of the cropping area cultivated crops]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2019 № 2. S. 6–11. [in Russian].
7. Adesina I., Bhowmik A., Sharma H., Shahbazi A. A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and Utilities of Hemp in the United States. *Agriculture*. 2020. № 10 (4), P. 129.
8. Sychev V.G. Sovremennoe sostojanie plodorodija pochv i osnovnye aspekty ego regulirovanija [The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation]. – M.: RAN, 2019. 328 s. [in Russian].
9. Kabanec' V.M. Vpliv mikroelementiv ta vapnuvannja na okupnist' dobriv pri viroshhuvanni konopel' posivnih v monokul'turi [The influence of microelements and liming on the payback of fertilizers in the cultivation of hemp in monoculture]. *Lub'jani ta tehnicni kul'turi*. 2017. № 5. S. 163–168. [in Ukrainian].
10. Martinenko V.M., Sahno V.P., Sirjak M.M., Micaj S.G., Ponomarenko O.O. Osoblivosti dinamiki

gumusu v r'untah Sumshhini. [Features of the dynamics of humus in the soil of Sumy region]. Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Serija : Agronomija i biologija. 2012. Vip. 9. S. 54–57. [in Ukrainian].

11. Keairns A.L., Drane A.S., Carmichael M., Handayani I. Evaluating Soil Properties Under Hemp Production in Western Kentucky, 2019.

Кабанець В.М., Бердін С.І. Вплив беззмінних посівів конопель посівних на агрохімічні показники орного шару ґрунту

Мета. Дослідити динаміку основних агрохімічних показників орного шару ґрунту під час вирощування конопель посівних у беззмінних посівах за різних схем удобрення. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний і статистичний. **Результати.** Досліджена динаміка агрохімічного стану ґрунтів під час вирощування конопель посівних у монокультурі. Встановлено, що вирощування цієї культури в беззмінних посівах без застосування добрив призводить до значного зменшення вмісту гумусу й основних елементів живлення в орному шарі за період проведення досліджень. У результаті проведеного порівняльного аналізу попередніх та кінцевих агрохімічних аналізів визначені варіанти з дозами добрив, які дозволяють вирощувати коноплі без зниження показників вмісту гумусу, загального азоту, рухомого фосфору й обмінного калію. **Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що коноплі посівні можна вирощувати в беззмінних посівах без зниження основних агрохімічних показників ґрунту, але за обов'язкового внесення мінеральних або органічних добрив у достатній кількості для компенсації вивезених із продукцією елементів живлення. Вирощування конопель посівних у беззмінних посівах без внесення добрив призводить до значного зниження основних агрохімічних показників орного шару ґрунту. У разі застосування мінеральних добрив у дозі $N_{200}P_{100}K_{240}$ агрохімічні показники за період проведення дослідів були на одному рівні з показниками, які визначали перед закладкою дослідів. Така ж закономірність спостерігається в разі внесення гною в дозі 20 тонн на гектар. Внесення гною в дозі 40 тонн на гектар і більше

формувало позитивний баланс усіх основних агрохімічних показників ґрунту, що досліджувалися.

Ключові слова: технологія вирощування, мінеральні добрива, органічні добрива, вміст гумусу, загальний азот, рухливий фосфор, обмінний калій.

Kabanets V.M., Berdin S.I. Influence of invariable crops of hemp on agrochemical indicators of an arable layer of soil

Purpose. To investigate the dynamics of the main agrochemical parameters of the arable soil layer in the cultivation of hemp in invariable crops with different fertilization schemes. **Methods.** Field, Laboratory, calculation-comparative and statistical. **Results.** Information on the dynamics of the soil-agrochemical state of soils in invariable crops of hemp is obtained. It was found that growing hemp in a monoculture without the use of fertilizers leads to a significant decrease in the content of humus and basic nutrients in the arable layer during the research period. As a result of the comparative analysis, variants with doses of fertilizers were identified, which allow to grow hemp without deterioration of humus, total nitrogen, mobile phosphorus and metabolic potassium. **Conclusions.** As a result of the conducted research, it was established that hemp can be grown in invariable crops without reducing the main agrochemical indicators of the soil, but with the mandatory application of mineral or organic fertilizers at a level sufficient to compensate for the elements of nutrition taken out with the products. Growing hemp in invariable crops without fertilization leads to a significant decrease of the main agrochemical indicators of the arable soil layer. When using mineral fertilizers at a dose of $N_{200}P_{100}K_{240}$, the agrochemical indicators for the duration of the experiment were at the same level as the indicators that were determined before starting the experiment. The same pattern is observed when applying manure at a dose of 20 t/ha. Application of manure at a dose of 40 t/ha and more formed a positive balance of all major agrochemical parameters of the studied soil.

Key words: cultivation technology, mineral fertilizers, organic fertilizers, humus content, total nitrogen, mobile phosphorus, metabolic potassium.

ОТРИМАННЯ БІОКОМПОСТУ ЗА ПОПЕРЕДНЬОЮ ОБРОБКОЮ СИРОВИНИ ЕМ-ПРЕПАРАТАМИ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет

МОСТІПАН М.І. – кандидат біологічних наук, професор

orcid.org/0000-0001-5317-6315

Центральноукраїнський національний технічний університет

КУЛИК Г.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-7062-3842

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Промислове вирощування гриба *Pleurotus ostreatus* залишає по собі величезну кількість відпрацьованого солом'яного субстрату, який необхідно утилізувати.

Але необхідно враховувати біологічну особливість Гливи звичайної. На відміну від інших легніноруйнуючих базидіальних грибів, вона не здатна перетворити субстрат на поживний розчин. Тому для створення оптимальних умов для засвоєння даного виду органічної сировини ґрунтовою біотою необхідно зруйнувати шар лігніну, який захищає соломовміщуючі відходи грибного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За загальноприйнятою думкою, даний вид відходів можна використовувати або як корм для сільськогосподарських тварин, або як нетрадиційне органічне добриво [1].

Проблема полягає в тому, що жоден вид сільськогосподарських тварин не споживає даний вид сировини. А для ґрунтового шляху утилізації необхідно створити умови для перетворення відходів на органічне добриво [2].

Найбільш поширеним методом біоконверсії лігніновміщуючих відходів є різні види компостування, як-от аеробне, анаеробне та з використанням вермикультури [3]. Кожний вид компостування має низку переваг і недоліків, про що яскраво свідчать результати експериментальних досліджень, проведених у різних природно-кліматичних зонах із використанням різних наповнювачів [4; 5].

Останнім часом деякі науковці вважають досить інноваційним напрямом перетворення відходів різних галузей народного господарства на компости – верми-технологію [6; 7]. Вона являє собою систему організаційно-технологічних заходів, ключовим аспектом якої є застосування вермикультури – популяції черв'яків разом із супутніми гетеротрофними організмами в конкретному органічному субстраті. Верми-технологія є прогресивним та перспективним напрямом екологічного напрямку аграрного виробництва, який забезпечує підвищення не тільки продуктивності й екологічної стійкості, але й саморегуляційної здатності будь-якої агроєкосистеми. Тому її можна вважати ключовим елементом біологічного землеробства.

Мета статті. Розробити оптимальне технологічне рішення проблеми спільної утилізації відпрацьованих грибних блоків та відходів тваринницьких комплексів, з мінімальними капіталовкладеннями. Завдання дослі-

дження полягало у вивченні впливу ЕМ Біоактив на руйнування лігнінового шару солом'яних відходів вирощування гриба Гливи звичайної для подальшого компостування за участю дощових черв'яків.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в науковій лабораторії «Промислового грибівництва та технологій захисту культивованих грибів» кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2019–2020 рр.

Для проведення досліджень із вермикультивування і вермикомпостування була приготовлена серія органічних субстратів, що містять різні види органічних відходів тваринництва та рослинництва: солома ячмінна (грибні блоки), солома пшенична (відпрацьовані грибні блоки), кукурудзяна дробина, а також рідкі екскременти ВРХ, видалені за допомогою гідрозмиву (гноївка). Кожна з перелічених вище органічних решток була змішана із гноївкою (рН – 5,8) у співвідношенні 1 : 1. Усі органічні компоненти (крім торфу) попередньо були подрібнені до пастоподібного стану.

Схема досліду 1:

Контроль: гноївка (200 г) + торф (200 г).

Варіант 1: гноївка (200 г) + кукурудзяна дробина (200 г).

Варіант 2: гноївка (200 г) + солома ячмінна (200 г).

Варіант 3: гноївка (200 г) + солома пшенична (200 г).

Повторність досвіду чотириразова. У кожен контейнер помістили по 20 статевозрілих (без пасків) дощових черв'яків, попередньо виміряли їхню масу. В експерименті використовували статевозрілих дощових черв'яків *Eisenia fetida*. Були відібрані черв'яки приблизно одного віку (три тижні), однакової довжини (3–3,5 см), без пасків. Було приготовлено 4 варіанти субстрату. Для кожної ємності із субстратом було відібрано по 20 черв'яків, визначена їхня загальна маса і, виходячи із цього, виведена середня маса одного черв'яка.

Під час експерименту використовували кількісно-ваговий, візуальний, математично-статистичний методи, загально визнані в Україні методики та рекомендації [8].

Результати досліджень. Ефективність процесу вермикомпостування оцінювали за відсотком виходу копроліту. Для визначення маси копроліту з ємності були витягнуті черв'яки і кокони. Ємності з переробленим субстратом були залишені для підсушування, для того

щоб вологість вмісту в ємностях не перевищувала 55%. Після підсушування перероблений субстрат був просіяний через дрібне сито, у результаті чого копроліт був відділений від не перероблених хробаками залишків.

Кількість черв'яків і коконів лічили вручну після вилучення їх із субстрату. Після вилучення з ємності й обліку черв'яки були очищені від копроліту і залишків субстрату, заново перелічені, зважені для подальшого визначення збільшення маси. Кокони також були порановані і зважені.

Було приготовлено три варіанти органічного субстрату. У кожен контейнер поселили по 20 особин.

Перед запуском у субстрат визначали середню вагу черв'яків (таблиця 1).

Контейнери із субстратом помістили у приміщення з температурою повітря +20 °С. Вологість субстрату була доведена до 80%.

Через 45 днів після закладки досвіду був проведений облік ваги черв'яків у кожному контейнері. Оскільки у варіантах із використанням пивних дріжджів була відзначена масова загибель черв'яків, у контейнери даного варіанта було додано відсутню кількість особин, які попередньо також були зважені.

Через 20 днів після повторного заселення черв'яків провели облік:

- черв'яків із пасками;
- черв'яків без пасків;
- молоді;
- коконів.

Окремо були зважені черв'яки з пасками і без пасків. У кожному варіанті контролювали рівень кислотності (вимірювали рН).

Ще через 30 днів повторно провели всі операції з урахуванням чисельності черв'яків. Після чого був здійснений відсів із субстрату копроліту шляхом просіву через сито з діаметром отворів 3 мм (таблиця 2).

У результаті досвіду було визначено, що через тиждень після інтродукції дощових черв'яків у всіх варіантах, крім контрольного (з торфом), спостерігалися сильне запліснявлення субстрату і масова загибель черв'яків. Із цієї причини черв'яків, які залишилися живими, витягли із субстрату. Субстрат ретельно перемішали і залишили на два тижні до повного припинення процесів бродіння низькомолекулярних цукрів і появи цвілі. Повторний запуск черв'яків проводили за вищеописаною схемою. Через місяць черв'яків витягли із субстрату, перелічили, провели контрольне зважування.

З даних, представлених у таблиці 2, видно, що в субстратах із ячмінною та пшеничною соломкою раніше спостерігалася незначна загибель черв'яків, що свідчить про необхідність більш тривалого періоду попередньої обробки субстрату ЕМ Біоактив з подальшою біоконверсією [9] та вермикультивуванням даних видів відходів.

За період експерименту маса одного черв'яка на всіх варіантах, окрім контрольного варіанта, збільшилася майже втричі. Надбавка маси одного черв'яка у варіантах із кукурудзяною дробиною та пшеничною соломкою була на рівні контрольних значень. У варіанті з ячмін-

Таблиця 1 – Середня вага черв'яків у кожному контейнері (г)

Варіант досвіду	Повторність	Кількість черв'яків / контейнер, шт.	Біомаса черв'яків / контейнер, г	Вага 1 го черв'яка, г
1	1	20	1,640	0,08
	2	20	1,900	0,09
	3	20	1,785	0,08
	4	20	1,815	0,08
2	1	20	2,680	0,13
	2	20	1,645	0,08
	3	20	2,785	0,13
	4	20	2,564	0,11
3	1	20	2,495	0,12
	2	20	2,510	0,12
	3	20	3,095	0,15
	4	20	2,492	0,14

Таблиця 2 – Вплив складу субстрату на кількість і вагу черв'яків

Варіант досвіду	Кількість черв'яків, шт.		Вага черв'яків / контейнер, г		Вага одного черв'яка, г	
	На початку досвіду	У кінці досвіду	На початку досвіду	У кінці досвіду	На початку досвіду	У кінці досвіду
Контроль	20	24	4,63	15,42	0,23	0,63
1	20	20	4,2	12,25	0,2	0,59
2	20	19	4,13	7,84	0,2	0,41*
3	20	16	4,28	10,69	0,21	0,64

ною соломною спостерігався мінімальний приріст маси одного черв'яка (приблизно вдвічі).

Отже, для підтримки фізіологічних процесів дорослих особин дощових черв'яків кукурудзяною дробиною та пшеничною соломною забезпечують рівень харчування, схожий із традиційним субстратом, тобто гноївкою ВРХ.

Для оцінки впливу складу субстрату на генеративні функції дощових черв'яків наприкінці експерименту здійснили підрахунок кількості та ваги коконів. Максимальна кількість коконів виявлена в контролі – на субстраті із гноєм ВРХ (таблиця 3).

Серед досліджених видів відходів формуванню найбільшої кількості коконів сприяли ячмінна та пшенична солома. У даних варіантах, було виявлено також 9 та 11 молодих черв'яків відповідно. У субстратах із пивною дробиною кокони були відсутні.

Отже, результати експерименту показали, що для підтримки високих показників плодючості черв'яків жоден із досліджених харчових відходів не забезпечує такого ж рівня живлення, як традиційний субстрат – гній ВРХ. Тільки очищення картоплі забезпечило показники плодючості черв'яків, порівняні з контрольними.

Збільшення чисельності і ваги дощових черв'яків є основним показником ефективності процесу вермикомпостування. Основним показником процесу вермикомпостування є вихід копроліту (біогумус) – одного з найбільш цінних органічних добрив.

Відсів копроліту з переробленого хробаками субстрату і його зважування показало, що використання як субстрату харчових відходів сприяє помітному збільшенню виходу копроліту порівняно з використанням гною ВРХ. Максимальний вихід копроліту був відзначений у варіанті з різними видами соломи, а мінімальний у варіанті з кукурудзяною дробиною (таблиця 4).

Збільшення виходу копроліту у варіантах із рослинними рештками в порівнянні із субстратом на кукурудзяній дробині, імовірно, пов'язано з більш низькою харчовою цінністю для черв'яків дослідженої побіч-

ної продукції і, як наслідок, необхідністю більш активного поглинання субстрату. А от субстрат на основі гноївки ВРХ та кукурудзяної дробини, навпаки, відрізняється більшою поживністю, тому поглинається черв'яками менш інтенсивно, забезпечує насамперед приріст ваги самих черв'яків і коконів, а не продуктів їхньої життєдіяльності, тобто копроліту. Із цієї причини кукурудзяна дробина + гноївка більше підходить для процесів вермикультивування, а досліджені гноївка + солом'яні відходи грибного виробництва – для процесів вермикомпостування.

Відсутність коконів у контрольних варіантах може бути пов'язана зі зниженим вмістом вуглецю й азоту, а також більш широким їх співвідношенням (таблиця 5).

Отже, результати експерименту показали, що застосування досліджених харчових відходів як поживного середовища для дощових черв'яків не забезпечує підвищення продуктивності процесів вермикультивування, навпаки, спричиняє зниження біомаси дощових черв'яків і зменшення показників їхньої плодючості. Серед досліджених видів відходів тільки кукурудзяна дробина забезпечила показники біомаси черв'яків і їхньої плодючості, порівнянні з рослинними рештками, які традиційно використовуються у вермикультивуванні для отримання органічного добрива.

Для визначення економічної ефективності досліджуваних чинників утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ Біоактив за основу були взяті такі показники: виробничі витрати, вартість валової продукції, чистий прибуток, собівартість і рівень рентабельності. В основу розрахунків покладені нормативні затрати праці та засобів. Розрахунок витрат на утилізацію побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ Біоактив наведено в таблиці 6.

Відповідно до наведених у таблиці розрахунків, сума витрат на 1 т реалізованої продукції для субстрату на основі пшеничної соломи становить 2 268,6 грн. У структурі витрат понад 80% становлять виробничі, з них

Таблиця 3 – Вплив складу субстрату на кількість і вагу коконів

Варіант досліджу	Кількість коконів / контейнер, шт.	Вага коконів / контейнер, г	Вага одного кокона, г	Кількість молодих черв'яків
Контроль	0	0	0	0
1	9	0,13	0,014	0
2	50	0,8	0,016	9
3	84	0,86	0,01	11

Таблиця 4 – Вплив складу субстрату на вихід копроліту

Варіант досліджу	Маса субстрату, г	Маса копроліту, г	Вихід копроліту, % субстрату
Контроль	202,0	156,3	61,7
1	225,7	157,7	61,0*
2	228,7	178,0	77,8*
3	203,0	160,7	79,1*

Таблиця 5 – Вміст загального вуглецю й азоту в субстраті

Варіант досліджу	Вміст вуглецю (C), %	Вміст азоту (N), %	Співвідношення C : N
Контроль	46,67 ± 9,33	1,95 ± 0,12	23,93
1	41,33 ± 8,27	1,53 ± 0,11	27,0
2	47,01 ± 9,41	2,06 ± 0,13	25,0
3	47,61 ± 9,52	2,00 ± 0,12	23,8

Таблиця 6 – Затрати на утилізацію побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ Біоактив, грн/т

Показник	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Вартість органічних відходів на 1 т біогумусу	216,0	252,1	277,0	276,9
Транспортування органічних відходів на площадку для компостування	42,0	48,3	52,9	53,8
Навантаження органічних добрив	52,4	60,4	66,1	67,2
Розкладання органічних відходів у контейнери	52,4	60,4	66,1	67,2
Обробка органічних відходів ЕМ-препаратами	135,7	156,2	171,2	174,0
Заселення компосту маточним поголів'ям	308,5	355,0	389,0	395,5
Догляд за компостом (полив, рихлення, укриття соломю)	419,6	482,8	529,0	537,9
Вибірка готового біогумусу	216,0	248,5	272,3	276,9
Пересівання біогумусу	259,1	298,2	326,8	332,2
Інші витрати	67,9	78,1	85,6	87,0
Разом	1 769,6	2 039,8	2 236,0	2 268,6

більше третини – це вартість субстрату для виробництва біогумусу. На оплату праці з нарахуваннями, амортизацію необоротних активів припадає 30% виробничих витрат. Витрати від іншої операційної діяльності наполовину складаються з вартості утримання адміністративного персоналу, вартість маточного поголів'я не перевищує 10%.

Економічна ефективність утилізації відпрацьованих грибних блоків за допомогою ЕМ препарату в значній мірі визначається затратами на оплату праці, ціною політикою на гній, соломю, зелену масу, маточне поголів'я черв'яка, які сформувалися на момент розрахунку.

Варто також зауважити, що на ціну біогумусу, ЕМ-препарату та біомасу черв'яків значною мірою впливають їхні якісні показники – сукупність органічних і фізико-хімічних властивостей, які зумовлені дотриманням технологічних стандартів виробництва та якістю компонентів.

Більш цінною продукцією вермикюльтури є біомаса черв'яка, вартість якої суттєво різниться щодо визначеного напрямку реалізації. Оптова ціна продажу маси черв'яка для переробки на кормові цілі не перевищує 10 тис. грн/т. Реалізація дрібних партій для риболовецьких цілей є більш рентабельною, оскільки ціна за 1 кг у середньому на ринку коливається від 150–200 грн.

Маточне поголів'я можна реалізувати іншим підприємствам у вигляді маточних сімей за ціною від 200 грн/кг або від 400 до 550 грн за сім'ю. Сім'я складається з не менше 2 000 штук особин. Маточне поголів'я черв'яків складається з дорослих черв'яків (10–25%), молодих черв'яків (60–80%), коконів черв'яків (10–15%).

Однак реалізація біомаси черв'яка за даними напрямками обмежується відносно незначним попитом [3].

Основні показники економічної ефективності утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ-препаратів наведені в таблиці 7.

У структурі доходу від продажу утилізації відпрацьованих грибних блоків на основі ячмінної та пшеничної соломи за допомогою ЕМ-препаратів основну частку становить біогумус. На реалізацію черв'яка для кормових цілей припадає приблизно четверть усіх доходів від вермикюльтури. Проте варто зазначити, що реалізація біомаси черв'яків для риболовецьких цілей і розведення маточного поголів'я дозволить підвищити її частку у структурі доходу.

Висновки. Наші дослідження показали, що запропонована технологія утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ-препаратів є ефективною з економічного погляду, навіть за реалізації продукції за оптовими цінами (ринкова ціна біогумусу станом на 2019 р. становила 6 000 грн/т). Зазначена технологія забезпечила отримання умовно чистого прибутку за всіма варіантами від 1,32 грн на контрольних варіантах до 1,69 грн на варіанті утилізації відпрацьованих грибних блоків на основі пшеничної та ячмінної соломи, а також рівень рентабельності в межах 74%.

Серед досліджених видів поживних решток тільки ячмінна солома забезпечує достатній рівень живлення, якщо порівняти із традиційним субстратом, виготовленим на основі гною ВРХ. Тому даний вид відходів більше

Таблиця 7 – Економічна ефективність утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ-препаратів

Показники	Варіант досліджу			
	Контроль	1	2	3
Вихід біогумусу (кг) з 1 кг побічної продукції	0,617	0,71	0,778	0,791
Виручка від реалізації біогумусу, грн	3,09	3,55	3,89	3,96
Затрати на виробництво біогумусу, грн/кг	1,77	2,04	2,24	2,27
Умовно чистий прибуток від реалізації біогумусу, грн	1,32	1,51	1,65	1,69
Рівень рентабельності, %	74,34	74,03	73,97	74,34
Виручка від реалізації маточного поголів'я, грн	0,00	45,72	47,79	48,15
Виручка від реалізації біомаси черв'яків, грн	154,20	122,50	78,40	106,90

підходить для вермикюльтури, забезпечує підтримку високих показників плодючості дощових черв'яків, отримання їх високої біомаси.

Використання солом'яних наповнювачів у складі органічного субстрату підвищує ефективність вермикюстування, на 10–20% збільшує вихід копроліту порівняно з використанням торфу та гноївки.

Незважаючи на те, що в досліджених кількостях (50% від ваги субстрату) кукурудзяна дробина забезпечує досить високий рівень живлення дощових черв'яків, даний тип органічних відходів не підходить для забезпечення високих показників розмноження черв'яків, а значить, не може бути рекомендований для вермикюльтування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Новые технологии получения высококачественных кормовых добавок / Н. Ковалев и др. Тверь, 2000. 32 с.
2. Гаврилюк В., Бортник А., Августинович М. Ефективність використання осаду стічних вод як добрив на дерново-підзолистих ґрунтах. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 1. С. 65–71.
3. Евилевич А., Евилевич М. Утилизация осадков сточных вод. Ленинград : Стройиздат, 1988. 248 с.
4. Абрамович О. Оцінка післядії впливу ферментованого органічного добрива на врожай та якість зерна вівса. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2013. Вип. 17. Т. II. С. 22–24.
5. Гаценко М. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. № 19 (1). С. 11–20.
6. Архипченко И. Оптимизация процесса компостирования и влияние биокomпостов на урожай. *Агрохимический вестник*. 2001. № 5. С. 22–25.
7. Архипченко И. Получение высококачественных компостов. *Экология и промышленность России*. 2000. № 5. С. 16–19.
8. Доспехов Б. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Ковальов М., Михайлова Д. Ферментація відпрацьованих грибних блоків ЕМ-препаратами для отримання компосту. *Сучасний стан науки в сільському*

господарстві та природокористуванні: теорія і практика : матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, 20 листопада 2019 р. Тернопіль, 2019. С. 110–113.

REFERENCES:

1. Kovalov, N.G. (Eds.). (2000). *Novye tekhnologii polucheniya vysokokachestvennykh kormovykh dobavok [New technologies for obtaining high-quality feed additives]*. Tver. [in Russian].
2. Gavrylyuk V.A., & Bortnik A.M., & Augustynovych M.B. (2018). Efektyvnist vykorystannia osadu stichnykh vod yak dobryv na demovo-pidzolystrykh gruntakh [Efficiency of sewage sludge use as fertilizers for sod-podzolic soils]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 65–71 [in Ukrainian].
3. Evilevich A.Z., & Evilevich M.A. (1988). Utilizatsiya osadkov stochnykh vod [Utilization of sewage sludge]. Leningrad: Stroyizdat [in Russian].
4. Abramovych O.V. (2013). Otsinka pisliadii vplyvu fermentovanoho orhanichnoho dobryva na vrozhai ta yakist zerna vivsa [Assessment of the aftereffect of the impact of fermented organic fertilizer on productivity and quality of oat grain]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv – Scientific works of the Institute of bioenergy crops and sugar beets*. 17 (II), 22–24 [in Ukrainian].
5. Hatsenko, M.V. (2014). Kompostuvannia orhanichnoi rechovyny. [Composting of organic matter.] *Mikrobiologichni aspekty. Silskohospodarska mikrobiologiya – Microbiological aspects. Agricultural microbiology*, 19 (1), 11–20 [in Ukrainian].
6. Arkhipchenko I.A. (2001). Optimizatsiya protsessa kompostirovaniya i vliyanie biokompostov na urozhay [Optimization of the composting process and the influence of biokomposts on the crop]. *Agrokhimicheskii vesnik – Agrochemical Bulletin*, 5, 22–25 [in Russian].
7. Arkhipchenko I.A. (2000). Poluchenie vysokokachestvennykh kompostov. [Obtaining high quality compost]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and industry of Russia*, 5, 16–19 [in Russian].
8. Dospikhov B.A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab [Methods of field experience (with basics of statistical processing of research results). 5th revised edition]. Moskva: AGROPromizdat [in Russian].
9. Kovalov M.M., & Mikhailova D. (2019). Fermentatsiya vidpratsovanykh hrybnykh blokov EM prepara-

ratamy dla otrzymania kompostu [Fermentation of used fungal blocks by EM-preparations to obtain compost]. Proceedings from Materialy mizhnarodnoi naukovoï internet konferentsii "Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka" – Current state of science in agriculture and nature management "theory and practice Proceedings of the international scientific Internet conference". (pp. 110–113). Ternopil: [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Мостіпан М.І., Кулик Г.А. Отримання біокомпосту за попередньою обробкою сировини ЕМ-препаратами

Компостування – один із найбільш поширених методів сумісної утилізації відходів рослинницької та тваринницької галузей. Застосування прогресивної технології сумісного компостування гною великої рогатої худоби та відходів вирощування продукції рослинництва із застосуванням мікробних препаратів дозволяє отримати біокомпост. Його основною перевагою перед іншими компостами є дешевизна. Окрім цього, використанням даної технології можна вирішити низку екологічних проблем. **Мета** наших досліджень – розробити технологію спільної утилізації відходів рослинництва та тваринництва з використанням мікробіологічних препаратів. **Методи.** Для проведення досліджень із вермикультивування і вермикомпостування була приготувана серія органічних субстратів, що містять різні види органічних відходів тваринництва та рослинництва: солома ячмінна, солома пшенична, кукурудзяна дробина, а також рідкі екскременти ВРХ, видалені за допомогою гідрозмиву. Кожна з перелічених вище органічних решток була змішана із гноївкою (рН – 5,8) у співвідношенні 1 : 1. Усі органічні компоненти (крім торфу) попередньо були подрібнені до пастоподібного стану. **Результати.** Аеробне компостування з коротким терміном перебігу біохімічних процесів, де відходи тваринництва і рослинництва вивозяться на спеціальний гідроізолюваний майданчик, обладнаний системою перфорованих труб для подачі повітря та відведення інфільтрату. Відходи складуються в кагати пошарово, з обов'язковою обробкою кожного шару мікробіологічним препаратом – ЕМ Біоактив або ЕМ Компост.

Перебіг мікробіологічних процесів розкладу та знезараження компостної суміші інтенсифікується заміщенням облигатних мікроорганізмів органічного наповнювача факультативними препаратом. Періодично контролюються температура, вологість і вміст CO₂ в кагаті.

У разі дотримання всіх технологічних вимог після завершення компостування об'єм кагату зменшиться на 40–60%. Процентне колювання залежить від виду наповнювачів, які використовувалися. Рекомендована норма внесення готового продукту становить 3–10 тонн на гектар, залежно від гранулометричного складу ґрунту та ступеня його гумусованості.

Завдяки використанню ЕМ-препаратів компост абсолютно безпечний у санітарно-епідеміологічному плані, адже не містить патогенної мікрофлори та позбавлений неприємного запаху, може використовуватись у різних галузях сільського господарства. **Висновки.** Технологія компостування з отриманням ЕМ-компосту аеробним способом є ресурсозберезувальною технологією, адже

не потребує великої кількості машин і обладнання. ЕМ-компост – це запорука екологічної стабільності регіону та держави загалом завдяки отриманню якісних та сталих врожаїв, підвищенню рентабельності тваринницької галузі.

Ключові слова: відходи, спільна утилізація, ЕМ Біоактив, компостування, ресурсозберезувальна технологія.

Kovalov M.M., Mostipan M.I., Kulyk H.A. Obtaining bio-compost by pre-treating base materials with EM preparations

Composting is one of the most common methods of utilization of waste from crop and livestock industries. Application of advanced technology of combined composting of cattle manure and waste from growing crop products with the use of microbial preparations allows obtaining bio-compost. Its main advantage over other composts is cheapness. In addition, using this technology can solve a number of environmental problems. **Purpose.** The objective of our research was to develop technology for combined utilization of crop and livestock waste using microbiological preparations. **Methods.** A series of organic substrates containing various types of organic livestock and crop wastes were prepared for research on vermin-culture and vermin-composting: barley straw, wheat straw, corn grit, as well as liquid cattle excrement removed by hydro-washing. Each of the above organic residues was mixed with manure (pH – 5.8) in the ratio of 1:1. All organic components (except peat) were pre-milled to a pasty state. **Results.** Aerobic composting with a short course of biochemical processes is when livestock and crop waste is taken to a special hydro-insulated site, equipped with a system of perforated pipes for air supply and drainage of infiltrate. The waste is stored in layers with mandatory treatment of each layer with a microbiological preparation – EM Bioactive or EM Compost.

The course of microbiological processes of decomposition and disinfection of the compost mixture is intensified by replacing the obligate microorganisms of the organic filler with optional preparations. Temperature, humidity and CO₂ content in the pile are periodically monitored.

If all technological requirements are met, the volume of the pile will be reduced by 40–60% after composting. The percentage fluctuation depends on the type of fillers used. The recommended application rate of the finished product is 3–10 t/ha, depending on the particle size distribution of the soil and the degree of its humus content.

Due to the use of EM drugs, compost is absolutely safe in sanitary and epidemiological terms, because it does not contain pathogenic microflora and is devoid of unpleasant odors and can be used in various sectors of agriculture.

Conclusions. Composting technology with the production of EM compost by aerobic method is a resource-saving technology, because it does not require a large number of machines and equipment. EM compost is a guarantee of ecological stability of the region and the state as a whole due to obtaining high-quality and sustainable yields, increasing profitability of the livestock industry.

Key words: waste, combined utilization, EM Bioactive, composting, resource-saving technology.

ВПЛИВ НЕОНІКОТИНОЇДНИХ ІНСЕКТИЦИДІВ НА МІКРОБІОМ ҐРУНТУ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

МЕЛЬНИЧУК Ф.С. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-2711-5185

Державне підприємство «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів»
Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
МАРЧЕНКО О.А. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-2419-4191

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
КОВАЛЬ Г.В. – аспірант
orcid.org/0000-0002-5874-4745

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Інсектициди є важливою складовою частиною системи захисту рослин проти шкідників сільськогосподарських культур в умовах зрошення. Неонікотинοїдні інсектициди – системні та нейроактивні препарати, які є похідними синтетичних нікотинοїдів, що широко використовуються в агрови́робництві. Особливості дії інсектицидів у ґрунті на мікроорганізми залежать від багатьох чинників: умов існування мікроорганізмів, сільськогосподарської культури, що вирощується, норм пестицидів, тривалості їхньої дії. Зрошення також є важливим чинником, який впливає як на формування мікробного товариства, так і на перерозподіл інсектицидів у ґрунті, потребує детальних наукових досліджень.

Найбільша кількість пестицидів в агроєкоценозах потрапляють у ґрунт та накопичуються. Тому дослідження комплексного впливу обробок неонікотинοїдними інсектицидами на функціональну реакцію бактерій, особливості їхньої взаємодії з агроєкосистемами дасть змогу встановити вплив даних препаратів на нецільові об'єкти, на цій основі розробити сільськогосподарські технології з метою контролю та зменшення цих негативних впливів, а також дослідити роль мікроорганізмів у процесах біоремедіації інсектицидів в умовах зрошення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Неонікотинοїдні інсектициди поділяють на три основні класи: хлоропіридинілові сполуки (імідаклоприд, нітєпірам, ацетаміприд і тіаклоприд), хлоротіазолільні сполуки (тіаметоксам і клотіанідин), тетрагідрофурилову сполуку (динотєфуран) [1]. Неонікотинοїди пригнічують активність ацетилхолінєстерази та є агоністами нікотин-ацетилхолінєвих рецепторів постсинаптичної мембрани, що пролонгують відкриття натрієвих каналів. Цей механізм дії призводить до блокування в комах передачі нервового імпульсу та загибелі організму. Останнім часом широкє й інколи надмірне застосування цих препаратів призводить до їх накопичення в навколишньому середовищі, що негативно впливає на стан екосистеми і здоров'я людей та тварин. Потрапляння неонікотинοїдів у ґрунт, акумуляція їх призводить до негативного впливу на нецільові об'єкти, змінює, зокрема, біорізноманіття мікроорганізмів. За деякими даними, унаслідок

дрейфу інсектицидів у ґрунті знижується чисельність ризобактерій та бактерій, які беруть участь у трансформції азоту [2]. Водночас збільшується кількість деяких ґрунтових бактерій, які можуть брати активну участь у процесах біодеградації пестицидів шляхом ферментативної деструкції. Під час застосування інсектицидів варто враховувати, що тільки приблизно 10% від загальної кількості препарату досягає цільових організмів, а 90%, які залишаються, розподіляються в навколишньому середовищі, негативно впливають на нецільові організми та загальний стан екосистеми [3]. З іншого боку, відомі деякі мікроорганізми, які беруть участь у деструкції нікотинοїдів: *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudoxanthomonas*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Actinomycetes*, *Stenotrophomonas* [4].

За даними Т. Морі та інших [5], мікробну біологічну деградацію клотіанідину виявили у гриба, що спричиняє білу гниль на деревних рослинах *Phanerochaete sordida*. Під час культивування мікроорганізм руйнував 37% клотіанідину протягом 20 днів вирощування. *Pseudomonas stutzeri* smk аеробно деградували 62% клотіанідину протягом 14 днів за 30 °С, що швидше, ніж повідомлялося раніше [6]. Біодеградація тіаметоксаму у ґрунті та в рідкій культурі виявлена в декількох видів мікроорганізмів *Ensifer adhaerens* TMX-23, ризобактерії, азотфіксатора [7], *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a, *Bacillus pumilus* SE34, *Sphingomonas* sp. TY та *Acinetobacter* sp. TW [8]. Біодеградація даної речовини в мікробних системах може відбуватись метаболічно, шляхом нітроредукції з утворенням метаболітів, як-от нітрозогуанідин / нітрозамін, аміногуанідин, дезнітро / гуанідин / імін та сечовина [9; 10]. Біодеградація тіаклоприду, за даними деяких авторів, відбувається шляхом вивільнення мікроорганізмами ціаногрупи тіаклоприду й окислення гідроксильної групи до карбонільної групи з утворенням 4-гідрокси-тіаклоприду [11; 12].

Мета статті – встановити вплив діючих речовин неонікотинοїдних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на мікробні угруповання ґрунту в умовах зрошення.

Матеріали і методи дослідження. Відбір проб ґрунту проводився в умовах Лісостєпу України на дослідних ділянках у ФГ «Агротєхлєб» (с. Любарці

Бориспільського р-ну Київської обл.) протягом 2019–2020 рр. на гібриді соняшнику Неома. Вегетаційні поливи соняшнику проводили із застосуванням методу дощування: перший – перед утворенням зачатків суцвіття, у фазі 2–3 пар листків, другий – на початку утворення кошиків, третій – на початку цвітіння, четвертий і п'ятий – у період наливання насіння. Рівень передпосівної вологості – 70–80% найменшої вологості (далі –)НВ. У проведеному дослідженні використовували бактеріологічні загальноприйняті методики виділення, ідентифікації та культивування мікроорганізмів ґрунту.

Статистичний аналіз зібраних даних проводився в модулях програми Microsoft Excel® і у спеціалізованій статистичній програмі R® (<https://www.r-project.org/>). Отримані дані проаналізовані двофакторним аналізом. Двоспрямований дисперсійний аналіз (ANOVA) проводили для визначення відсотка варіації досліджених параметрів ґрунту під впливом різних доз кожного дослідженого пестициду. Статистична значущість відмінностей у даних вимірювань оцінювалась шляхом ретроспективного порівняння з використанням тесту на найменшу значущу різницю (LSD).

Вивчення впливу пестицидів проводили з використанням методу аналізу компонент (далі – PCA), який дозволяє визначити найважливіші екологічні показники ґрунту.

Результати досліджень. Дослідження впливу клотіанідину на ґрунтові мікроорганізми та біохімічні властивості ґрунту за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Клотіанідин (N (2-хлор-1,3-тіазол-5-іл-метил) N'-метил-N-нітрогуанідин). Механізм дії даної речовини полягає у блокуванні передачі нервових імпульсів у комах через конкурентну дію до нікотинового ацетилхолінового рецептора, спричиняє шок та шлункову токсичність. Використовується клотіанідин в основному для протруювання насіння, обробки ґрунту на картоплі, цукровому буряку, ріпаку й інших культурах проти сисних комах із родин жорсткокрилих (Coleoptera), рівнокрилих (Homoptera) та двокрилих (Diptera).

За отриманими даними нами встановлено, що кількість фосфатмобілізуючих бактерій за однократної дози протягом двох тижнів зменшується порівняно з контролем. У разі збільшення дози препарату та тривалості експозиції від 14 до 56 діб спостерігається збільшення колонієутворювальних одиниць (далі – КУО) даної групи бактерій. Однак статистичний аналіз показав, що доза та тривалість дії інсектициду не мають статистично значущого впливу на кількість мікроорганізмів даної групи (табл. 1). Виявлено, що кількість бактерій-імобілізаторів мінерального азоту статистично достовірно збільшувалась у разі збільшення дози неонікотинідного інсектициду та тривалості впливу на ґрунтовий зразок (рис. 1, табл. 1). Це свідчить про участь даних мікроорганізмів у процесах біодеструкції клотіанідину і використанні як субстрату у ферментативних перетвореннях. Зазначено негативний вплив клотіанідину на кількість КУО мікроміцетів і педотрофних бактерій. У разі педотрофних мікроорганізмів зменшення популяції достовірно залежало від поєднання дози та тривалості впливу препарату (табл. 1).

Тіаметоксам (5-метил-3-(2-хлортіазол-5-ілметил)-1,3,5-оксадіазинан-4-іліден-N-нітроамін) має подібний механізм дії з імідаклопридом. Вивчення впливу тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводили за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. За нашими даними, вплив тіаметоксаму на мікробіом ґрунту був подібний до клотіанідину. Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуючих мікроорганізмів за експозиції від одного до 28 днів (рис. 2). Тривалість дії та дози тіаметоксаму не мали статистично значущого впливу на мікроорганізми даної групи у ґрунті (табл. 2). Кратність дози тіаметоксаму несуттєво впливала на популяцію бактерій із роду *Azotobacter* у разі короткої експозиції протягом доби. У разі збільшення експозиції відбувалось статистично значуще збільшення кількості мікроорганізмів цієї групи. Збільшення дози препарату негативно впливало на кількість КУО мікроміцетів. Педотрофні мікроорганізми й актиноміцети були менш чутливими до дії тіаметоксаму, статично достовірно на чисельність їхньої популяції впливала тривалість дії препарату (табл. 2). Бактерії – імобілізатори мінерального азоту в разі збільшення тривалості впливу інсектициду протягом 14 та 28 днів суттєво збільшували кількість КУО, що свідчить про участь цієї групи мікроорганізмів у метаболічних процесах деградації тіаметоксаму (табл. 2).

Вивчення впливу тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту проводилось застосуванням в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах. Тіаклоприд ((2Z)-[(6-хлорпіридин-3-іл)метил]-2-ціаніміно-1,3-тіадіазолідин) застосовується на яблуні (яблунева плоджерка, щитівка, листовертка, яблунева квіткоїда), винограді (гронова листовертка), соняшнику (попелиця, совка), а також ріпаку (ріпаковий квіткоїд, ріпаковий пильщик, прихованохоботники). За результатами досліджень встановлено, що збільшення дози тіаклоприду та часу експозиції (рис. 3) позитивно впливає на популяції фосфатмобілізуювальних, амоніфікуювальних бактерій та роду *Азотобактер*. Зазначено статистично достовірне збільшення кількості даних ґрунтових мікроорганізмів (табл. 3). Збільшення доз препарату викликало збільшення КУО фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, однак такі варіації в популяції бактерій не були статично пов'язані з дією тіаклоприду. Мікроорганізми, що беруть участь в іммобілізації мінерального азоту, за тривалості дії препарату від 14 до 28 діб суттєво збільшують популяцію в разі збільшення дози. За збільшення експозиції до 56 діб кількість КУО підвищується несуттєво.

Висновки. Встановлено, що група фосфатмобілізуювальних бактерій збільшувала свою чисельність під дією всіх неонікотинідних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину. Однак статистично значущого впливу доз та тривалості дії випробовуваних інсектицидів не виявлено. Вірогідно, що у процесі біодеградації неонікотинідів у ґрунті можуть брати участь бактерії – іммобілізатори мінерального азоту, які суттєво збільшували кількість КУО за збільшення дози тіаметоксаму, клотіанідину та тіаклоприду. Найбільше пригнічувався ріст популяцій мікроорганізмів, які належать до мікроміцетів, що виявились найбільш чутливими до дії неонікотинідів в мікробіомі ґрунту в умовах зрощення.

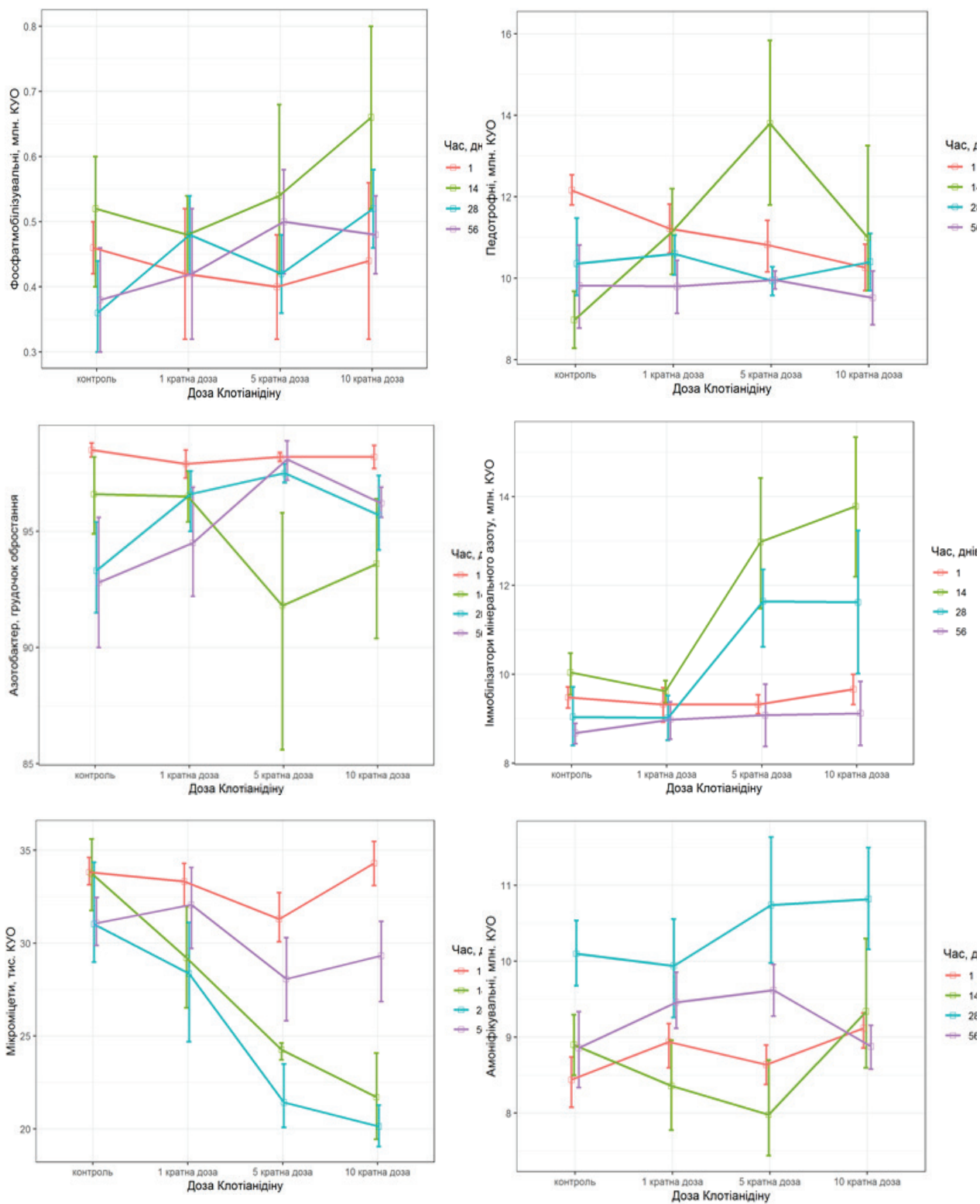


Рис. 1. Вплив клотіанідину на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрошення

Таблиця 1 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії клотіанідину на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє квадратичне	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	2,4	0,8	5	1,7	0,167
	Час	3	38,1	12,7	85	27,7	< 0,001
	Доза x час	9	9,6	1,1	7	2,3	0,024
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	53,9	18	35	15,9	< 0,001
	Час	3	80,7	26,9	53	23,8	< 0,001
	Доза x час	9	46	5,1	10	4,5	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	9,1	3	15	2	0,129
	Час	3	28,4	9,5	45	6,1	0,001
	Доза x час	9	60,8	6,8	33	4,4	< 0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,1	0	28	2,5	0,071
	Час	3	0,2	0,1	50	4,5	0,006
	Доза x час	9	0,1	0	11	1	0,476
Актиноміцети	Доза	3	0,3	0,1	6	1,6	0,192
	Час	3	3,9	1,3	83	24,5	< 0,001
	Доза x час	9	1,1	0,1	8	2,3	0,028
Мікроміцети	Доза	3	582,7	194,2	41	30,6	< 0,001
	Час	3	722,8	240,9	50	37,9	< 0,001
	Доза x час	9	339,3	37,7	8	5,9	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	15,9	5,3	7	0,8	0,518
	Час	3	142,8	47,6	59	6,9	< 0,001
	Доза x час	9	193,7	21,5	26	3,1	0,004

Таблиця 2 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії тіаметоксаму на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза x час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	28,2	9,4	40	21,8	< 0,001
	Час	3	33,1	11	46	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	26,3	2,9	12	6,8	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	8,4	2,8	15	2,9	0,041
	Час	3	35	11,7	62	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	30	3,3	18	3,5	0,001
Фосфатмобілізувальні	Доза	3	0,2	0,1	25	2,7	0,054
	Час	3	0,4	0,1	54	5,8	0,001
	Доза x час	9	0,2	0	11	1,2	0,330
Актиноміцети	Доза	3	0,4	0,1	7	2,1	0,105
	Час	3	4,3	1,4	82	25,6	< 0,001
	Доза x час	9	1,2	0,1	8	2,4	0,021
Мікроміцети	Доза	3	382,4	127,5	47	22,9	< 0,001
	Час	3	280,6	93,5	34	16,8	< 0,001
	Доза x час	9	417,9	46,4	17	8,4	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	60,5	20,2	17	3,1	0,032
	Час	3	238	79,3	68	12,2	< 0,001
	Доза x час	9	96,5	10,7	9	1,7	0,12

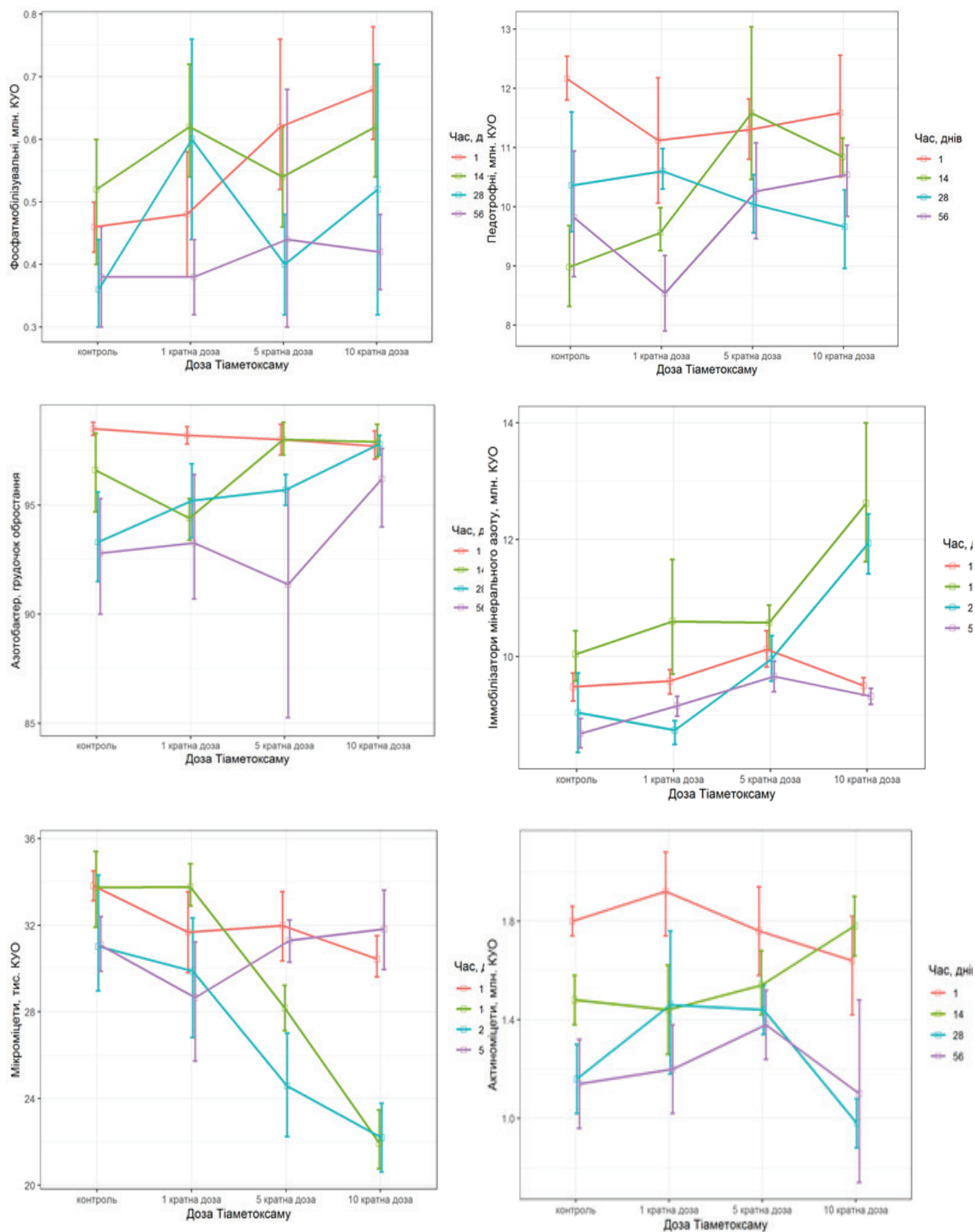


Рис. 2. Вплив тіаметоксаму на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрощення

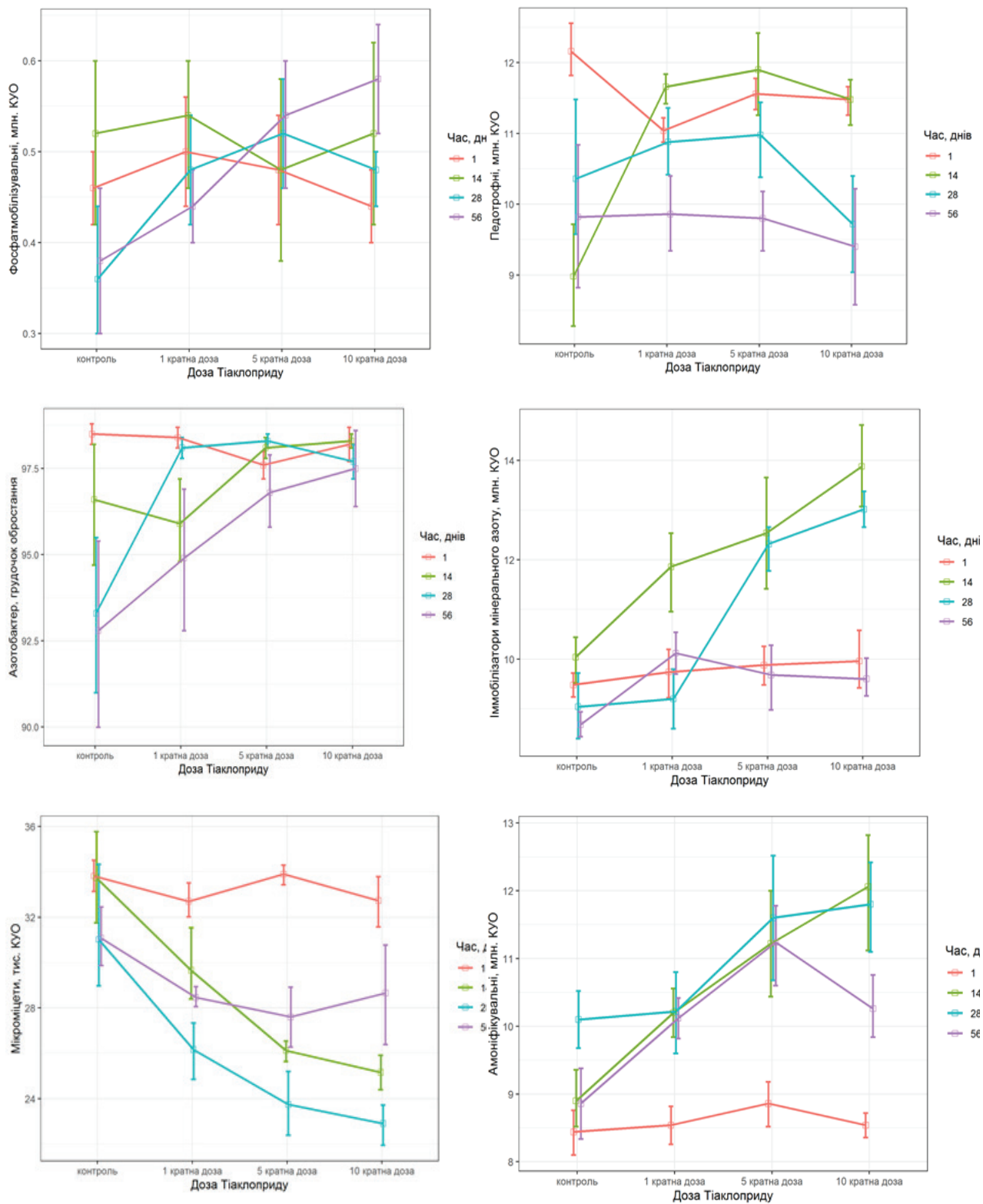


Рис. 3. Вплив тіаклоприду на основні групи мікроорганізмів ґрунту за застосування в різних дозах в умовах зрощення

Таблиця 3 – Дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу дози та тривалості дії тіаклоприду на ґрунтові мікроорганізми

Параметр	Джерело варіювання	Ступені свободи	Середнє	Відхилення	Відсоток варіювання (%)	F	p
Амоніфікувальні	Доза	3	37,4	12,5	34	24,8	< 0,001
	Час	3	63,9	21,3	59	42,3	< 0,001
	Доза x час	9	17,2	1,9	5	3,8	< 0,001
Імобілізатори мінерального азоту	Доза	3	61,6	20,5	38	34,9	< 0,001
	Час	3	82,7	27,6	51	46,8	< 0,001
	Доза x час	9	47,1	5,2	10	8,9	< 0,001
Педотрофні	Доза	3	6,5	2,2	12	3,9	0,013
	Час	3	36,8	12,3	67	22	< 0,001
	Доза x час	9	30,2	3,4	18	6	< 0,001
Оліготрофні	Доза	3	1,1	0,4	6	0,7	0,032
	Час	3	12,5	4,2	70	8,3	0,250
	Доза x час	9	8,4	0,9	16	1,9	0,067
Фосфатмобілізуювальні	Доза	3	0,1	0	42	3,1	0,092
	Час	3	0	0	19	1,4	< 0,001
	Доза x час	9	0,1	0	26	1,9	0,007
Актиноміцети	Доза	3	0,1	0	6	2,2	< 0,001
	Час	3	1,9	0,6	83	30,3	< 0,001
	Доза x час	9	0,5	0,1	8	2,8	< 0,001
Мікроміцети	Доза	3	311,1	103,7	34	33,2	< 0,001
	Час	3	552	184	60	59	< 0,001
	Доза x час	9	156,1	17,3	6	5,6	< 0,001
Азотобактер	Доза	3	85	28,3	43	11	< 0,001
	Час	3	73,8	24,6	38	9,5	< 0,001
	Доза x час	9	89,4	9,9	15	3,8	< 0,001

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems / S. Hussain et al. *FEMS Microbiol. Lett.* 2016. 363, fnw 252.
2. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates / Zhou Guang-can et al. *Journal of Environmental Science and Health.* 2014. Part B. 49: 6. P. 381–390. DOI: 10.1080/03601234.2014.894761.
3. Current approaches to and future perspectives on methomyl degradation in contaminated soil/water environments / Z. Lin et al. *Molecules.* 2020. № 25. P. 738. DOI: 10.3390/molecules25030738.
4. Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils / E. Dankyi et al. *J. Environ. Sci. Heal.* 2018. B 53. P. 587–594. DOI: 10.1080/03601234.2018.1473965.
5. Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida* / T. Mori et al. *J. Hazard. Mater.* 2017. № 321. P. 586–590. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.09.049.
6. Parte S.G., Kharat A.S. Aerobic degradation of clothianidin to 2-chloro-methyl thiazole and methyl 3-(thiazole-yl) methyl guanidine produced by *Pseudomonas stutzeri* smk. *Journal of Environment and Public Health.* 2019. 4807913. DOI: 10.1155/2019/4807913.
7. *Pseudomonas* sp. Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. / G. Zhou et al. *Biochem. Bioph. Res. Commun.* 2013. № 380. P. 710–714. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.01.156.
8. Thiamethoxam degradation by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from agricultural soils / S. Rana et al. *Environ. Monit. Assess.* 2015. № 187. P. 300. DOI: 10.1007/s10661-015-4532-4.
9. Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochem / G. Pandey et al. Bioph. Res. Commun.* 2009. № 380. P. 710–714. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.01.156.
10. The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates / G. Zhou et al. *J. Environ. Sci. Heal.* 2014. B. 49. P. 381–390. DOI: 10.1080/03601234.2014.894761.
11. Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogen-fixing and plant-growth-promoting *Rhizobacterium Ensifer adhaerens* strain TMX23 / G. Zhou et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013. № 97. P. 4065–4074. DOI: 10.1007/s00253-012-4638-3.
12. Hydrolysis of the neonicotinoid insecticide thiacloprid by the N₂-fixing bacterium *Ensifer meliloti* CGMCC 7333 / F. Ge et al. *Int. Biodeter. Biodegradat.* 2014. № 93. P. 10–17. DOI: 10.1016/j.ibiod.2014.05.001.

References:

- Hussain, S., Hartley, C.J., Shettigar, M., Pandey, G. (2016). Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems. *FEMS Microbiol. Lett*, 363, fnw252.
- Guang-can Zhou, Ying, Wang, Yuan, Ma, Shan, Zhai, Ling-yan, Zhou, Yi-jun Dai, & Sheng Yuan. (2014). The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49:6, 381–390. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.894761>
- Lin, Z., Zhang, W., Pang, S., Huang, Y., Mishra, S., & Bhatt, P., et al. (2020). Current approaches to and future perspectives on methomyl degradation in contaminated soil/water environments. *Molecules*, 25: 738. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25030738>
- Dankyi, E., Gordon, C., Carboo, D., Apalangya, V.A., and Fomsgaard, I.S. (2018). Sorption and degradation of neonicotinoid insecticides in tropical soils. *J. Environ. Sci. Heal. B*, 53, 587–594. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1473965>
- Mori, T., Wang, J., Tanaka, Y., Nagai, K., Kawagishi, H., & Hirai, H. (2017). Bioremediation of the neonicotinoid insecticide clothianidin by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida*. *J. Hazard. Mater*, 321, 586–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.09.049>
- Parte, S.G., & Kharat, A.S. (2019). Aerobic degradation of clothianidin to 2-chloro-methyl thiazole and methyl 3-(thiazole-yl) methyl guanidine produced by *Pseudomonas stutzeri* smk. *J. Environ. Public Health*, 2019: 4807913. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4807913>
- Pandey, G., Dorrian, S.J., Russell, R.J., & Oakeshott, J.G. (2009). Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochemical and biophysical research communications*, 380 (3), 710–714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.01.156>
- Rana, S., Jindal, V., Mandal, K., Kaur, G., & Gupta, V.K. (2015). Thiamethoxam degradation by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from agricultural soils. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4532-4>
- Pandey, G., Dorrian, S.J., Russell, R.J., and Oakeshott, J.G. (2009). Biotransformation of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam by *Pseudomonas* sp. 1G. *Biochem. Bioph. Res. Commun.*, 380, 710–714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.01.156>
- Zhou, G., Wang, Y., Ma, Y., Zhai, S., Zhou, L., Dai, Y., et al. (2014). The metabolism of neonicotinoid insecticide thiamethoxam by soil enrichment cultures, and the bacterial diversity and plant growth-promoting properties of the cultured isolates. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49: 6, 381–390. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.894761>
- Zhou, G., Wang, Y., Zhai, S., Ge, F., Liu, Z., & Dai, Y. (2013). Biodegradation of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam by the nitrogen-fixing and plant-growth-promoting *Rhizobacterium Ensifer adhaerens* strain TMX23. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 97, 4065–4074. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4638-3>
- Ge, F., Zhou, L., Wang, Y., Ma, Y., Zhai, S., & Liu, Z. (2014). Hydrolysis of the neonicotinoid insecticide thiacloprid by the N₂-fixing bacterium *Ensifer meliloti* CGMCC 7333. *Int. Biodeter. Biodegradat.*, 93, 10–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.05.001>

Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Коваль Г.В.
Вплив неонікотиніодних інсектицидів на мікробіом ґрунту на зрошуваних землях

Мета. Встановити вплив діючих речовин неонікотиніодних інсектицидів тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину на мікробні угруповання ґрунту в умовах зрошування. **Методи.** Відбір зразків ґрунту проводився на дослідних ділянках державного підприємства «Дослідне господарство «Брилівське»» ІВПІМ Національної академії аграрних наук України протягом 2019–2020 років на ділянках, де вирощували гібрид томата Лампо F 1. Стаціонарні модельні досліді проводили на базі державного підприємства «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів» Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України. Проводилось моделювання краплинного способу поливу. Строки поливів зразків ґрунту визначались тензометричним методом. Ідентифікацію, виділення та культивування мікроорганізмів ґрунту проводили за загальноприйнятими бактеріологічними методиками. Для визначення відсотка варіації досліджених параметрів ґрунту під впливом різних доз кожного інсектициду здійснено двонаправлений дисперсійний аналіз (ANOVA). Дослідження впливу препаратів на ґрунтові мікроорганізми проводили за застосування в 1-кратній, 5-кратній та 10-кратній дозах та за тривалості експозиції 1, 14, 28 до 56 діб.

Результати. Встановлено, що в разі підвищення дози клотіанідину та тривалості експозиції відбувається збільшення колонієутворювальних одиниць фосфатомобілізуючих бактерій, бактерій роду *Azotobacter* та іммобілізаторів мінерального азоту. Встановлено негативний вплив клотіанідину на кількість колонієутворювальних одиниць мікроміцетів і педотрофних бактерій. У разі педотрофних мікроорганізмів зменшення популяції достовірно залежало від поєднання дози та тривалості впливу препарату. Також кількість колонієутворювальних одиниць мікроміцетів зменшується залежно від дози та тривалості дії тіаметоксаму та тіаклоприду. Педотрофні мікроорганізми й актиноміцети були менш чутливими до дії тіаметоксаму, статично достовірно на чисельність їх популяції впливала тривалість дії препарату. Бактерії – іммобілізатори мінерального азоту в разі збільшення дози й експозиції тіаметоксаму та тіаклоприду протягом 14 та 28 днів суттєво збільшували кількість колонієутворювальних одиниць. Виявлено, що збільшення дози тіаклоприду та часу експозиції позитивно впливає на популяції амоніфікувальних бактерій та роду *Azotobacter*. **Висновки.** Встановлено, що збільшення колонієутворювальних одиниць бактерій – іммобілізаторів мінерального азоту у ґрунті під впливом тіаметоксаму, тіаклоприду та клотіанідину вірогідно свідчить про участь цієї групи мікроорганізмів у процесах біодеструкції випробовуваних неонікотиніодних інсектицидів. Найбільш чутливими до дії досліджуваних

пестицидів в умовах зрошення були ґрунтові мікроорганізми, які належать до мікроміцетів.

Ключові слова: неонікотиніди, біодеградація, мікроорганізми ґрунту, тіаметоксам, тіаклопрід, клотіанідин.

Melnychuk F.S., Marchenko O.A., Koval G.V.
Neonicotinoid insecticides effects on soil microbiome on irrigated lands

Purpose. To determine the effect of the active substances of neonicotinoid insecticides, such as thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin on the soil microbiome under irrigation conditions. **Methods.** The sampling of soil was carried out on the experimental plots of the State Enterprise "Experimental farm "Brylivske"" IWPaLM NAAN in 2019–2020 in the plots where the hybrid tomato Lampo F 1 was grown. Stationary model experiments were conducted on the basis of the State Enterprise "Central Laboratory of Water and Soil Quality" of the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS.

The drip irrigation method was simulated. The timing of irrigation of soil samples was determined by tensometric method. Identification, isolation and cultivation of soil microorganisms was carried out according to generally accepted bacteriological methods. To determine the percentage of variation of the studied soil parameters under the influence of different doses of each insecticide, a bidirectional analysis of variance (ANOVA) was performed. The study of the effect on soil microorganisms was carried out with the use of 1-fold 5-fold and 10-fold doses of drugs and with an exposure duration of 1, 14, 28 and 56 days.

Results. It was found that with an increase in the dose of clothianidin and the duration of exposure, an increase in colony-forming units (CFU) of phosphate-mobilizing bacteria, bacteria of the genus *Azotobacter* and immobilizing mineral nitrogen occurs. A negative effect of clothianidin on the CFU count of micromycetes and pedotrophic bacteria was established. In the case of pedotrophic microorganisms, the decrease in the population significantly depended on the combination of dose and duration of drug exposure. Also, the number of colony-forming units of micromycetes decreases depending on the dose and duration of action of thiamethoxam and thiacloprid. Pedotrophic microorganisms and actinomycetes were less sensitive to the action of thiamethoxam, and the duration of action of the drug had a statistically significant effect on the size of their population. Bacteria immobilizing mineral nitrogen with increasing dose and exposure of thiamethoxam and thiacloprid for 14 and 28 days significantly increased the number of CFU. It was revealed that an increase in the dose of thiacloprid and the exposure time has a positive effect on the populations of amonificuval bacteria and the genus *Azotobacter*.

Conclusions. It has been established that an increase in CFU of bacteria immobilizers of mineral nitrogen in the soil under the influence of thiamethoxam, thiacloprid and clothianidin, probably indicates the participation of this group of microorganisms in the biodegradation of the tested neonicotinoid insecticides. Soil microorganisms belonging to micromycetes were the most sensitive to the action of the studied pesticides under irrigation conditions.

Key words: neonicotinoids, biodegradation, soil microorganisms, thiamethoxam, thiacloprid, clothianidin.

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЗРОШЕННЯ

ОВЧАТОВ І.М. – директор

orcid.org/0000-0002-0912-1365ДП «ДГ «Великі Клини» Інституту водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук України»

ЖУРАВЛЬОВ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-7035-219X

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Безперечно, соя (*Glycine max* (L.)), посідаючи четверте місце за площами посіву (після кукурудзи, пшениці та рису), є однією з найважливіших, а в певному сенсі – і стратегічних, експортно-орієнтованих сільськогосподарських культур як у світі, так і в Україні. У 2020 р. в Україні із площі 1,32 млн га фактично було зібрано приблизно 2,82 млн т [1]. За об'ємами виробництва й експорту сої та продуктів її переробки Україна стабільно входить у першу десятку світового рейтингу. Також зауважимо, що середня врожайність бобів, хоч і зросла з 1,58 т/га (2010 р.) до 2,14 т/га (2020 р.), проте все ж залишається на відносно невисокому рівні. Наприклад, у США, які є найбільшим виробником сої у світі (щорічно понад 110 млн т), середня врожайність становить 3,20–3,35 т/га [2].

Лімітуючим чинником продуктивності сої в умовах Степу, Лісостепу, а останніми роками, у зв'язку зі зміною клімату, – і зони Полісся, є несприятливий водний режим ґрунтів. Можливими напрямками одержання стійких урожаїв у цих умовах є створення нових посухостійких сортів та розроблення більш ефективних прийомів адаптивних агротехнологій вирощування [3], упровадження мінімальних і нульових технологій обробітку ґрунту, які спрямовані на збереження вологи, мульчування і щільування ґрунту тощо [4; 5]. Проте найбільш ефективним є застосування зрошувальних меліорацій у поєднанні з фертигацією [6]. Приріст урожайності від оптимізації водного та поживного режимів є найбільш дієвим і становить від 100 до 250% порівняно з незрошуваними умовами [7]. Основним способом зрошення сої в Україні є дощування (приблизно 85 тис. га), альтернативними способами – краплинне зрошення з наземним та підґрунтовым укладанням поливних трубопроводів (далі – ПТ) [8; 9].

Отже, дослідження з вивчення продуктивності сої залежно від різних способів зрошення є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанню зрошення сої способом дощування в умовах Степу України присвячено досить багато наукових праць таких учених, як: С.Д. Лисогоров, В.С. Сніговий, В.П. Подлинняєв, В.І. Заверюхін, І.Л. Левандовський, Н.Г. Капшай, З.Ф. Яцюк, В.В. Колесніков, О.В. Пилипась, С.В. Коковіхін, О.І. Головацький, О.С. Суздаль, П.В. Писаренко, С.В. Каращук, Д.О. Булігін та інші. Як показав аналітичний огляд, комплексних досліджень із вивчення ефективності та доцільності краплинного зрошення сої в умовах Степу України не було.

Результати досліджень із вивчення впливу способів зрошення на ростові процеси, структуру врожаю та вро-

жайність сої висвітлено у працях учених США [10; 11] та Російської Федерації [12].

Відмінність і новизна проведених нами досліджень полягають у комплексному вивченні ростових процесів та елементів продуктивності сої за різних способів зрошення в ланці сівозміни «соя – кукурудза», використанні сорту з високим потенційним рівнем урожайності та сучасного інструментарію в моніторингу вологості ґрунту.

Мета статті полягає у вивченні впливу дощування, краплинного зрошення та підґрунтового краплинного зрошення на ростові процеси, структуру врожаю та врожайність сої.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ Національної академії аграрних наук України протягом 2018–2020 рр. Вивчали три способи зрошення: дощування (шланго-барабанна ДМ – IRTEK 43FVT/120), краплинне зрошення та підґрундове краплинне зрошення з укладанням ПТ на глибину 25 см. Умовним контролем був варіант без зрошення. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками: розміщення ділянок – систематичне, повторність – чотириразова, площа облікових ділянок – 30 м² [13; 14], сорт сої – Оксана. Джерело зрошення – свердловина з мінералізацією води від 0,76 до 1,14 г/дм³ (II класу якості за ДСТУ 2730:2015). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний середньосуглинковий, щільність складення – 1,35–1,50 т/м³, НВ кореневого шару – 18,8%, реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної. Рівень передполивної вологості, який підтримували в досліді, – 80% від НВ, розрахунок поливних норм та контроль вологозапасів – відповідно до рекомендацій [15]. Моніторинг вологозапасів здійснювали за допомогою цифрової інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2 [16]. З огляду на технологічну специфіку підґрунтового краплинного зрошення, сходи рослин на цьому варіанті отримували завдяки природним вологозапасам ґрунту [17]. Площу листової поверхні (далі – ПЛП) визначали за методикою А.О. Ничипоровича, урожайність – обліковим методом, статистичну обробку даних проводили з використанням програми Statistical Analysis Software 9.4. Фотосинтетичний потенціал (ФП, млн м² х діб/га) посівів розраховували, виходячи із суми величини ПЛП на один гектар посівів за кожну добу впродовж усього вегетаційного періоду. Чисту продуктивність фотосинтезу (далі – ЧПФ) розраховано як приріст загальної біомаси рослин за певний проміжок часу

щодо показника середньої ПЛП за цей самий період за формулою Уільмса – Уотсона.

Результати досліджень. Встановлено, що в досліді основні біометричні параметри рослин сої достовірно залежали від прийнятого способу зрошення і меншою мірою визначались метеорологічними умовами вегетаційного періоду.

Висоту рослин визначали в динаміці за настання таких фаз розвитку: гілкування (ВВСН – 40–45), бутонізація (ВВСН – 50–55), цвітіння (ВВСН – 63–67), утворення бобів (ВВСН – 72–75) і наливу бобів (ВВСН – 80–83) (табл. 1).

Аналіз даних таблиці 1 показує, що у фазу гілкування нижча висота рослин була на умовному контролі (без зрошення) та за підґрунтового краплинного зрошення. Нагадаємо, що в початкові періоди росту і розвитку рослин на варіанті з підґрунтовим краплинним зрошенням було проведено лише 1–2 вегетаційні поливи, тоді як на інших зрошуваних варіантах було вже проведено в середньому за три роки від 3 до 6 поливів.

Інтенсивнішу динаміку збільшення висоти рослин спостерігаємо на варіанті краплинного зрошення, де максимальний показник під час наливу бобів становив 0,965 м. Варіанти з дощуванням і підґрунтовим краплинним зрошенням були близькими за значенням у всі фази розвитку рослин, починаючи із ВВНС, – 50. Унаслідок дефіциту вологозапасів значно відставали в рості рослини на контрольному варіанті – 0,632 м у фазу наливу бобів, що менше на 0,25 м, ніж у середньому на зрошуваних варіантах досліді.

Як основні біометричні параметри, які об'єктивно відображають вплив чинника на ростові процеси рослин, було визначено також ПЛП, ФП і ЧПФ. Параметр ПЛП визначали в період максимального розвитку листового апарату та рослини загалом за ВВСН – 78–81 (табл. 2).

Максимальне значення ПЛП – 52,2 тис. м²/га – було на варіанті краплинного зрошення, що на 14,0 та 11,9% більше, ніж за дощування та підґрунтового краплин-

ного зрошення відповідно та в 1,86 рази більше, ніж на умовному контролі. Практично аналогічним чином змінювався в розрізі варіантів досліді і параметр ФП: найвищий він був за краплинного зрошення (2,82), близькі значення за дощування і підґрунтового зрошення (2,24 та 2,36 відповідно) та мінімальний (1,07) – на умовному контролі.

Максимального рівня ЧПФ в умовах краплинного зрошення досягла в міжфазний період «утворення – наливу бобів»: 5,45 г/м² х добу. На 19,8% нижчим був цей параметр за дощування та на 16,5% – за підґрунтового зрошення. У цей же період у варіанті із природним зволоженням – лише 1,90 г/м² х добу.

Формування і розвиток елементів продуктивності закономірно відображали встановлені тенденції ростових процесів рослин сої (табл. 3).

Загалом структурні елементи врожаю сої відповідали нормативним показникам згідно із ДСТУ 4964:2008 (*Соя. Технічні умови*). Вплив способів зрошення на параметри елементів структури врожаю був переважно ідентичний змінам параметрів ростових процесів рослин, проте важливою відмінністю є незначне перевищення всіх показників структури врожаю варіанта з підґрунтовим зрошенням порівняно з дощуванням. Передзбиральна вологість насіння сої на всіх варіантах досліді була нижче базової (12%). На умовному контролі (без зрошення) вона становила 10,2%, зростала за підґрунтового зрошення до 11,4%, за краплинного зрошення – 11,6%, за дощування – до 12,0%.

Найвище значення врожайності насіння сої отримано за краплинного зрошення – 5,87 т/га, тоді як за підґрунтового укладання поливних трубопроводів була достовірно нижча врожайність культури – 4,14 т/га. У варіанті з дощуванням зниження врожайності зерна на 0,22 т/га порівняно з підґрунтовим краплинним зрошенням було в межах похибки польового досліді (НІР₀₅ = 0,49), що вказує лише на тенденції формування

Таблиця 1 – Динаміка висоти рослин сої залежно від способів зрошення, м

Фаза розвитку рослин	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення
Гілкування	0,161	0,150	0,189	0,137
Бутонізація	0,245	0,257	0,288	0,215
Цвітіння	0,315	0,331	0,371	0,284
Утворення бобів	0,633	0,665	0,745	0,477
Налив бобів	0,820	0,861	0,965	0,632

Таблиця 2 – ПЛП, ФП і ЧПФ рослин сої залежно від способів зрошення

Біометричні параметри	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення
ПЛП, тис. м ² /га	44,9	46,0	52,2	28,0
ФП, млн м ² х діб/га	2,24	2,36	2,82	1,07
ЧПФ, г/м ² х добу	4,37	4,55	5,45	1,90

цього параметра. На варіанті умовного контролю (без зрошення) у середньому за три роки отримано найнижчий рівень врожайності – лише 1,38 т/га (рис. 1).

Зростання рівня врожайності насіння сої забезпечувалось в тісному кореляційному зв'язку зі збільшенням структурних елементів продуктивності рослин, які характеризували динаміку продукційного процесу зрошеного агрофітоценозу. Дослідженнями встановлено кореляційні залежності врожайності насіння сої і таких параметрів, як площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу.

Вказані залежності представлено лінійними рівняннями регресії виду:

$$y = 0,1758 \times \text{ПЛП} - 3,6925, \text{ за } R^2 = 0,97;$$

$$y = 2,4547 \times \text{ФП} - 1,3825, \text{ за } R^2 = 0,98;$$

$$y = 1,1981 \times \text{ЧПФ} - 1,0459, \text{ за } R^2 = 0,96,$$

де: y – рівень урожайності насіння сої, т/га; ПЛП – площа листової поверхні, тис. м²/га; ФП – фото-

синтетичний потенціал, млн м² х діб/га; ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² х добу; R² – коефіцієнт детермінації.

Висновки. На основі проведених досліджень підтверджено, що зрошення, у комплексі з іншими агроприйомами, є ключовим чинником інтенсифікації ростових процесів та формування продуктивності посівів сої. Встановлено, що максимальні біометричні параметри та врожайність за вирощування сої забезпечує краплинне зрошення. Достовірно нижчі та близькі за значеннями показники продуктивності рослин визначено для умов підґрунтового краплинного зрошення та дощування. Найнижчі параметри продуктивності сої отримано в умовах природного зволоження, що підтверджує значні ризики і недоцільність вирощування цієї культури в умовах Степу без додаткового штучного зволоження.

Таблиця 3 – Вплив способів зрошення на структуру врожаю та передзбиральну вологість насіння сої

Параметри структури врожаю та вологість насіння	Дощування	Підґрунтове краплинне зрошення	Краплинне зрошення	Без зрошення
Кількість бобів на рослину, шт. *M ± m	35,8 ± 1,0	37,2 ± 1,1	42,4 ± 0,9	32,2
Кількість насінин, шт. *M ± m	80,6 ± 1,0	82,2 ± 1,3	90,1 ± 1,7	44,2
Маса 1 000 насінин, г	170,5	171,9	186,5	99,8
Маса бобів на рослину, г	11,5	12,0	16,2	8,05
Вологість насіння, %	12,0	11,4	11,6	10,2

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5% рівні значущості.

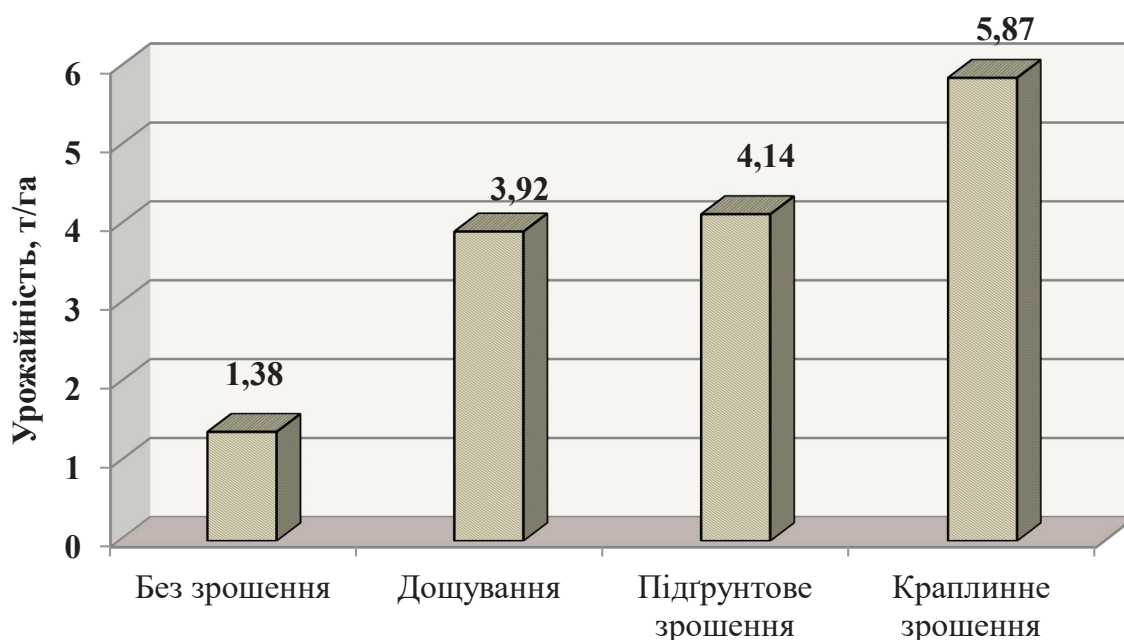


Рис. 1. Урожайність сої залежно від способів зрошення, т/га (NIP₀₅ = 0,49 т/га)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами у 2020 р. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.10.2020).
2. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.О. Селекція, виробництво і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.
3. Бабич А.О. Нові сорти сої і перспективи виробництва її в Україні. *Пропозиція*. 2007. № 4. С. 46–49.
4. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield / M. Nunes et al. *Geoderma*. 2018. Vol. 328, P. 30–43. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.04.031.
5. Наукові засади розвитку землеробства у зоні Степу України / М.І. Ромашенко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 10. С. 5–9. DOI: 10.31073/agrovysnyk201510-01.
6. Бабич А.О. Режим зрошення сої в умовах посухи та суховію. *Аграрний тиждень. Україна*. 2014. № 15. С. 24–25.
7. Фомічов М.В. Зрошення як чинник підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур в Україні. *Економіка та держава*. 2019. № 4. С. 92–96. DOI: doi.org/10.32702/2306-6806.2019.4.92.
8. Шатковський А.П. Удосконалення технології вирощування сої на насіння в умовах краплинного зрошення. *Меліорація і водне господарство*. Київ : Аграрна наука. 2014. Вип. 101. С. 205–212.
9. Сидоренко А., Макаренко І., Мігальов А. Підземне крапельне зрошення. Технічне забезпечення та застосування. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2020. № 26 (40). С. 280–291. DOI: 10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-26.
10. Bosch D., Powell N., Wright S. An Economic Comparison of Subsurface Microirrigation with Center Pivot Sprinkler Irrigation. *Journal of Production Agriculture*. 1992. № 5 (4). P. 431–437. DOI: 10.2134/jpa1992.0431.
11. Odhiambo L., Irmak S. Relative Evaporative Losses and Water Balance in Subsurface Drip and Center Pivot-Irrigated Soybean Fields. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2015. № 141 (11). P. 3–20. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000907.
12. Балакай Г.Т., Силецкий С.А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области. *Научный журнал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации*. 2019. № 3 (35). С. 80–97. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.
13. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 448 с.
14. Методичні рекомендації з проведення досліджень за краплинного зрошення / за ред. М.І. Ромашенка. Київ : ТОВ «ДІА», 2014. 46 с.
15. Ромашенко В.М., Корюненко М.М., Муромцев М.І. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу. Київ : Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. 56 с.
16. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Управління краплинним зрошенням на основі використання інтернет-метеостанції і Metos. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування*. 2016. № 2. URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidil/article/view/6489/6373>.
17. Douh B., Abdelhamid B. Subsurface drip irrigation and water management under semiarid climate. *Advances in Environmental Research / Editors : Justin A. Daniels*. New York, 2012. P. 181–198. URL: https://www.researchgate.net/publication/270341653_Subsurface_drip_irrigation_and_water_management_under_semiarid_climate.

References:

1. *Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy u 2020 rotsi* [Sown areas of agricultural crops by their types in 2020]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. ukrstat.gov.ua. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [In Ukrainian].
2. Babych, A.O., & Babych-Poberezhna, A.O. (2011). Seleksiia, vyrobnytstvo i vykorystannia soi u sviti. [Breeding, production and use of soybeans in the world]. Kyiv, 548 [in Ukrainian].
3. Babych, A.O. (2007). Novi sorty soi i perspektyvy vyrobnytstva yii v Ukraini. [New varieties of soybeans and prospects of its production in Ukrainian]. Propozytsiia, 4, 46–49 [in Ukrainian].
4. Nunes, M., Mathijs, H., Schindelbeck, R., Ristow, A., & Ryan, M. (2018). No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield, *Geoderma*, Vol. 328, 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.031>
5. Romashchenko, M.I., Tarariko, Yu.O., Shatkovskiy, A.P., Saidak R.V., & Soroka Yu.V. (2015). Naukovi zasady rozvytku zemlerobstva u zonі Stepu Ukrainy. [Scientific principles of agricultural development in the Steppe zone of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. Kyiv, 10. 5–9 DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201510-01> [in Ukrainian].
6. Babych, A.O. (2014). Rezhym zroshennia soi v umovakh posukhy ta sukhoviiu [Irrigation regime of soybeans in drought and dry conditions]. *Ahrarnyi tyzhden*. Ukraina, 15. 24–25 [in Ukrainian].
7. Fomichov, M.V. (2019). Zroshennia yak chynnyk pidvyshchennia efektyvnosti vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v Ukraini [Irrigation as a factor in improving the efficiency of growing crops in Ukrainian]. *Ekonomika ta derzhava*, 4, 92–96. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2019.4.92> [In Ukrainian].
8. Shatkovskiy, A.P. (2014). Udokonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia soi na nasinnia v umovakh krapllynnoho zroshennia [Improving the technology of growing soybeans for seed under drip irrigation]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. Kyiv, 101. 205–212 [in Ukrainian].
9. Sydorenko, A., Makarenko, I., & Mihalov, A. (2020). Pidzemne krapelne zroshennia. Tekhnichne zabezpechennia ta zastosuvannia [Underground drip irrigation. Technical support and application]. *Novitni tekhnolohii v APK: doslidzhennia ta upravlinnia*, 26 (40). 280–291. [https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26\(40\)-26](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-26) [In Ukrainian].
10. Bosch, D., Powell, N., & Wright, S. (1992). An Economic Comparison of Subsurface Microirrigation with Center Pivot Sprinkler Irrigation. *Journal of Production Agriculture*, 5 (4). 431–437. <https://doi.org/10.2134/jpa1992.0431>
11. Odhiambo, L., & Irmak, S. Relative Evaporative Losses and Water Balance in Subsurface Drip and Center Pivot-Irrigated Soybean Fields. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141 (11). 3–20.
12. Balakay, G.T., & Siletskyi, S.A. (2019). Urozhaynost sortov soi pri polive dozhdevaniem i sistemami kapelnogo orosheniya v usloviyah Rostovskoy oblasti [Productivity of

soybean varieties with sprinkling and drip irrigation systems in the Rostov region]. Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems, 3 (35). 80–97. DOI: <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-3-80-97> [in Russian].

13. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka pol'ovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo)* [The methodology of field experiment: irrigation agriculture]. Kherson [In Ukrainian].

14. Romashchenko, M.I. (Ed.). (2014). *Metodychni rekomendatsii z provedennia doslidzhen za kraplynnoho zroshennia* [Methodical recommendations for conducting research under drip irrigation]. Kyiv [in Ukrainian].

15. Romashchenko, M.I., Koriunencko, M.M., & Muromtsev, M.I. (2012). *Rekomendatsii z operatyvnoho kontroliu ta upravlinnia rezhymom zroshennia silskohospodarskykh kultur iz zastosuvanniam tenziometrychnoho metodu* [Recommendations for operational control and management of crop irrigation regime using tensiometric method]. Kyiv [In Ukrainian].

16. Shatkovskiy, A.P., & Zhuravlov, O.V. (2016). *Upravlinnia kraplynnym zroshenniam na osnovi vykorystannia internet-meteostantsii iMetos®* [Drip irrigation management based on the use of Internet weather stations iMetos®]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 2 (59) [In Ukrainian]. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6489/6373>

17. Douh, B., & Abdelhamid, B. (2012). *Subsurface drip irrigation and water management under semiarid climate* // *Advances in Environmental Research* / Editors: Justin A. Daniels. New York, 181–198 https://www.researchgate.net/publication/270341653_Subsurface_drip_irrigation_and_water_management_under_semiarid_climate

Овчатов І.М., Журавльов О.В. Продуктивність сої залежно від способів зрошення

Мета. Вивчення впливу дощування, краплинного зрошення та підґрунтового краплинного зрошення на ростові процеси, структуру врожаю та врожайність насіння сої. **Методи.** Короткотерміновий польовий дослід, аналітичні і статистичні методи обробки експериментальних даних. **Результати.** Сучасні способи зрошення розглянуто як ключовий фактор інтенсифікації технологій вирощування сої. Польові експериментальні дослідження проведено на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ Національного академії аграрних наук України протягом 2018–2020 років. Отримані результати підтверджують, що спосіб зрошення достовірно впливає на формування основних біометричних параметрів, структурні елементи врожаю та врожайність насіння сої. Встановлено, що максимальні параметри ростових процесів (висота рослин, площа листової поверхні, а також фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу) сої забезпечує краплинне зрошення. Достовірно нижчі та близькі за значеннями показники визначено для умов підґрунтового краплинного зрошення та дощування, а найнижчі параметри продуктивності сої отримано в умовах природного зволоження. Найвищу врожайність насіння сої отримано за краплинного зрошення – 5,87 тонн на гектар, тоді як за підґрунтового укладання поливних трубопроводів вона була достовірно нижча – 4,14 тонни на гектар. У варіанті з дощуванням зниження врожайності зерна

на 0,22 тонни на гектар порівняно з підґрунтовим краплинним зрошенням було в межах похибки польового досліду ($HP_{05} = 0,49$). На варіанті умовного контролю (без зрошення) у середньому за три роки отримано найнижчий рівень врожайності – лише 1,38 тонни на гектар, що підтверджує значні ризики і недоцільність вирощування цієї культури в умовах Степу без зрошення. **Висновки.** За результатами досліджень визначено особливості та встановлено закономірності формування основних біометричних параметрів рослин сої залежно від способів зрошення. Встановлено кореляційні залежності врожайності насіння сої і таких параметрів, як площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу. Вказані залежності представлено лінійними рівняннями регресії.

Ключові слова: краплинне зрошення, дощування, підґрунтове краплинне зрошення, урожайність, площа листової поверхні, висота рослин, маса 1 000 насінин.

Ovchатов I.M., Zhuravlov O.V. Soybean's productivity depending on irrigation methods

Purpose. Study of the influence of sprinkling, drip irrigation and subsoil drip irrigation on growth processes, crop structure and soybean's seed yield. **Methods.** Short-term field experiment, analytical and statistical methods of experimental data processing. **Results.** Modern irrigation methods are considered as a key factor in the intensification of soybean growing technologies. Field experimental studies were carried out on the lands of the Kamyans'ko-Dnieprov's'ka experimental station IWPLM of NAAS during 2018–2020. The obtained results confirm that the method of irrigation significantly affects the formation of the main biometric parameters, structural elements of the crop and the yield of soybean seeds. It was established that the maximum parameters of growth processes (plant height, leaf surface area, as well as photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis) of soybeans are provided by drip irrigation. Significantly lower and similar values were determined for the conditions of subsurface drip irrigation and sprinkling, and the lowest parameters of soybean productivity were obtained under conditions of natural moisture. The highest yield of soybean seeds was obtained with drip irrigation – 5,87 t/ha, while with the subsurface laying of irrigation pipelines, it was significantly lower – 4,14 t/ha. In the variant with sprinkling, the decreases in grain yield by 0,22 t/ha compared to subsurface drip irrigation was within the error of the field experiment ($LSD_{05} = 0,49$). On the conditional control option (without irrigation), on average, for three years, a low yield level was obtained – only 1,38 t/ha, which confirms the significant risks and inexpediency of this crop in the Steppe conditions without irrigation. **Conclusions.** Based on the results of the research, the features were determined and the regularities of the formation of the main biometric parameters of soybean plants were determined depending on the irrigation methods. Correlation dependences of soybean seed yield and such parameters as leaf surface area, photosynthetic potential and net photosynthesis productivity were established. These dependences are represented by linear regression equations.

Key words: drip irrigation, sprinkler irrigation, subsurface drip irrigation, yield, leaf area, plant height, 1 000 grain weight.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК МЕЛІОРАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

РОМАЩЕНКО М.І. – доктор технічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9997-1346

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

БАЛЮК С.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8372-6514

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» Національної академії аграрних наук України

ВЕРГУНОВ В.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5476-4845

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека Національної академії аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

ЖОВТОНОГ О.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-5966-9081

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

РОКОЧИНСЬКИЙ А.М. – доктор технічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-5248-6394

Національний університет водного господарства та природокористування

ТАРАРИКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8475-240X

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ТРУСКАВЕЦЬКИЙ Р.С. – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2542-8527

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Аграрний сектор є надзвичайно важливою складовою частиною економіки України, адже виробництво сільськогосподарської продукції становить приблизно 15% валового внутрішнього продукту (далі – ВВП) країни, понад 20% вартості всього експорту Україна цілком гарантує свою продовольчу безпеку, є найбільшим виробником і експортером соняшникової олії, третім світовим експортером кукурудзи, четвертим – ячменю, шостим – соєвих бобів, сьомим – курятини.

За оцінками ФАО, виробництво й експорт сільськогосподарської продукції могли б бути значно більшими за умови кращого використання наявного агроресурсного потенціалу. Недостатній рівень його реалізації обмежується цілою низкою чинників, головним із яких є неоптимальні умови природного забезпечення вологою на більш ніж 2/3 території України, а саме дефіцит вологи в зоні Степу та Лісостепу, її надлишок в зоні Полісся. Водночас відзначається стійка тенденція до погіршення умов вирощування основних сільськогосподарських культур унаслідок глобальних змін клімату. Наприклад, середня врожайність зернових і зернобобових культур у зоні Степу України в останні 25 років змен-

шилася на 0,77 т/га, із 3,58 т/га в 1990 р. до 2,81 т/га у 2015 р., а ведення тут землеробства без покращення умов природного вологозабезпечення стало практично неможливим.

Загальновідомо, що найбільш дієвим і ефективним засобом підвищення врожайності сільськогосподарських культур та забезпечення сталості землеробства в умовах дефіциту природного вологозабезпечення є зрошення, а в умовах надлишку вологи – дренаж. Застосування зрошення та дренажу дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур у 2–3 рази порівняно з богарними умовами, істотно знизити залежність землеробства від несприятливих природних умов.

На жаль, побудований в Україні ще за радянських часів потужний водогосподарсько-меліоративний комплекс, що забезпечував зрошення на площі понад 2,5 млн га й осушення на площі 3,2 млн га, нині не здатен виконувати свою роль через український низький рівень використання наявного меліоративного фонду. Так, у 2017 р. фактично поливалось менше 500 тис. га, а водорегулювання здійснювалось на площі приблизно 250 тис. га, що становить менше 20% зрошуваних та менше 10% осушуваних земель.

Незадовільний стан використання наявного потенціалу зрошення та дренажу сформувався внаслідок низки чинників об'єктивного та суб'єктивного характеру, головними з яких є реформування економічних відносин, приватизація земельних та матеріально-технічних ресурсів, втрата ринків збуту сільськогосподарської продукції, недостатній рівень бюджетного фінансування, незавершеність земельної реформи, відсутність механізмів державної підтримки галузі, недосконалість та невідповідність наявної системи управління новим економічним умовам системи управління й організації водокористування тощо.

Подальший розвиток аграрного сектора економіки держави, як основи перетворення України на конкурентоспроможного світового продовольчого донора, в умовах глобальних змін клімату вимагає першочергового вирішення завдання відновлення й ефективного використання наявного фонду меліорованих земель.

Мета статті – розроблення наукових основ, технологій, технічних засобів, організаційно-правових та нормативно-методичних засад сталого ведення аграрного виробництва на меліорованих землях в умовах прогресуючого погіршення умов природного вологозабезпечення внаслідок змін клімату.

Результати досліджень. Наукова новизна роботи полягає у створенні теоретичних і практичних основ економічно ефективних і екологічно збалансованих технологій і технічних засобів ведення меліорації земель, ефективного використання меліорованих територій шляхом формування низьковуглецевих енергогенеруючих агроєкосистем, складовими частинними яких є такі наукові результати:

1. За результатами оцінки та прогнозування рівня забезпечення гідротермічними ресурсами визначено, що в період із 1991 по 2016 рр., порівняно з 1961–1990 рр., території зі значним дефіцитом природного вологозабезпечення (суха і дуже суха зони) збільшились на 7% і охоплюють загалом понад 29,5% площі, або 11,6 млн га (37%) орних земель України [1]. Для забезпечення бездефіцитного річного водного балансу 18,7 млн га (60%) орних земель України потребують постійного зрошення під час вирощування польових культур, а 4,8 млн га (15%) – періодичного. Навпаки, за останні 25 років територія з надмірним та достатнім атмосферним зволоженням порівняно з 1961–1990 рр. зменшилась на 10% і займає лише 22,5%, або 7,6 млн га ріллі. У цій зоні у другій половині періоду вегетації також почали виникати умови з недостатнім рівнем природного вологозабезпечення.

Результати прогнозних досліджень щодо змін клімату на території України свідчать про те, що і в подальшому збережеться стійка тенденція до підвищення температурного режиму і до неістотного збільшення кількості опадів, що зрештою спричинить погіршення умов природного вологозабезпечення, а на півдні України – розвиток процесу опустелювання. Унаслідок цього значення зрошення та водорегулювання за допомогою систем дренажу у виробництві сільськогосподарської продукції згодом лише зростатиме, за умови збереження наявних тенденцій змін клімату ведення

аграрного виробництва на більшості території України без штучного водорегулювання стане неможливим.

2. Розроблено наукові засади, сформульовані основні положення і концептуальні підходи щодо моніторингу й оцінювання еколого-агроекологічного стану зрошуваних і солонцевих земель, природних вод за їхньою придатністю для зрошення за агрономічними й екологічними критеріями, ресурсозберігальних екологобезпечних технологій їх раціонального використання. Встановлено напрями еволюції ґрунтів, особливості спрямованості ґрунтових процесів у зрошуваних водами різної якості богарних і вилучених зі зрошення ґрунтах, вплив на стан ґрунтів післядії зрошення, хімічної меліорації земель, меліоративної плантажної оранки, внесення органічних і мінеральних добрив, ефективність різних режимів зрошення. Розроблено класифікацію ґрунтів за ступенем іригаційної деградації, вторинної засоленості, встановлено стадійність процесів осолонцювання, глобальний характер їхнього прояву. На основі проведення й узагальнення власних багаторічних досліджень з оцінки впливу води різної якості на стан та еволюцію зрошуваних ґрунтів створено систему оцінювання якості природних вод для зрошення за агрономічними й екологічними критеріями, яка стала основою для нового Національного стандарту України ДСТУ 2730:2015 «Якість довілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії», який уведено в дію 1 липня 2016 р., та Національного стандарту України ДСТУ 7591:2014 «Зрошення. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії».

Нові ДСТУ регламентують якісь поливних вод за хімічними критеріями та їхніми параметрами, що впливають на сольовий склад твердої та рідкої фаз ґрунтів, які визначають безпеку їхнього іригаційного засолення, осолонцювання, підлуження, а також фізіологічну токсичну дію зрошувальної води на органи сільськогосподарських рослин.

3. За результатами багаторічних досліджень визначені критерії оцінювання агроєкологічного стану гідроморфних і кислих ґрунтів, динаміка їхніх змін за різних умов меліорації та сільськогосподарського використання. Опрацьовано і розроблено діагностику, номенклатуру гідроморфних ґрунтів та їх агропромислових груп, що використовуються у практиці бонітування ґрунтів і грошової оцінки земель. Обґрунтовано наукові основи системного управління родючістю гідроморфних і кислих ґрунтів, дотримання яких забезпечує ефективний розвиток ґрунтозбагачувальних і антидеградаційних процесів, протидію явищам, що непродуктивно виснажують родючий потенціал ґрунтів, постійне утримання агроєкосистем в оптимальних режимах функціонування; сформульовано основні принципи системного управління родючим потенціалом ґрунтів, визначено роль різних видів меліорації в підвищенні ефективності агротехнологій.

Розроблено нові технології, що забезпечують істотне підвищення продуктивності меліорованих органогенних і мінеральних ґрунтів за невисоких затрат енергії і ресурсів, упровадження нетрадиційних польових

культур, застосування органічних і органо-мінеральних систем удобрення, стимуляторів росту і бактеріальних препаратів.

4. На основі багаторічних досліджень із використанням теорії потенціалу ґрунтової вологи обґрунтовано науково-методичні засади формування й умови застосування різних типів режимів зрошення: біологічно оптимальних, екологічно безпечних, водозберезувальних та ґрунтозахисних, диференційоване застосування яких дозволяє підвищити ефективність використання поливної води завдяки цілковитого виключення або істотного скорочення її витрат на інфільтрацію.

Для формування інформаційного забезпечення сталого розвитку зрошення вперше опрацьовано концептуальні та методичні засади організації (на базі інформаційних ресурсів моніторингу зрошуваних земель) цілісних систем підтримки ухвалення рішень і програмно-інформаційних комплексів щодо ведення зрошувального землеробства, поліпшення еколого-меліоративного стану земель, захисту їх від підтоплення.

Розроблено методологію та створено комплексну інформаційну систему ІС «Зрошення» для вирішення завдань довгострокового й оперативного планування зрошення на різних просторово-часових рівнях; сформовано базу знань щодо нормування водопотреби у зрошенні сільськогосподарських культур з урахуванням змін клімату; розроблено алгоритми розрахунку й індикативної оцінки різних сценаріїв використання зрошення, методику коригування параметрів моделі сумарного випаровування за даними космічних знімків і алгоритм оптимізації планів поливів у разі дефіциту ресурсів, а також програмне забезпечення реалізації завдань планування зрошення у складі ІС «Зрошення».

5. Для забезпечення сталої меліорації, підвищення її ролі у продовольчому та ресурсному забезпеченні держави розроблено наукові засади формування державної політики в галузі меліорації земель, організації менеджменту та контролю за станом використання меліорованих земель.

Розроблено науково-методичні основи і «Стратегію відновлення та розвитку зрошувальних і дренажних систем в Україні до 2035 р.» на новітніх техніко-технологічних засадах, які передбачають застосування нових видів дощувальних машин із роздільним приводом і новітніх енерго- і водоощадливих, екологічно безпечних способів поливу та технологій протифільтраційних покриттів каналів.

6. Уперше розроблено науково-методичні основи, технології та технічні засоби краплинного зрошення сільськогосподарських культур, методи гідравлічного розрахунку систем краплинного зрошення, методику визначення водоспоживання сільськогосподарських культур та математичну модель масоперенесення в разі мікрозрошення, методику визначення розмірів зон зволоження, обґрунтовано їхні параметри для системи «сільськогосподарська культура – ґрунт – атмосфера», режими краплинного зрошення для різних видів польових культур, метод визначення строків і норм поливу на основі тензіометричного контролю стану та доступності ґрунтової вологи, встановлено закономірності форму-

вання продукційних процесів, розроблено статистичні моделі формування врожайності сільськогосподарських культур залежно від рівня вологозабезпечення, обґрунтовано технологічні схеми підготовки води, досліджено вплив води різної якості на працездатність краплинних водовипусків.

7. На основі фундаментальних та багаторічних експериментальних досліджень, на сучасних еколого-економічних засадах, обґрунтовано раціональні технологічні та технічні рішення з водорегулювання на осушуваних землях у проєктах будівництва, реконструкції й експлуатації меліоративних систем за комплексом оптимізаційних та прогнозно-імітаційних моделей. Удосконалено технологію проєктування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на багатоваріантній основі, а також розрахункові методи з обґрунтування у проєктах будівництва і реконструкції осушувальних систем можливих альтернативних варіантів проєктних рішень на основі водобалансового методу, оптимальних параметрів дренажу, магістральних каналів і водоприймачів. Це зроблено на основі економіко-математичного методу та комплексних моделей еколого-економічної оптимізації, методу оптимізації технологій водорегулювання та конструкцій гідромеліоративних систем з урахуванням рельєфу місцевості, методів, технологій та засобів захисту меліорованих угідь і водних об'єктів від забруднення промисловими й побутовими відходами.

Удосконалено розрахункові методи розв'язання комплексу прогнозно-оптимізаційних завдань у проєктах експлуатації осушувально-зволожувальних систем (далі – ОЗС): створення системи комплексної автоматизації планового водорегулювання осушуваних земель (далі – СКАПВОС), встановлено економічно доцільні й екологічно допустимі способи витрати води і площі зволоження наявного фонду осушуваних земель України, розроблені технологія та засоби глибокого розпушення осушуваних земель, виконана оцінка їхньої технологічної, економічної й екологічної ефективності.

8. На основі фундаментальних та багаторічних експериментальних досліджень обґрунтовано необхідність і доцільність відновлення рисосіяння в Україні. На основі системної оптимізації розроблено комплекс взаємопов'язаних режимних, технологічних та технічних заходів щодо необхідності й доцільності переходу від традиційного ресурсозатратного на раціональний та ресурсозберігаючий рівні водо- й енергокористування, повторного використання дренажно-скидних вод, застосування глибокого розпушення з використанням відповідних малоенергозатратних агрегатів удосконаленої конструкції, проведення періодичної промивки засолених ґрунтів на тлі глибокого їх розпушення, дооснащення наявної відкритої дренажно-скидної мережі закритими дренами-колекторами, влаштування приукісного дренажу для захисту дренажно-скидних каналів від деформацій їхнього русла, які спрямовані на підвищення загальної ефективності функціонування рисових зрошувальних систем відповідно до сучасних економічних й екологічних вимог.

9. За результатами узагальнення багаторічних експериментальних даних теоретично обґрунтовано

методологію формування високопродуктивних систем землеробства на зрошуваних землях. Розроблено та впроваджено у виробництво інноваційні технології вирощування сільськогосподарських культур за оптимізації різних способів поливу та режимів зрошення, систем удобрення, обробітку ґрунту та захисту рослин. Удосконалено інструментарій управління параметрами економічної ефективності аграрного виробництва шляхом упровадження інноваційних технологій вирощування, дотримання проєктних нормативних витрат на елементи технології, запропоновано систему державно-приватного партнерства управління водними ресурсами, формування інструментів державної підтримки та регулювання підприємницької діяльності в галузі зрошувального землеробства. Розроблено й запроваджено сучасну структуру посівних площ і сівозмін на поливних землях України для раціонального використання агро-ресурсного потенціалу території, запобігання негативному впливу зовнішніх чинників природного й антропогенного характеру.

10. Розроблено методологію формування біоенергетичного аграрного виробництва на засадах збалансованого виробництва продовольства і біоенергії в системі органічного землеробства, що на основі високого рівня біопродуктивності меліорованих земель забезпечує істотне зростання прибутковості виробничої діяльності і дає змогу в єдиному комплексі водночас на гектар ріллі отримувати більше 1 т цукру, 0,2–0,4 т рослинної олії, 1,0–1,5 т готової до споживання м'ясо-молочної продукції, 1–1,5 тис. м³ газу-метану, або 3–4 тис. кВт/год «зеленої» електроенергії разом із 3–4 тис. кВт/год теплоенергії, заощадити 0,4–0,5 т діючої речовини мінеральних добрив, знизити викиди CO₂ в атмосферу на 8–10 т.

Використання біоенергетичних систем забезпечує незалежність від зовнішніх хіміко-техногенних і енергетичних ресурсів, дає змогу знизити собівартість продукції удвічі та збільшити чистий прибуток на меліорованих землях до 10–12 тис. у.о./га з терміном окупності капітальних витрат на створення виробничої інфраструктури у 2–3 роки.

Висновки. Результати виконаних досліджень та наукові розробки стали основою створення в Україні законодавчого, нормативно-правового, нормативно-методичного та техніко-технологічного забезпечення сталого розвитку меліорації земель як основи перетворення України на конкурентоспроможного виробника продовольства в умовах змін клімату.

Розробки увійшли до складу законодавчих актів (закони України «Про меліорацію земель», «Про охорону земель», «Про державний контроль за використанням і охороною земель», «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.», Земельного та Водного кодексів України), Комплексних програм розвитку АПК, Проєкту Національної програми охорони родючості ґрунтів, Положення про Державну службу охорони земель, Концепції державної програми ведення моніторингу навколишнього природного середовища (2005 р.), Схеми комплексного захисту сільсько-

господарських угідь та населених пунктів Херсонської області від підтоплення ґрунтовими водами і затоплення поверхневими водами (2005 р.), Агроекологічної концепції зрошення чорноземів (1997 р.), Концепції екологічного нормування допустимих антропогенних навантажень на ґрунтовий покрив (2004 р.), Сучасної концепції хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів (2008 р.), Концепції агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 р. (2009 р.), Концепції розвитку мікрозрошення (2012 р.), Концепції виробництва овочево-баштанної продукції в Україні на період до 2015 р. (2012 р.), Концепції інтегрованого управління екологічним ризиком деградації ґрунтів (2012 р.), Національної доповіді про стан родючості ґрунтів України (2010 р.), Національних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Україні (2001–2008 рр.), Наукових основ агропромислового виробництва в зоні Лісостепу і Степу України (2010 р.), Наукових основ охорони та раціонального використання зрошуваних земель України (2009 р.), ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди», низки національних стандартів, гармонізованих із міжнародними і європейськими, відомчих і галузевих нормативних документів (інструкції, настанови тощо), посібників до ДБН.

Результати досліджень застосовуються у проєктуванні нових і реконструкції наявних зрошувальних систем, дощувальних машин, проведенні еколого-меліоративного моніторингу й агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, під час розроблення технологій вирощування сільськогосподарських культур і заходів з охорони й окультурювання зрошуваних і солонцевих земель, виконання аналітичних робіт із визначення складу та властивостей ґрунтів.

Розроблений комплект нормативних документів щодо організації і ведення еколого-меліоративного моніторингу є основою його реалізації гідрогеолого-меліоративними експедиціями та партіями Держводагентства України на площі понад 2 млн га.

Розроблені документи поповнили нормативну базу в галузі раціонального використання й охорони меліорованих земель, є основою для проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Їх використовують у системі Держводагентства, Міністерства екології та природних ресурсів і Мінагрополітики (Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів).

Значна кількість технологічних параметрів зрошувальних та дренажних систем, технічних засобів зрошення, агро-меліоративних заходів, технологій зрошення та вирощування сільськогосподарських культур, заходів із захисту земель від підтоплення захищена авторськими свідоцтвами і патентами.

Матеріали досліджень узагальнено у вигляді книг, рекомендацій, наукових основ ведення землеробства тощо. Основні теоретичні і практичні результати досліджень увійшли до складу «Національного атласу України» (2007 р.), підручників («Ґрунтознавство», 2005 р.; «Картографія ґрунтів», 2006 р.), «Краплинне зрошення» (2015 р.), якими користуються під час підго-

товки студентів агрохімічних, екологічних та гідромеліоративних факультетів.

Матеріали досліджень і результати роботи винослися на розгляд парламентських слухань у Верховній Раді України («Проблеми зрошення, підтоплення та повеней в Україні, 2006 р.», «Національна інноваційна система України: проблеми формування та реалізації, 2007 р.», «Техногенно навантажені регіони України: шляхи виходу з екологічної кризи»), Президії і бюро Президії НААН та НАН України (2000, 2003, 2005, 2012, 2015, 2016, 2017 рр.).

Розробки з дощувальної техніки увійшли в «Українську національну програму виробництва машин і технологічного устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості» (1992 р.), «Систему машин для меліорації земель в Україні на період до 2015 р.», «Програму виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005 рр.».

За період із 1990 по 2015 р. використанням результатів досліджень та розробок із краплинного зрошення запроєктовано, закомплектовано, побудовано й експлуатується приблизно 12,5 тис. га систем краплинного зрошення винограду, плодкових, ягідних, овочевих, баштанних та інших просапних с.-г. культур у різних регіонах України.

Розроблено та впроваджено новітні високоінтенсивні енерго-, ресурсо-, водоощадні, екологічнобезпечні технології вирощування різних сільськогосподарських культур на зрошенні. Їх застосування за різних способів зрошення з використанням удосконалених і сучасних широкозахватних дощувальних машин та систем краплинного зрошення забезпечує отримання врожайності у промислових умовах: овочевих культур – на рівні 75–110 т/га, а зернових і зернобобових – 6,2–19,2 т/га.

Загалом результати роботи та розробки з питань раціонального використання й охорони зрошуваних земель є організаційно-правовою, науково-методичною та техніко-технологічною основою забезпечення експлуатації зрошувальних систем та проведення поливів на площі приблизно 500 тис. га, водорегулювання на площі приблизно 300 тис. га щорічно. На вказаних землях щорічно, незалежно від погодних умов, вирощується продукція рослинництва на загальну суму майже 20 млрд грн.

Методи розрахунку з обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів меліоративних систем та параметрів дренажу, магістральних каналів і водоприймачів впроваджено та перевірено на більш ніж 40 об'єктах (площа понад 10 тис. га), розташованих у зоні достатнього та нестійкого зволоження України. Їх застосування забезпечує підвищення ефективності капітальних вкладень і поточних меліоративних витрат у середньому в 1,2–2,0 рази.

Розроблені принципи, методи, моделі і засоби для складання СПВ ОЗС на ЕОМ пройшли виробничу апробацію на діючих системах двобічної дії в Київській, Житомирській і Рівненській областях України на площі приблизно 30 тис. га. Це дало змогу збільшити віддачу меліорованого гектара на 15–25%, заощадити 20–60%

води і 15–30% електроенергії, поліпшити гідрологічний режим водотоків, зменшити негативний вплив системи на прилеглі території.

Результати наукових досліджень також впроваджені в навчальний процес і використовуються у викладанні дисциплін «Основи гідромеліорації», «Інженерні меліорації», «Гідромеліоративні системи», «Проектування водогосподарських та природоохоронних об'єктів» для студентів спеціальностей «Будівництво та цивільна інженерія», «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», а також у курсовому і дипломному проектуванні.

Усі ці напрацювання покладено в основу «Стратегії відновлення та розвитку зрошувальних та дренажних систем в Україні», розроблення якої здійснено за підтримки й участі експертів Світового банку і ФАО, а також «Водної стратегії України на період до 2025 р. (наукові основи)».

Результати досліджень викладено у 356 публікаціях, зокрема у 26 монографіях. Підготовлено 52 нормативних і методичних документів, отримано 49 патентів і авторських свідоцтв, захищено 7 докторських і 39 кандидатських дисертацій, сумарний h-індекс становить 39, кількість посилань на публікації, згідно з Google Scholar, – 488.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ромашенко М.І. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами в умовах глобальних кліматичних змін. *Ґрунти та меліорація: минуле і майбутнє* : збірка наукових праць. Київ, 2015. С. 11–16.
2. Інтегроване управління водними і земельними ресурсами на меліорованих територіях : монографія. Київ : Аграрна наука, 2016. 784 с.
3. Методичні рекомендації з планування зрошення на територіях з урахуванням змін клімату та моделей аграрного виробництва. Київ, 2015. 54 с.
4. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон : Олді-Плюс, 2018. Т. 2. 854 с.
5. Меліоровані агроєкосистеми. Київ ; Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2017. 696 с.
6. Ромашенко М.І., Тараріко Ю.О. Концептуальні засади формування біоенергетичних агроєкосистем. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 7. С. 9–13.

REFERENCES:

1. Romashchenko, M.I. (2015). Rayonuvannya terytoriyi Ukrayiny za rivnem zabezpechenosti hidrotermichnymy resursamy v umovakh hlobal'nykh klimatichnykh zmin [Zoning of the territory of Ukraine according to the level of provision with hydrothermal resources in the conditions of global climate change]. *Zbirka naukovykh prats' "Grunty ta melioratsiya: mynule i maybutnye"* – Collection of scientific works "Soils and land reclamation: past and future". Kyiv, 11–16. [in Ukrainian].
2. *Intehrovane upravlinnya vodnymy i zemel'nymy resursamy na meliorovanykh terytoriyakh: monohrafiya [Integrated management of water and land resources in reclaimed areas: a monograph]*. (2016). Kyiv : Agrarn. nauka, 784. [in Ukrainian].

3. *Metodychni rekomendatsiyi z planuvannya zros-hennya na terytoriyakh z urakhuvannyam zmin klimatu ta modeley ahrarynoho vyrobnytstva [Methodical recommendations for irrigation planning in the territories taking into account climate change and models of agricultural production].* (2015). Kyiv, 54. [in Ukrainian].

4. Hadzalo, Ya.M., Stashuk, V.A., & Rokochyns'kyi, A.M. Eds. (2018). *Melioratsiya ta oblashtuvannya Ukrayins'koho Polissya (kolektyvna monohrafiya) [Reclamation and arrangement of Ukrainian Polissya (collective monograph)]*. Kherson: OLDI-PLYUS, 2, 854. [in Ukrainian].

5. *Meliorovani ahroekosystemy [Reclaimed agroecosystems]*. (2017). Kyiv, Nizhyn: Vydavets' PP Lysenko M.M., 696. [in Ukrainian].

6. Romashchenko, M.I., & Tarariko, Yu.O. (2015). *Kontseptual'ni zasady formuvannya bioenerhetychnykh ahroekosystem [Conceptual bases of formation of bioenergy agroecosystems]*. *Visnyk ahrarynoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 7, 9–13. [in Ukrainian].

Ромащенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А., Вожегова Р.А., Жовтоног О.І., Рокочинський А.М., Тараріко Ю.О., Трускавецький Р.С. Сталий розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату

Мета. Робота присвячена розробленню дієвих і ефективних засобів підвищення врожайності сільськогосподарських культур в умовах як природного дефіциту вологи, так і її надлишку, на засадах сталого розвитку землеробства, за допомогою сучасних зрошувальних і дренажних систем. Актуальність теми пов'язана з відзначеними в Україні стійкими тенденціями до погіршення умов вирощування основних сільськогосподарських культур унаслідок глобальних змін клімату. **Методи.** Оцінку змін агрометеорологічних ресурсів території здійснювали методом математико-статистичного аналізу, результати експериментальних досліджень оброблялися методами системного узагальнення, кореляційного, економічного, розрахунково-порівняльного аналізу. Опрацювання перспективних напрямів розвитку аграрного виробництва здійснювали методом багатоваріантного імітаційного комп'ютерного моделювання. **Результати.** Мета роботи сформована на принципах системного підходу і поєднує кілька складових частин, серед яких зазначимо розроблення наукових основ, технологій, технічних засобів, організаційно-правових та нормативно-методичних засад сталого ведення аграрного виробництва на меліорованих землях в умовах прогресуючого погіршення умов природного вологозабезпечення внаслідок змін клімату. Наукова новизна зумовлена узагальненням власних багаторічних експериментальних даних із теоретично обґрунтованою методологією формування вископродуктивних систем землеробства на зрошуваних землях. Представлена робота має економічне обґрунтування у вигляді наведеної методології формування біоенергетичного аграрного виробництва на засадах збалансованого виробництва продовольства і біоенергії в системі органічного землеробства. Використання біоенергетичних систем дасть змогу знизити собівартість продукції удвічі та збільшити чистий прибуток на меліорованих землях до 10–12 тисяч у.о./га з терміном

окупності у 2–3 роки. **Висновки.** Наведені в роботі результати досліджень покладено в основу «Стратегії відновлення та розвитку зрошувальних та дренажних систем в Україні», розроблення якої здійснено за підтримки й участі експертів Світового банку і ФАО, а також «Водної стратегії України на період до 2025 року».

Ключові слова: кліматичні зміни, наукові основи, зрошення, дренаж, організаційно-правові та нормативно-методичні засади, системи аграрного виробництва, водна стратегія.

Romashchenko M.I., Baliuk S.A., Verhunov V.A., Vozhehova R.A., Zhovtonoh O.I., Rokochynskyi A.M., Tarariko Yu.O., Truskavetskyi R.S. Sustainable development of land reclamation in Ukraine in the conditions of climate change

Purpose. The work is devoted to the development of effective and efficient means of increasing crop yields in the conditions of both natural moisture deficit and its excess on the basis of sustainable agricultural development, using modern irrigation and drainage systems. The relevance of the topic is connected with the remarkable steady tendencies in Ukraine to the deterioration of growing conditions of major crops as a result of global climate change. **Methods.** Evaluation of the changes in agrometeorological resources of the territory was performed by the method of mathematical and statistical analysis, the results of experimental studies were processed by the methods of system generalization, correlation, economic, computational and comparative analysis. Working out the promising areas of agricultural production was carried out by the method of multivariate simulation computer modeling. **Results.** The goal of the work is formed on the principles of a systematic approach and combines several components, among which should be noted the development of scientific bases, technologies, technical means, organizational and legal and methodological principles of sustainable agricultural production on the meliorated lands in the conditions of progressive deterioration of natural water supply due to the climate change. The scientific novelty is based on the generalization of our own long-term experimental data with a theoretically substantiated methodology of the formation of highly productive agricultural systems on the irrigated lands. The presented work has an economic substantiation in the form of the proposed methodology of formation of bioenergy agricultural production on the basis of balanced production of food and bioenergy in the system of organic agriculture. The use of bioenergy systems will reduce the cost of production by 2 times and increase the net profit on the meliorated lands to 10–12 thousand USD/ha with a payback period of 2–3 years. **Conclusion.** The results of the study, presented here, are put into the basis of the “Strategy for Restoration and Development of Irrigation and Drainage Systems in Ukraine”, which was developed with the support and participation of the experts from the World Bank and FAO, as well as the “Water Strategy of Ukraine until 2025”.

Key words: climate change, scientific bases, irrigation, drainage, organizational-legal and normative-methodical bases, systems of agricultural production, water strategy.

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ПІРОКСУЛАМУ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ ХІТОЗАНУ ТА КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ

СОНЬКО Р.В. – завідувач лабораторії

orcid.org/0000-0002-2309-7226

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ТРАЧ В.В. – кандидат біологічних наук

orcid.org/0000-0003-0345-2427

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ТОНХА О.Л. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0677-5494

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Сучасні тенденції сільського господарства України спрямовані на інтенсифікацію виробництва в рослинництві, оновлення асортименту гербіцидів завдяки створенню нових комплексних препаратів, які мають низку переваг порівняно із препаратами з однією діючою речовиною. Сумісне застосування діючих речовин із різними механізмами фітотоксичності дозволяє запобігти виникненню біотипів бур'янів, резистентних до гербіцидів із певним механізмом дії [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гербіцид піроксулам за механізмом дії належить до інгібіторів ацетолактатсинтази (далі – АЛС), яка бере участь у синтезі амінокислот із розгалуженим ланцюгом: валіну, лейцину, ізолейцину, ефективно контролює багато видів однорічних злакових і окремі види дводольних бур'янів [2]. Для підсилення дії цього гербіцидного препарату на дводольні їх види застосовують препарат хітозан [3]. У літературі практично відсутні дані про спільне застосування гербіцидів різних механізмів дії та хітозану, наноелементів за позакореневої обробки рослин. Вивчення цих питань є вкрай актуальним, оскільки добре відомо, що отримання високих урожаїв неможливе без застосування гербіцидів.

У невеликих кількостях наночастинки міді широко використовуються в сільському господарстві як мікроелементи для синтезу лігніну та деяких інших ферментних систем, як-от супероксиддисмутаза Cu/Zn (SOD), оксидаза цитохрому, аміноксидаза, пластоціанін та поліфенолоксидаза [4], фотосинтезу та метаболізму вуглеводів та білків [5; 6], можуть зменшувати хвороби рослин [7]. Однак високі концентрації таких металів можуть негативно впливати на ріст і розвиток рослин, спричиняти фітотоксичність, детальні механізми якої все ще залишаються незрозумілими [5]. Тому варто проводити токсикологічні дослідження, щоб оцінити долю наночастинок, їхню токсичну дію, трансформацію та розподіл у рослинах, на додаток до їхнього впливу на фізіологічний, біохімічний та молекулярний аспекти.

Застосування бакових сумішей із наноелементами є економічно вигідним, оскільки дозволяє скоротити кількість обробок [8; 9]. Однак воно стає можливим тільки тоді, коли попередніми дослідженнями показано відсутність антагонізму між компонентами суміші. Фітотоксичність гербіцидів призводить до зниження на 35 і 32% вмісту хлорофілу і білка. Завдяки посиленню

уваги до цієї проблеми токсичність пестицидів останніми роками значно зменшилася, покращилися й інші параметри препаратів. У результаті інноваційних розробок у сільськогосподарському виробництві стали доступними препарати, які мають знижену токсичність для людини, безпечні для тварин і швидко інактивуються в навколишньому середовищі [10–18].

Мета статті – оцінити фітотоксичну дію гербіциду піроксуламу за застосування хітозану та колоїдного розчину міді в поєднанні зі сріблом на дводольні види бур'янів, параметри індукції флуоресценції хлорофілу (далі – ІФХ).

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили з рослинами гороху (*Pisum sativum* L.), які використовували як модель середньочутливих дводольних бур'янів. Рослини вирощували у пластикових посудинах із субстратом (суміш ґрунту з піском у співвідношенні 3:1 на вегетаційному майданчику Інституту фізіології рослин і генетики Національної академії наук України.

Варіанти дослідження були такі: 1 – контроль (вода); 2 – піроксулам; 3 – піроксулам + хітозан; 4 – піроксулам + колоїдний розчин (Cu + Ag); 5 – піроксулам + хітозан + колоїдний розчин (Cu + Ag); 6 – хітозан; 7 – колоїдні розчини (Cu + Ag).

Рослини обробляли піроксуламом у концентрації 5*10⁻⁵ М у фазі 3 справжні листки, колоїдним розчином Cu + Ag (0,1 мг/л), а також хітозаном – 0,2 відсотковий розчин. Повторність досліду – 5-разова

Колоїдний розчин міді в поєднанні зі сріблом отримували методом електроіскрового синтезу у плазмі ряду між струмопровідними гранулами у воді [8; 10].

Дослідження особливості реакції фотосинтетичного апарату рослин на обробку досліджуваними препаратами проводили методом реєстрації індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) за допомогою портативного флуорометра «Флоратест» (Україна). Характеристику стану фотосинтетичного апарату рослин проводили за зміною параметра Fv/Fp, величина якого залежить від ефективності фотохімічних реакцій фотосистеми II (далі – ФС II). Кореляція цього параметра із квантовим виходом фотосинтезу дозволяє використовувати його для характеристики процесів фотосинтезу в межах цілого організму [2]. Для вимірювання на рослинах відбиралися листки, найбільш ідентичні один з одним.

Вимірювання проводили після 3-х хвилин темної адаптації. Час вимірювання становив три хвилини.

Результати досліджень. Найбільше пригнічував ріст рослин гороху варіант із поєднанням піроксуламу, хітозану і колоїдного розчину Cu + Ag. Так, на 21-у добу після позакореневої обробки рівень наростання маси сирової речовини надземної частини гороху був у 2,5 рази меншим порівняно з контролем (рис. 1). Найбільш позитивний ефект проявився у варіанті за використання колоїдного розчину, де маса рослин збільшилася порівняно з контролем на 16%.

Визначення вмісту фотосинтетичних пігментів на 19-у добу після позакореневої обробки гербіцидом показало, що піроксулам спричинив зменшення вмісту хлорофілів a і b (табл. 1). Такий ефект може бути зумовлений пригніченням білкового синтезу внаслідок дії на фермент АЛС. Зменшення вмісту фотосинтетичних пігментів за дії гербіциду може бути також посилено їх руйнуванням, що, імовірно, пов'язане з вільнорадикальними процесами.

На тлі обприскування рослин гороху піроксуламом позакоренева обробка хітозаном призвела до ще більшого зменшення вмісту хлорофілу a, але зросла кількість хлорофілу в порівняно з варіантом з одним лише внесенням піроксуламу. Колоїдний розчин не мав такого впливу, тому концентрація хлорофілу a і b була дещо нижчою порівняно з контролем. Наші дослідження пока-

зують, що через 30 хвилин після обробки найбільшу фізіологічну активність проявляють колоїдні розчини та хітозан. У рослин шостого та сьомого варіантів значення показника Fv/Fm зменшилось на 5%.

Через шість годин після обробки в усіх рослин спостерігалось зменшення фотосинтетичної активності. Найбільш прореагували на обробку рослини другого і варіанта з колоїдними розчинами металів, у яких інтенсивність фотосинтезу зменшилась на 10–12% щодо контролю. У решті варіантів різниця не перевищувала 5%.

Фізіологічний стан рослин наступного дня після обробки суттєво не змінився, проте в деяких варіантах дія препаратів посилилась. Незалежно від ярусу, інтенсивність фотосинтезу в дослідних варіантах була меншою порівняно з контролем, а виявлена різниця була несуттєвою. Виняток становлять рослини 6-го варіанта, де різниця була 7%, а показники фотосинтетичної активності були менші на 3 яруси.

На восьмий день після обробки спостерігалась вищенаведена тенденція. Найбільший негативний вплив проявлявся у 5 варіанті обробки, зниження порівняно з контролем становило 6%. Отже, обробка рослин піроксуламом призводила до зменшення фотосинтетичної активності рослин, з формуванням мінімальних значень на 6 годину. Поєднання піроксулану з хітозаном, варіант із колоїдними розчинами, призвело до зменшення

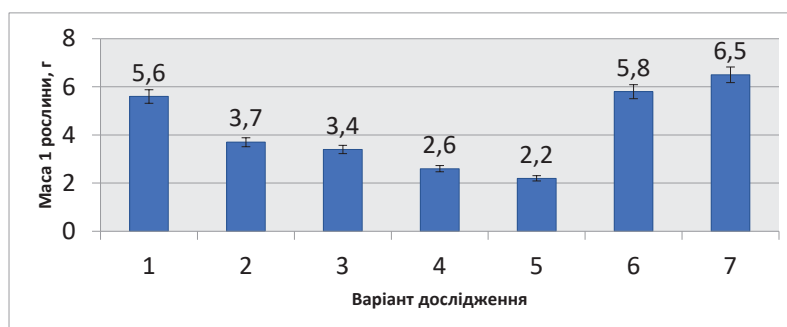


Рис. 1. Вплив позакореневої обробки препаратів на середню масу надземної частини рослин гороху на 21-у добу: 1 – контроль; 2 – піроксулам; 3 – піроксулам + хітозан; 4 – піроксулам + колоїдний розчин (Cu + Ag); 5 – піроксулам + хітозан + колоїдний розчин (Cu + Ag); 6 – хітозан; 6 – колоїдні розчини (Cu + Ag)

Таблиця 1 – Вміст фотосинтетичних пігментів (мкг/мг сирової речовини) у листках гороху після позакореневої обробки (1-й зверху повністю сформований листок)

Варіанти досліджу	Вміст пігментів	
	Хлорофіл a	Хлорофіл b
Контроль	0,98 ± 0,05	0,38 ± 0,01
Піроксулам	0,49 ± 0,02	0,29 ± 0,01
Піроксулам + хітозан	0,35 ± 0,02	0,19 ± 0,02
Піроксулам + колоїдний розчин (Cu + Ag)	0,51 ± 0,04	0,31 ± 0,01
Піроксулам + хітозан + колоїдний розчин (Cu + Ag)	0,47 ± 0,03	0,21 ± 0,02
Хітозан	1,05 ± 0,01	0,37 ± 0,01
Колоїдні розчини (Cu + Ag)	0,84 ± 0,08	0,29 ± 0,01

Таблиця 2 – Показники параметру Fv/Fm в залежності від часу обробки

Варіант обробки	Час після обробки				
	30 хвилин	6 годин	2-й день	3-й день	8-й день
Контроль	0,766 ± 0,025	0,741 ± 0,063	0,708 ± 0,174	0,785 ± 0,002	0,761 ± 0,003
Піроксулам	0,782 ± 0,012	0,664 ± 0,006	0,772 ± 0,003	0,777 ± 0,008	0,744 ± 0,001
Піроксулам+ хітозан	0,761 ± 0,012	0,721 ± 0,049	0,684 ± 0,013	0,748 ± 0,005	0,762 ± 0,001
Піроксулам+ колоїдний розчин (Cu + Ag)	0,790 ± 0,016	0,728 ± 0,055	0,701 ± 0,001	0,772 ± 0,01	0,749 ± 0,012
Піроксулам+ хітозан + кол. розч. (Cu + Ag)	0,782 ± 0,004	0,755 ± 0,032	0,763 ± 0,006	0,730 ± 0,023	0,714 ± 0,042
Хітозан	0,721 ± 0,06	0,748 ± 0,018	0,765 ± 0,012	0,767 ± 0,037	0,764 ± 0,019
Колоїдний розчин (Cu + Ag)	0,722 ± 0,093	0,67 ± 0,059	0,687 ± 0,009	0,776 ± 0,004	0,779 ± 0,002

показників вже через 30 хвилин та повернення до норми або покращення через тиждень. Подібний характер змін спостерігався в рослин, оброблених чистим хітозаном, проте в даному разі повернення до норми спостерігалося через 6 годин. Застосування трьох розчинів у комплексі (варіант 5) спричинило зменшення фотосинтетичної активності, яке спостерігалося і через тиждень, хоча на початку вимірювання різниця була несуттєва.

Висновки. Комплексне застосування піроксуламу, хітозану і колоїдного розчину Cu + Ag, а також піроксуламу з хітозаном призвело до значного пригнічення росту і розвитку рослин гороху і зменшення вмісту фотосинтетичних ферментів. Позитивний ефект проявився за використання колоїдного розчину, де маса рослин збільшилася порівняно з контролем на 16%. Усі варіанти дослідження мали фітотоксичний ефект, який проявлявся на різні дні після обробки. Але за тиждень він зменшувався, за винятком варіанта з комплексним застосуванням піроксулам + хітозан + колоїдний розчин (Cu + Ag).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мордерер Є.Ю. Комплексні гербіциди Паллас™ Екстра та Квелекс™ – нові можливості захисту посівів зернових колосових. 2018. URL: https://www.dowagro.com/content/dam/hdas/dowagro_ukraine.
2. Рубин А.Б., Кренделева Т.Е. Регуляція первичних процесів фотосинтеза. *Успехи біологічної хімії*. 2003. Т. 43. С. 225–266.
3. Вплив хітозану на фітотоксичну дію гербіциду гранстар / В.В. Трач та ін. *Бур'яни, особливості їх біології та систем контролювання в посівах сільськогосподарських культур* : збірник наукових праць : матеріали 8-ї Науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів, м. Київ, 16–17 березня 2012 р. Київ : Колобіг ; Фенікс, 2012. С. 229–233.
4. Функціональні наноматеріали для потреб сільськогосподарства / В.А. Копілевич та ін. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2008. № 130. С. 349–354.
5. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection : A review / L.R. Khot et al. *Crop Prot.* 2012. № 35. P. 64–70. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.01.007.
6. Large-scale synthesis of copper nanoparticles by chemically controlled reduction for applications

of inkjet-printed electronics / Y. Lee et al. *Nanotechnology*. 2008. № 19. P. 415604. DOI: 10.1088/0957-4484/19/41/415604.

7. Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants / P. Ponmurugan et al. *J. Exp. Nanosci.* 2016. № 11. P. 1019–1031. DOI: 10.1080/17458080.2016.1184766.

8. Разрядно-импульсные системы производства нанокolloидных растворов биологически активных металлов методом ОЭИД / А.А. Щерба и др. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2010. Вип. 26. С. 152–160.

9. Використання біологічно активних препаратів на основі нанорозмірних часток металів в технології вирощування сої / С.М. Каленська та ін. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2010. Серія «Біологія». Ч. 2. С. 24–32.

10. Маточний колоїдний розчин металів : Пат. 38459 України на корисну модель / К.Г. Лопатько та ін. Опубл. 12.01.2009.

11. Sommer A.L. Copper as an essential for plant growth. *Plant Physiol.* 1931. № 6. P. 339. DOI: 10.1104/pp.6.2.339.

12. An overview on manufactured nanoparticles in plants: Uptake, translocation, accumulation and phytotoxicity / D.K. Tripathi et al. *Plant Physiol. Biochem.* 2017. № 110. P. 2–12. DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.07.030.

13. Phytotoxicity of Nanoparticles / M. Faisal et al. Berlin, Germany : Springer, 2018.

14. Kiaune L., Singhasemanon N. Pesticidal copper (I) oxide: Environmental fate and aquatic toxicity. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 2011. № 213. P. 1–26. DOI: 10.1007/978-1-4419-9860-6_1.

15. Stampoulis D., Sinha S.K., White J.C. Assay-Dependent Phytotoxicity of Nanoparticles to Plants. *Environ. Sci. Technol.* 2009. № 43. P. 9473–9479. DOI: 10.1021/es901695c.

16. Phytotoxicity and accumulation of copper oxide nanoparticles to the Cu-tolerant plant *Elsholtzia splendens* / J. Shi et al. *Nanotoxicology*. 2014. № 8. P. 179–188. DOI: 10.3109/17435390.2013.766768.

17. Copper Nanoparticles Induced Genotoxicity, Oxidative Stress, and Changes in Superoxide Dismutase (SOD) Gene Expression in Cucumber (*Cucumis sativus*) Plants / K.A. Mosa et al. *Front. Plant Sci.* 2018. № 9. P. 872. DOI: 10.3389/fpls.2018.00872.

18. Copper Oxide Nanoparticle Mediated DNA Damage in Terrestrial Plant Models / D.H. Atha et al. *Environ.*

Sci. Technol. 2012. № 46. P. 1819–1827. DOI: 10.1021/es202660k.

REFERENCES:

- Morderer, Ye.Yu. (2018). Kompleksni herbitsydy Pallas™ Ekstra ta Kveleks™ – novi mozhlyvosti zakhystu posiviv zernovykh kolosovykh [Complex herbicides Pallas™ Extra and Quelex™ – new opportunities for protection of cereal crops]. URL: https://www.dowagro.com/content/dam/hdas/dowagro_ukraine [in Ukrainian].
- Rubin, A.B., & Krendeleva, T.E. (2003). Regulyatsiya pervichnykh protsessov fotosinteza [Regulation of primary processes of photosynthesis]. *Uspehi biologicheskoy himii – Advances in biological chemistry*, 43, 225–266 [in Russian].
- Trach, V.V., Hural'chuk, Zh.Z., Hrynyuk, S.O., & Morderer, Ye.Yu. (2012). Vplyv khitozanu na fitotoksychnu diyu herbitsydu hranstar [The effect of chitosan on the phytotoxic effect of the herbicide granstar]. *Bur'yany, osoblyvosti yikh biolohiyi ta system kontrolyuvannya u posivakh sil's'kohospodars'kykh kul'tur: zbirnyk nauk. Prats': mater. 8-yi nauk. teor. konf. Ukr. nauk. tov-va herbolohiv [Weeds, features of their biology and control systems in crops: a collection of scientific papers: materials of the 8th scientific-theoretical conference of the Ukrainian Scientific Society of Herbologists]* (pp. 229–233). Kyiv: "Kolobih", Feniks [in Ukrainian].
- Kopilevych, V.A., Maksin, V.I., Kaplunencko, V.H., & Kosinov, M.V. (2008). Funktsional'ni nanomaterialy dlya potreby sil's'koho hospodarstva [Functional nanomaterials for agriculture]. *Visnyk NAU – Bulletin of NAU*, 130, 349–354 [in Ukrainian].
- Khot, L.R., Sankaran, S., Maja J.M., Ehsani, R., & Schuster, E.W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Prot*, 35: 64–70. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.01.007 [in English].
- Lee, Y., Choi, J.R., Lee, K.J., Stott, N.E., & Kim, D. (2008). Large-scale synthesis of copper nanoparticles by chemically controlled reduction for applications of inkjet-printed electronics. *Nanotechnology*, 19: 415604. DOI: 10.1088/0957-4484/19/41/415604 [in English].
- Ponmurugan, P., Manjukarunambika, K., Elango, V., & Gnanamangai, B.M. (2016). Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants. *J. Exp. Nanosci*, 11: 1019–1031. DOI: 10.1080/17458080.2016.1184766 [in English].
- Scherba, A.A., Zaharchenko, S.N., Lopatko, K.G. et al. (2010). Razryadno-impulsnyie sistemyi proizvodstva nanokolloidnykh rastvorov biologicheskii aktivnykh metallov metodom OEID [Discharge-pulse systems for the production of nanocolloidal solutions of biologically active metals by the OEID method]. *Pratsi In-tu elektrodinamiki NAN UkraYini – Proceedings of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 26, 152–160 [in Russian].
- Kalens'ka, S.M., Novyts'ka, N.V., Andriyets', D.V., & Kholodchenko, R.M. (2010). Vykorystannya biolohichnoaktyvnykh preparativ na osnovi nanorozmirnykh chastok metaliv v tekhnolohiyi vyroshchuvannya soyi [The use of biologically active drugs based on nanosized metal particles in soybean growing technology]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya "Biolohiya" – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Biology"*, 2, 24–32 [in Ukrainian].
- Lopat'ko, K.H., Aftandilyants, Ye.H., Tonkha, O.L., & Kalens'ka, S.M. Matochnyy koloyidnyy rozchyn metaliv : Pat. 38459 Ukrayiny na korysnu model' [Uterine colloidal solution of metals: Pat. 38459 of Ukraine on a useful model]. Publ. 12.01.2009 [in Ukrainian].
- Sommer, A.L. (1931). Copper as an essential for plant growth. *Plant Physiol*, 6: 339. DOI: 10.1104/pp.6.2.339 [in English].
- Tripathi, D.K., Singh, S., Singh, S., Pandey, R., Singh, V.P., Sharma, N.C., Prasad, S.M., Dubey, N.K., & Chauhan, D.K. (2017). An overview on manufactured nanoparticles in plants: Uptake, translocation, accumulation and phytotoxicity. *Plant Physiol. Biochem*, 110: 2–12. DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.07.030 [in English].
- Faisal, M., Saquib, Q., Alatar, A.A., & Al-Khedhairi, A.A. (2018). Phytotoxicity of Nanoparticles. Springer; Berlin, Germany [in English].
- Kiaune, L., & Singhasemanon, N. (2011). Pesticidal copper (I) oxide: Environmental fate and aquatic toxicity. *Rev. Environ. Contam. Toxicol*, 213: 1–26. DOI: 10.1007/978-1-4419-9860-6_1 [in English].
- Stampoulis, D., Sinha, S.K., & White, J.C. (2009). Assay-Dependent Phytotoxicity of Nanoparticles to Plants. *Environ. Sci. Technol*, 43: 9473–9479. DOI: 10.1021/es901695c [in English].
- Shi, J., Peng, C., Yang, Y., Yang, J., Zhang, H., Yuan, X., Chen, Y., & Hu, T. (2014). Phytotoxicity and accumulation of copper oxide nanoparticles to the Cu-tolerant plant *Elsholtzia splendens*. *Nanotoxicology*, 8: 179–188. DOI: 10.3109/17435390.2013.766768 [in English].
- Mosa, K.A., El-Naggar, M., Ramamoorthy, K., Alawadhi, H., Elnaggar, A., Wartanian, S., Ibrahim, E., & Hani, H. (2018). Copper Nanoparticles Induced Genotoxicity, Oxidative Stress, and Changes in Superoxide Dismutase (SOD) Gene Expression in Cucumber (*Cucumis sativus*) Plants. *Front. Plant Sci*, 9: 872. DOI: 10.3389/fpls.2018.00872 [in English].
- Atha, D.H., Wang, H., Petersen, E.J., Cleveland, D., Holbrook, R.D., Jaruga, P., Dizdaroglu, M., Xing, B., Nelson, B.C. (2012). Copper Oxide Nanoparticle Mediated DNA Damage in Terrestrial Plant Models. *Environ. Sci. Technol*, 46: 1819–1827. DOI: 10.1021/es202660k [in English].

Сонько Р.В., Трач В.В., Тонха О.Л. Оцінка фітотоксичної дії гербіциду піроксуламу за застосування хітозану та колоїдних розчинів

Мета – оцінити фітотоксичну дію гербіциду піроксуламу за застосування хітозану та колоїдного розчину міді в поєднанні зі сріблом на дводольні види бур'янів, параметри індукції флуоресценції хлорофілу. Результати. У статті наведено результати досліджень оцінки фітотоксичної дії гербіциду піроксуламу за застосування хітозану та колоїдних розчинів Cu і Ag. Досліди проводили з рослинами гороху (*Pisum sativum* L.) на вегетаційному майданчику Інституту фізіології рослин і генетики Національної академії наук України. Встановлено, що найбільше пригнічення росту рослин гороху і зменшення вмісту хлорофілу отримано за комплексного використання піроксуламу, хітозану і колоїдного розчину Cu + Ag, порівняно з контролем – у 2,5 рази. Найкращі показники порівняно з контролем виявлені у варіанті з хітозаном. Колоїдний розчин мав менші показники порівняно з хітозаном на 25%. Обробка рослин піроксуланом призводила до зменшення фотосинтетичної

активності рослин, з формуванням мінімальних значень на шсту годину. Поєднання піроксулану з хітозаном, варіант із колоїдними розчинами, призвело до зменшення показників вже через 30 хвилин, повернення до норми або покращення через тиждень. Подібний характер змін спостерігався в рослин, оброблених чистим хітозаном, проте в даному разі повернення до норми спостерігалось через шість годин. Застосування в комплексі трьох розчинів (варіант 5) викликало зменшення фотосинтетичної активності, яке спостерігалось і через тиждень, хоча на початку вимірювання різниця була несуттєва. Висновки. Позитивний ефект проявився за використання колоїдного розчину, де маса рослин збільшилася порівняно з контролем на 16%. Усі варіанти дослідження мали фітотоксичний ефект, який проявлявся на різні дні після обробки. Але за тиждень він зменшувався, за винятком варіанта з комплексним застосуванням піроксулам + хітозан + колоїдний розчин (Cu + Ag).

Ключові слова: індукція флуоресценції хлорофілу, хлорофіл, ріст, мідь, срібло.

Sonko S.R., Trach V.V., Tonkha O.L. Evaluation of phytotoxic activity of peroxul herbicide using chitosan and colloid solutions

Purpose of the study was to evaluate the phytotoxic effect of the herbicide pyroxulam with the use of chitosan and colloidal copper solution in combination with silver on dicotyledonous weeds, parameters of chlorophyll fluorescence induction (IFH). Results. The article presents the results of a recent assessment of the phytotoxic effect of herbicide pyroxules with chitosan and coloids of Cu

and Ag. The research has been carried out with pea plants (*Pisum sativum* L.) on the growing site of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine. It is found that the greatest inhibition of pea plant growth and reduction of chlorophyll has been obtained in the variant with a combination of piroxulam, chitosan and colloidal solution of Cu + Ag, the reduction compared to the control was 2,5 times. The best indicators in comparison with the control has been found in the variant with chitosan. The colloidal solution had lower indicators compared to chitosan by 25%. Treatment of plants with pyroxulane led to a decrease in photosynthetic activity of plants, with the formation of minimum values for 6 hours. The combination of pyroxulane with chitosan, a variant with colloidal solutions led to a decrease in 30 minutes and return to normal or improvement in a week. A similar nature of the changes was observed in plants treated with pure chitosan, but in this case the return to normal was observed after 6 hours. The use of three solutions in the complex (variant 5) caused a decrease in photosynthetic activity, which was observed after a week, although at the beginning of the measurement the difference was not significant. Conclusions. The positive effect was manifested by the use of colloidal solution, where the weight of plants increased compared to the control by 16%. All study variants had a phytotoxic effect, which manifested itself on different days after treatment. But within a week it decreased, except for the option with the complex use of pyroxulam + chitosan + colloidal solution (Cu + Ag).

Key words: chlorophyll fluorescence induction, chlorophyll, growth, copper, silver.

СЕЗОННА ДИНАМІКА РУХОМОГО КАЛІЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ

ТОНХА О.Л. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0677-5494

Національний університет біоресурсів і природокористування України

СИЧЕВСЬКИЙ С.О. – аспірант

orcid.org/0000-0002-0752-1939

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КРАВЧЕНКО Ю.С. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-4175-9622

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КОВАЛЕНКО В.П. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-7158-825X

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Пшениця озима є основною зерновою культурою в Україні, розміри посівних площ якої й обсяги збору зерна значно переважають відповідні показники інших злакових культур [1]. Зростання середньорічних температур в Україні, збільшення тривалості посушливих днів призводять до ускладнення отримання сталих та високих урожаїв озимої пшениці, зокрема й в умовах Правобережного Лісостепу України. Важливим і незамінним елементом мінерального живлення сільськогосподарських культур є калій, уміст якого у ґрунтах на 99,9% представлений мінеральними сполуками. У зв'язку із цим запаси валового і рухомого калію у ґрунтах можуть істотно варіюватись і будуть залежати від складу мінералів, гранулометричного складу ґрунтів і материнських порід. За достатнього калійного живлення підвищуються посухостійкість і морозостійкість рослин, поліпшується обмін поживних речовин і води [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Калій є одним із головних елементів, який впливає на ріст і розвиток озимої пшениці, активізує роботу низки ферментів, синтез білкових речовин і нагромадження цукрів. Це підвищує холодостійкість і стійкість рослин до грибкових захворювань. Сполуки калію впливають на формування кореневої системи, процеси кущення, міцність стебла, що запобігає виляганню. Достатня забезпеченість ґрунтів доступним калієм послаблює негативну дію надлишкового азотного живлення, сприяє оптимізації фотосинтезу, підвищує посухостійкість рослин. Внесення калійних добрив ефективно діє на продукування біомаси рослин за умов низького освітлення, збільшує врожай пшениці. Калій запобігає зменшенню врожайності сільськогосподарських культур за холодних погодних умов. Він переміщується в рослині від старших листків до молодих (реутилізація), тому його нестаток проявляється передусім на старших листках. Надмірний вміст калію обмежує засвоєння рослинами кальцію і магнію. Зменшення кількості калію у клітинах рослин і збільшення в них кальцію зумовлює старіння тканин [2]. Калій бере участь у більшості обмінних реакцій у рослинах, активізує переміщення вуглеводів із вегетативних органів до колоса, сприяє кращому наливу зерна, у результаті чого підвищуються крупність

і вповненість зерна, вміст білка [3]. Калій впливає на накопичення в рослинному організмі крохмалю, цукрів, бере участь в азотному обміні і синтезі білка, підвищує використання сонячної енергії та відтік асимілянтів [2; 3; 8; 9]. Він переважно зосереджується в молодих тканинах рослин, у місцях з активним біохімічним синтезом і перетворення речовин, тому він найбільше зосереджується в нетоварній частині врожаю.

Уміст обмінного калію у ґрунтах залежить від їхнього типу і гранулометричного складу [2; 3]. Найбільшим умістом калію характеризуються важкосуглинкові глинисті і суглинкові ґрунти, меншим – піщані, супіщані та торфові ґрунти. Калій у ґрунті представлений у вигляді силікатних мінералів, обмінних і водорозчинних сполук. Калій силікатних мінералів доступний для рослин після їх вивітрювання, коли під дією вуглекислоти ґрунту і ґрунтового розчину мінерали розкладаються з утворенням розчинних солей калію. Такий калій перебуває переважно у дрібнодисперсній фракції ґрунту. Легка доступність обмінного калію для рослин зумовлена його здатністю переходити в іонну форму у ґрунтового розчині. Доступним вважається калій, що входить до складу плазми мікроорганізмів, які густо заселяють ґрунт і ризосферу. Такий калій використовується тільки після відмирання мікроорганізмів [3; 4; 5].

Внесення калійних добрив підвищує запаси і форми калію у ґрунті. В умовах багаторічного стаціонарного польового досвіду Білгородського ННЦГ внесення мінеральних добрив і гною підвищило вміст рухомих форм калію у ґрунті в 1,2–1,3 рази щодо контрольного варіанта. Інтенсивність балансу калію збільшилась на 80% за використання $N_{42-62}P_{62}K_{62} + 16$ т/га гною і на 39% (у 2,6 рази менше) – за використання тільки гною [5]. Збільшення кислотності та запасів вологи у ґрунті підвищує вміст рухомого калію завдяки його мобілізації з недоступних форм [2; 4; 5]. Результати досліджень низки вчених показують, що в різних ґрунтово-кліматичних умовах ефективність дії добрив на зміну показників ґрунтової родючості відрізняється [4; 5; 6].

Дослідженнями О.А. Цап і А.М. Демчшина [6] показана строката динаміка обмінного калію по полях сівозміни, за вегетаційний період, і за трирічний період.

Динаміка суттєво залежала від виду сільськогосподарської культури, фази вегетації, дати відбору ґрунтових проб, погодних умов і внесених добрив. За більшої кількості опадів і прохолодного літа спостерігалось зменшення вмісту обмінного калію під ярими зерновими протягом літа, його збільшення – восени на завершальному етапі органогенезу рослин. У період перед збором врожаю відбувається відтік поживних речовин із вегетативних органів рослин до кореневої системи, що певною мірою приводить до підвищення рухомого калію в кореневмісному горизонті [7]. Доведено, що кореневе поглинання, синтез і кореневе виділення мають ритмічний характер, який забезпечується ритмічністю росту кореневої системи. Зокрема, у разі поглинання калію відбувається відтік у ґрунт іонів кальцію і навпаки. За нормальної кореневої діяльності поглинання калію завжди переважає над його виділенням. Під час досягання врожаю і старіння рослини знижується ступінь поглинання поживних речовин кореневою системою, спостерігається виділення калію, магнію й інших поживних речовин у навколишнє середовище, зокрема у ґрунт [6].

Дослідженнями R. Gaj et al. [4] доведений взаємозв'язок між врожайністю зерна та вмістом фосфору, калію, кальцію, магнію, цинку та марганцю в листі пшениці на початку фази кушення (ВВСН31). Крім того, внесення мінеральних добрив значно збільшило вміст білка та клейковини порівняно з неудобреним варіантом. Авторами були виявлені статистично достовірні зв'язки між вмістом N, P, Mg, Zn і Mn у листках за ВВСН31 стадії та накопиченням білка та глютену в зерні пшениці.

Мета статті – дослідити сезонну динаміку рухомого калію в чорноземі опідзоленому протягом вегетаційного періоду пшениці озимої.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження здійснювались упродовж 2014–2017 рр. на дослідних полях ТОВ «Лотівка Еліт», які розміщені в селі Лотівка Шепетівського району Хмельницької області. Дослідна ділянка розташована в північній частині Шепетівського району, північно-західній частині Правобережного Лісостепу України, північного агрокліматичного району області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзелений середньосуглинковий на лесі.

Дослідні ділянки визначались за рівнем забезпеченості чорнозему опідзоленого рухомими формами фосфору і калію: РсКс – середня забезпеченість фосфором і калієм; РнКс – низька забезпеченість фосфором і середня калієм; РднКс – дуже низька забезпеченість фосфором і середня калієм; РсКп – середня забезпеченість фосфором і підвищена калієм; РсКн – середня забезпеченість фосфором і низька калієм. Повторність кожної ділянки була триразовою.

У досліді застосовували сорт пшениці озимої – Лаертіз. Для визначення фаз розвитку рослини використовували як традиційну для України шкалу (кушення – трубкування – поява прапорцевого листка – колосіння – цвітіння), так і шкалу Задокса – ВВСН [15]. Сівозміна 6-типільна з таким чергуванням культур: кукурудза на зерно – соя – пшениця озима – кукурудза на зерно – горох – пшениця озима.

Ґрунтові проби відбиралися систематично, за фазами онтогенезу та відповідно до ВВСН стадій, згідно з ISO 10381-2 [19]. Підготовка до хімічного аналізу здійснювалася згідно із ДСТУ ISO 11464-2001. Вміст рухомого калію визначався за методом Чирікова [20]. Збір урожаю здійснювався промисловими комбайнами, обладнаними системами картографування врожайності. Дані оброблялись методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим та з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel®, Statistica®, FarmWorks®.

Результати досліджень. Пшениця озима засвоює калій із ґрунту від проростання до цвітіння, а найбільш інтенсивно – у фазах виходу у трубку і колосіння. Максимальна кількість його накопичується в рослинах пшениці озимої під час цвітіння [6].

Вплив фосфору та калію проявляється в пом'якшенні негативних наслідків біотичних і абіотичних стресів. Достатня забезпеченість ґрунту елементами живлення формує стійкість рослин до дефіциту води, низьких температур та впливу патогенів [14]. Дослідженнями показано, що фосфорні добрива за внесення під основне удобрення мали 100% ефективності впливу на врожайність пшениці порівняно з калійними, вплив яких становив 94,5%. Внесення калію збільшило висоту, загальну кількість стебл, зерен у колосі, урожайність пшениці озимої, також спостерігалось покращення поживного режиму ґрунту [11; 13; 14].

У табл. 1 представлено сезонну динаміку рухомого калію в чорноземі опідзоленому в різні фази розвитку пшениці озимої. Різна забезпеченість фосфором чорнозему опідзоленого за середньої забезпеченості рухомим калієм вплинула на сезонну динаміку. На варіанті РсКс найбільші показники отримано у фазу ВВСН 50, а на варіантах РнКс і РднКс – у ВВСН 60. Також у фазу цвітіння отримано найбільші показники рухомого калію в чорноземі опідзоленому за підвищеного і низького забезпечення ґрунту калієм.

У варіанті РсКс вміст рухомого калію зростав до ВВСН 30, далі відбулось зменшення до фази трубкування, що пов'язано з активним споживанням рослинами. У подальшому відбулось підвищення цього показника до фази колосіння та зменшення до цвітіння культури. За низького вмісту рухомого фосфору і середнього калію у ґрунті у фазу кушення відбувалось незначне зменшення досліджуваного показника, він становив 49,3 мг/кг, найменші значення отримані у ВВСН 50. За підвищеної забезпеченості рухомим калієм чорнозему опідзоленого динаміка була зростаючою, з мінімальними значеннями у фазу початку кушення (ВВСН 21) і максимальними до ВВСН 60. За низької забезпеченості ґрунту рухомим калієм різниця показників між фазами росту була несуттєва.

Статистичний аналіз рухомого калію в чорноземі опідзоленому й урожайності пшениці озимої наведено в табл. 2.

Отже, коефіцієнт варіації рухомого калію в чорноземі опідзоленому в усі фази росту та розвитку пшениці озимої до цвітіння був високий, що свідчить про важливість елемента в живленні цієї культури. Урожайність характеризувалась слабкою варіацією.

Таблиця 1 – Сезонна динаміка рухомого калію в чорноземі опідзоленому за різної забезпеченості фосфором і калієм за вирощування пшениці озимої, мг/кг ґрунту

Варіант дослідження	ВВСН 21 / початок кущення	ВВСН 30 / кущення	ВВСН32 / трубкування	ВВСН 45 / поява прапорцевого листа	ВВСН 50 / колосіння	ВВСН 60 / цвітіння
РсКс	58,1	64,4	58,0	61,5	74,8	61,5
РнКс	54,6	49,3	52,2	52,2	41,7	55,2
РднКс	44,7	43,7	46,1	54,7	46,1	58,1
РсКп	91,5	93,4	95,8	99,1	94,8	106,0
РсКн	28,5	30,4	31,4	33,7	35,8	36,8

Таблиця 2 – Статистичний аналіз рухомого калію в чорноземі опідзоленому й урожайності пшениці озимої

Показник	ВВСН 21 / початок кущення	ВВСН 30 / кущення	ВВСН32 / трубкування	ВВСН 45 / поява прапорцевого листа	ВВСН 50 / колосіння	ВВСН 60 / цвітіння	Урожайність пшениці озимої, т/га
Об'єм вибірки (n)	16	16	16	16	16	16	16
Середнє (X_{av})	53,0	56,0	54,5	54,1	59,0	56,8	7,69
Стандартне відхилення (S)	15,7	16,6	17,7	15,7	21,1	20,0	0,6
Помилка середнього (SX_{av})	3,9	4,2	4,4	3,9	5,27	5,0	0,07
Коефіцієнт варіації, % (C_v)	28	28	31	28	34	34	7
Мінімальне значення	28,5	30,4	31,4	33,7	35,8	29,2	6,8
Нижній кuartиль	45,7	46,1	45,4	46,1	44,7	47,0	7,3
Медіана	51,1	53,7	50,8	52,2	56,6	55,2	7,7
Верхній кuartиль	54,6	62,5	55,9	59,5	61,7	61,7	8,23
Максимальне значення	91,5	93,4	95,8	92,1	101,0	106,0	9,1

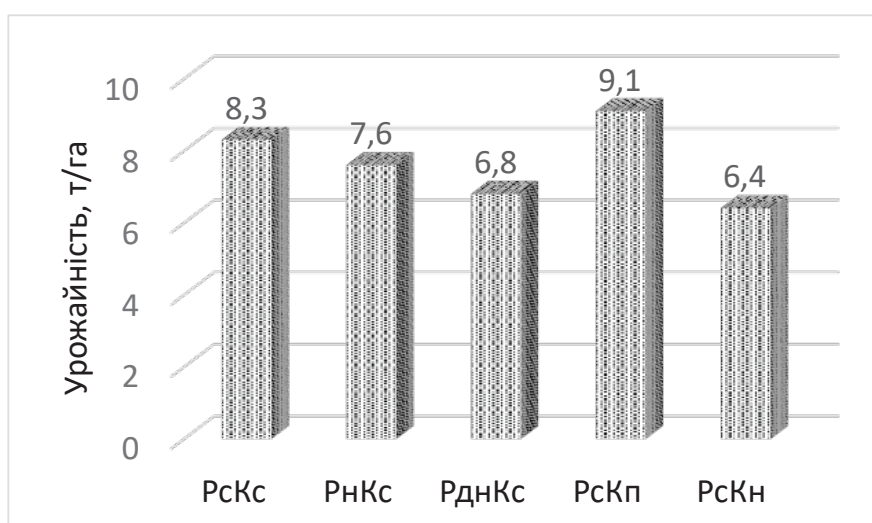


Рис. 1. Урожайність пшениці озимої за різної забезпеченості чорнозему опідзоленому рухомим фосфором і калієм, т/га ($HIP_{05} = 0,6$ т/га)

Найвища врожайність пшениці озимої отримана за підвищеної забезпеченості ґрунту рухомим калієм 9,1, найменша за низької – 6,4 т/га. На чорноземі опідзоленому вплив низької і дуже низької забезпеченості рухомим фосфором на врожайність пшениці озимої був меншим за калій і становив 8–11%. Низька забезпеченість ґрунту рухомим калієм знизила врожайність на 30, підвищена – збільшила на 34% порівняно із середньою.

Висновки. Різна забезпеченість чорнозему опідзоленого вплинула на сезонну динаміку рухомих форм калію. На варіантах РнКс, РднКс, РсКп, РсКн найвищі показники отримано у фазу цвітіння (ВВСН 60).

Коефіцієнт варіації рухомого калію в чорноземі опідзоленому в усі фази росту та розвитку пшениці озимої до цвітіння був високий, що свідчить про важливість елемента в живленні цієї культури. На чорноземі опідзоленому вплив низької і дуже низької забезпеченості рухомим фосфором на врожайність пшениці озимої був меншим за калій і становив 8–11%. Низька забезпеченість ґрунту рухомим калієм зменшила врожайність на 30%, а підвищена – збільшила на 34% порівняно із середньою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В.В., Дворецький В.Ф. Підвищення продуктивності ярих зернових культур шляхом оптимізації живлення рослин в умовах Степу України. *Вісник Житомирського агроecологічного університету*. 2016. № 1. С. 74–80.
2. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П. Агрохимия. Москва : Колос, 2002. 584 с.
3. Rice R. The physiological role of minerals in the plant. *Mineral nutrition and plant disease* / Ed. Datnoff et al. APS, Minnesota, USA, 2007. 278 p.
4. Gaj R. Influence of different potassium fertilization level on the winter wheat nutritional status and on the yields in critical growth stage. *J. Elementol.* 2010. № 15 (2). P. 269–277.
5. Карабутов А.П., Уваров Г.И. Влияние элементов агротехнологии на калийный режим почвы в длительных опытах. *Естественные науки*. 2015. № 3 (200). Вып. 30. С. 125–132.
6. Цап О.А., Демчишин А.М. Сезонна динаміка обмінного калію у дерново-карбонатному середньосуглинковому ґрунті. 2017. URL: <http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-Lvivskogo-Nats-agrar-univer/Agr/2009/files/09toxcls.pdf>.
7. Польова схожість та урожайність пшениці твердої ярої та м'якої при застосуванні мінеральних добрив в умовах Лісостепу України / Т.В. Антал та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 36–39.
8. Влияние длительного применения удобрений на динамику калия в чернозёме типичном / С.И. Тютюнов и др. *Земледелие*. 2014. № 8. С. 18–20.
9. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material / M. Simonsson et al. *Geoderma*. 2007. P. 188–198.
10. Вміст кременію, фізичні та хімічні властивості ґрунтів Хмельницької області України / О.Л. Тонха та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2020. № 3 (90). С. 85–91.

11. Шевніков Д.М. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту за вирощування пшениці твердої ярої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 203–206.

12. Diversity of winter common wheat varieties for resistance to leaf rust created in the VM Remeslo myronivka institute of wheat / H. Kovalyshyna et al. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. № 14. P. 1001–1007.

13. Небытов В.Г., Коломейченко В.В. Урожайность зерновых в зависимости от погодных условий и удобрения. *Земледелие*. 2005. № 2. С. 24–25.

14. Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat–summer maize in the North China Plain / H. Sun et al. *Ind Crop Prod*. 2007. № 25. P. 239.

15. ВВСН-шкала. *Вікіпедія*. URL: ru.qaz.wiki.

16. Fotyma E. Interaction of potassium and nitrogen in fertilization of arable crops. *Fertilizers and Fertilization*. 2005. № 3. P. 319–327.

17. Лихочвор В.В. Агробіологічні основи формування врожаю озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу України : автореф. дис. ... докт. с.-г. наук. Львів, 2004. С. 45.

18. Ткачук С.О. Вивчення реакції сортів пшениці озимої при застосуванні розрахункових норм мінеральних добрив. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2013. № 3(63). С. 127–135.

19. ISO 10381-2. Якість ґрунту. Відбір зразків. Ч. 2 : Настанови щодо методів відбору зразків. Київ, 2002. 15 с.

20. ДСТУ 4115-2002. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору за модифікованим методом Чирікова. Національний стандарт України. Київ, 2002. 15 с.

REFERENCES:

1. Gamayunova, V.V., & Dvoretzkyi, V.F. (2016). Pidvyshchennia produktyvnosti yarykh zernovykh kultur shliakhom optymizatsii zhyvlennia roslin v umovakh Stepu Ukrainy [Increasing the productivity of spring cereals by optimizing plant nutrition in the steppe of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroecologichnoho universytetu – Bulletin of Zhytomyr Agroecological University, 1 (1), 74–80* [in Ukrainian].
2. Yahodyn, B.A., & Zhukov, Yu.P. (2002). *Ahrokhymyya [Agrochemistry]*. Moscow: Kolos [in Russian].
3. Rice, R. (2007). The physiological role of minerals in the plant. In: *Mineral nutrition and plant disease*. Ed. Datnoff et al. APS, Minnesota, USA [in English].
4. Gaj, R. (2010). Influence of different potassium fertilization level on the winter wheat nutritional status and on the yields in critical growth stage. *J. Elementol.*, 15 (2): 269–277 [in English].
5. Karabutov, A.P., & Uvarov, H.Y. (2015). Vlyyanye élementov ahrotekhnolohyy na kalyu rezhym pochvy v dlytel'nykh opytakh [The influence of elements of agricultural technology on the potash regime of the soil in long-term experiments]. *Eststvennyye nauky – Natural Sciences, 3 (200), 30, 125–132* [in Russian].
6. Tsap, O.A., & Demchysyn, A.M. (2017). Sezonna dynamika obminnoho kaliyu u dernovo-karbonatnomu seredn'osuhlinkovomu hrunti [Seasonal dynamics of exchangeable potassium in sod-carbonate medium loamy

soil] URL: <http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-Lvivskogo-Nats-agrar-univer/Agr/2009/files/09toxcls.pdf> [in Russian].

7. Antal, T.V., Harbar, L.A., Maleonchuk, O.V., Korpan, A.S., & Tretyak, D.A. (2016). Pol'ova skhozhist' ta urozhaynist' pshenytsi tverdoyi yaroyi ta m'yakoyi pry zastosuvanni mineral'nykh dobryv v umovakh Lisostepu Ukrayiny [Field germination and yield of durum spring and soft wheat when applying mineral fertilizers in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 36–39 [in Ukrainian].

8. Tyutyunov, S.Y. et al. (2014). Vlyyanye dlytel'noho pryomenenyya udobrenny na dynamyke kalyya v chernozyeme typychnom [Influence of long-term application of fertilizers on the dynamics of potassium in typical chernozem]. *Zemledelye – Agriculture*, 8, 18–20 [in Russian].

9. Simonson, M., Andersson, S., Khiller, S., Mattsson, L. (2007). Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. *Geoderma*, 188–198 [in English].

10. Tonkha, O., Bikova, O., Pikovs'ka O., Fedosiy, I., Men'shov, O., Shepel', A. (2020). Vmist kremniyu, fizychni ta khimichni vlastyvyosti hruntiv Khmel'nyts'koyi oblasti Ukrayiny [Silicon content, physical and chemical properties of soils of Khmelnytsky region of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho Natsional'noho universytetu im. T. Shevchenka – Bulletin of Kyiv National University. T. Shevchenko*, 3 (90), 85–91 [in Ukrainian].

11. Shevnikov, D.M. (2012). Vplyv mineralnykh dobryv na pozhyvnyi rezhym ґрунту za vyroshchuvannya pshenytsi tverdoyi yaroi [Effect of mineral fertilizers on the nutrient regime of soil for the cultivation of hard wheat wheat]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 203–206 [in Ukrainian].

12. Kovalyshyna H., Dmytrenko Y., Tonkha O., Makarchuk O., Demydov O. Diversity of winter common wheat varieties for resistance to leaf rust created in the VM Remeslo myronivka institute of wheat. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 1001–1007 [in English].

13. Nebytov, V.H., & Kolomeychenko, V.V. (2005). Urozhaynist' zernovykh u zalezhnosti vid pohodnykh umov ta zruchnosti [Grain yield depending on weather conditions and fertilization]. *Zemledelye – Agriculture*, 2, 24–25 [in Russian].

14. Sun, H., Zhang, X., Chen, S. et al. (2007). Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat–summer maize in the North China Plain. *Ind Crop Prod*, 25, 239–24 [in English].

15. BBCH-shkala. Vikipediya [BBCH-scale. Wikipedia]. URL: ru.qaz.wiki.

16. Fotyma, E. (2005). Fotyma E. Interaction of potassium and nitrogen in fertilization of arable crops. *Fertilizers and Fertilization*, 3: 319–327 [in English].

17. Lykhochvor, V.V. (2004). Ahrobiolohichni osnovi formuvannya vrozhayu ozymoyi pshenytsi v umovakh zakhidnoho Licoctepu Ukrayiny [Agrobiological bases of winter wheat yield formation in the conditions of the western steppe of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. L'viv [in Ukrainian].

18. Tkachuk, C.O. (2013). Vyvchennya reaktsiyi cortiv pshenytsi ozymoyi pry zactocuvanni rozrakhunkovykh norm

mineral'nykh dobryv [Study of the reaction of winter wheat cultivars in the calculation of calculated norms of mineral fertilizers]. *Vicnik Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokoryctuvannya – Source of the National University of Water Management and Nature Management*, 3 (63), 127–135 [in Ukrainian].

19. ISO 10381-2 (2002). Yakist' ґрунту. Vidbir zrazkiv. Chastyna 2: Nastanovy shchodo metodiv vidboru zrazkiv [Soil quality. Sampling. Part 2: Guidance on sampling methods]. Kyiv [in Ukrainian].

20. DSTU 4115-2002. (2002). Grunty. Vyznachennya rukhomykh spoluk fosforu za modyfikovanyim metodom Chyrikova. Natsional'nyy standart Ukrayiny [Soils. Determination of mobile phosphorus compounds by the modified Chirikov method. National standard of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].

Тонха О.Л., Сичевський С.О., Кравченко Ю.С., Коваленко В.П. Сезонна динаміка рухомого калію за вирощування пшениці озимої і різної забезпеченості чорнозему опідзоленого елементами живлення

Мета – дослідити сезонну динаміку рухомого калію в чорноземі опідзоленому протягом вегетаційного періоду пшениці озимої. **Результати.** У статті наведено результати досліджень щодо впливу просторової неоднорідності, різних рівнів забезпеченості чорнозему опідзоленого фосфором і калієм на сезонну динаміку рухомого калію на тлі різних фаз онтогенезу та рівнів урожайності озимої пшениці. Дослідження проводились на дослідних полях Товариства з обмеженою відповідальністю «Лотівка Еліт» Шепетівського району Хмельницької області. Під час фенологічних спостережень застосовували шкалу Задокса – BBCH (“В” – Biologische, “В” – Bundesanstalt, Bundessortenamt, “CH” – emische Industrie). Одержані дані статистично аналізували за такими показниками, як: число спостережень (n); середнє значення (X_{av}); стандартне відхилення (S); коефіцієнт варіації (C_v); абсолютна помилка середнього (SX_{av}).

Дослідження виявили істотні сезонні зміни динаміки рухомих форм калію в орному шарі чорнозему опідзоленого. На тлі середнього рівня забезпеченості ґрунту рухомими фосфором і калієм (PcKc) уміст рухомого калію зростав до стадії BBCH 30, знижувався у фазу трубкування, підвищувався у фазу колосіння та знову зменшився у період цвітіння рослини. Натомість за іншого рівня забезпеченості ґрунту поживними елементами (PnKc, RdnKc, Pckp, Pckn) найвищі показники було отримано за стадії BBCH 60, тобто у фазу цвітіння. Урожай пшениці озимої на тлі дуже низького і низького рівнів забезпеченості рухомими P_2O_5 і K_2O зменшився на 30 та 8–11%, але збільшився на 34% – за підвищеного рівня порівняно із середнім рівнем. Найвища врожайність пшениці озимої отримана за підвищеної (9,1 тонн на гектар), а найменша за низької (6,4 тонн на гектар) забезпеченості ґрунту рухомим калієм. За середнього рівня забезпеченості ґрунту рухомим калієм урожайність пшениці озимої змінювалась несуттєво і становила $7,69 \pm 0,6$ тонн на гектар.

Ключові слова: рухомий калій, пшениця озима, чорнозем, урожайність.

Tonkha O.L., Sychevskyi S.O., Kravchenko Yu.S., Kovalenko V.P. Seasonal dynamics of mobile potassium under winter wheat growing and various nutrients supplying of podzolized chernozem

The **purpose** of the research is to study the seasonal dynamics of mobile potassium in chernozem podzolic during the growing season of winter wheat. **Results.** The article findings present the seasonal dynamics of mobile potassium during different phases of ontogenesis and under different levels of winter wheat yields depending on: spatial heterogeneity, different phosphorus and potassium content in podzolized chernozem. The research was carried out on the experimental plots of the LLC "Lotivka Elite" in the Shepetivsky district of the Khmelnytsky region. There was used the BBCH-scale ("B" – Biologische, "B" – Bundesanstalt, Bundessortenamt, "CH" – emische Industrie) during phenological observations. The received data were statistically analyzed by such indexes as: the number of observations (n) the mean (X_{av}) the standard deviation (S) the coefficient of variation (Cv) the absolute error of the mean (SX_{av}).

The studies have demonstrated significant dynamic seasonal changes of the mobile potassium in an arable layer of podzolized chernozem. A mobile potassium content has increased at the BBCH 30 stage, decreased – by booting, increased – by stem extension, and again decreased – by flowering stage on the background of the medium level of mobile phosphorus and potassium (PcKc). At the same time, under different nutrient level (PнKc, PднKc, PcKп, PcKн) high rates of a mobile potassium were obtained at the BBCH 60 stage, that is, in the flowering phase. The winter wheat yield has decreased by 30 and 8–11% – at very low and low levels, but increased by 34% – at increased levels of P₂O₅ and K₂O content. The highest winter wheat yield was obtained on the background of increased content of mobile potassium – 9,1 t/ha, while under the lowest content – it was only 6,4 t/ha. With an average of a mobile potassium content, the winter wheat yield has changed insignificantly and counted $7,69 \pm 0,6$ t/ha.

Key words: mobile potassium, winter wheat, chernozem, productivity.

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.31/.37:631.5(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.13>

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИН БУРКУНУ БІЛОГО ОДНОРІЧНОГО НА БОГАРНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ВЛАЩУК А.М. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-2818-8127

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ШАПАРЬ Л.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2513-7823

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ДРОБИТ О.С. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-3633-5828

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

МІСЄВИЧ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2374-8842

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ШКОДА О.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4939-0399

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Фотосинтез є основним процесом створення органічної продукції у природі шляхом перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків органічних сполук. На частку органічних сполук, створених у процесі фотосинтезу, припадає приблизно 85% загальної біомаси рослинного організму [1]. Для оптимального проходження фотосинтезу посів повинен мати певну площу листової поверхні. Проте варто розрізняти листову поверхню як засіб нагромадження пластичних речовин для формування врожаю насіння і листову масу культур, яку вирощують для отримання кормів [2]. Урожай сільськогосподарських рослин значною мірою залежить від фотосинтезу та вміння забезпечувати його найвищу продуктивність [3].

У даному аспекті, як відомо, фотосинтетичний потенціал виступає узагальнюючим показником, який охоплює не лише величину листової поверхні, а й тривалість її функціонування, яка в подальшому суттєво впливає на насінневу продуктивність культури. Треба зазначити також, що функціонування фотосинтетичного потенціалу повною мірою залежало від досліджуваних чинників та погодних умов, особливо в умовах богари. Тому сформований фотосинтетичний потенціал у богарних умовах дасть можливість оптимізувати процеси вирощування буркуну білого однорічного на насіння та сформувати насіння з високими показниками якості.

За використання буркуну білого однорічного сорту Південний оригінатор – Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України (далі – НААН) – урахував його потенціал продуктивності в богарних умовах, високу пластичність до умов вирощування, підвищену посухостійкість, добре розвинену кореневу систему, підвищену азотфіксуючу здатність. Високі фітомеліоративні властивості та стійкість проти пошкодження фітофагами і хворобами.

Усі ці показники в поєднанні з досліджуваними чинниками можуть позитивно вплинути на формування фотосинтетичного потенціалу та насінневої продуктивності культури.

У зв'язку із цим потрібно дослідити вплив строків сівби та норм висіву насіння буркуну білого однорічного сорту Південний на формування фотосинтетичного потенціалу й урожайність насіння в богарних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що максимальну насінневу продуктивність рослин буркуну білого можна отримати лише за умов диференційованого добору густоти стояння з урахуванням природно-кліматичних умов та норм висіву [4; 5]. У питанні норм висіву насіння буркуну білого однорічного в інших ґрунтово-кліматичних зонах учені вважають, що необхідно висівати не менше 4 млн схожого насіння [6–8].

Густота стояння рослин культури є одним із важливих чинників у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур, який визначає ефективність складників життєдіяльності агроценозу – ростові процеси та розвиток рослин, дозволяє максимально реалізувати продуктивність рослин та найбільш ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи та поживних речовин ґрунту. Недотримання оптимальної густоти стеблостою призводить до значної втрати врожаю, зокрема в посушливих умовах Півдня України.

Мета статті. Встановити вплив строків сівби та норм висіву насіння на формування фотосинтетичної продуктивності та урожайність насіння буркуну білого однорічного в богарних умовах Півдня України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2015–2017 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН розташованого в Херсонській області на Півдні України. Проведені дослідження виконували згідно методик проведення

Таблиця 1 – Схема досліду з вивчення насінневої продуктивності буркуну білого однорічного залежно від строків сівби та норм висіву

Фактор А, строк сівби	Фактор В, норма висіву, млн шт./га
III декада березня	1,5
	2,5
	3,5
I декада квітня	1,5
	2,5
	3,5
II декада квітня	1,5
	2,5
	3,5

польових і лабораторних досліджень та методичних рекомендацій і посібників [9; 10].

У роботі представлено польовий двофакторний дослід (табл. 1).

В досліді визначали оптимальний строк сівби та норму висіву буркуну білого однорічного для богарних умов Півдня України, які б сприяли кращому формуванню фотосинтетичного потенціалу культури та максимальній урожайності. Дослідження проводили в чотириразній повторності з розміщенням ділянок методом рендомізації. Площа облікової ділянки – 25 м².

Агротехніка вирощування культури загальноприйнята для Півдня України. Попередником досліджуваної культури був ріпак озимий. На початку березня провели ранньовесняне боронування. Буркун білий однорічний висівали у III декаду березня – 24 березня, I декаду квітня – 5 квітня, II декаду квітня – 15 квітня. Посів звичайний рядковий – ширина міжряддя 15 см. Використовували післясходовий гербіцид Пульсар 40 із нормою внесення – 1,0 л/га. Застосовували препарат у посівах буркуну після настання 1–3 трійчастих листків культури. Бур'яновий компонент, що був у посіві культури на час застосування Пульсар 40, досяг фази – злакові – 1–3 листки та дводольні бур'яни – 2–4 листки.

Результати досліджень. За проведеними дослідженнями було встановлено чисту продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал буркуну білого сорту Південний, залежно від строків сівби та норм висіву. Максимальні розміри чистої продуктивності фотосинтезу буркуну білого сорту Південний визначали в міжфазний період стеблуння – бутонізації рослин. Для визначення оцінки ефективності впливу досліджуваних чинників розрахунок фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу було проведено в міжфазні періоди «стеблуння – бутонізація», «бутонізація – цвітіння», «цвітіння – повна стиглість насіння».

У середньому за 2015–2017 рр. досліджень найкращі показники чистої продуктивності фотосинтезу рослин буркуну білого сорту Південний у зазначений період були отримані за сівби в I декаду квітня: у фазу «стеблуння – бутонізація» – 4,61–5,57, «бутонізація – цвітіння» – 2,10–2,24, «цвітіння – повна стиглість насіння» – 0,28–0,53 г/м² на добу. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин буркуну білого є показником, що змінюється за фазами розвитку рослин, а також залежить від строку сівби та норм

висіву насіння. Встановлено, що інтенсивне формування чистої продуктивності фотосинтезу 3,97–5,57 г/м² на добу рослин культури відбувалося в міжфазний період «стеблуння – бутонізація», що напряму пов'язане з інтенсивною асиміляцією листового апарату на ранній стадії розвитку рослин культури (табл. 2).

Зменшення показника чистої продуктивності фотосинтезу в міжфазний період «бутонізація – цвітіння» до 2,07–2,24 г/м² на добу пояснюється тим, що в цей міжфазний період поживні речовини використовуються рослинами для формування генеративних органів у рослин буркуну білого.

Встановлено, що саме сівба насіння буркуну білого в I декаду квітня є найкращим строком, порівняно із сівбою у III декаду березня та II декаду квітня.

У середньому за 2015–2017 рр. досліджень найкращі показники чистої продуктивності фотосинтезу рослин буркуну білого сорту Південний були отримані за сівби в I декаду квітня – 0,53–5,57 г/м² на добу, зниження до 0,49–4,49 та 0,48–4,65 г/м² на добу спостерігалось у більш ранні та пізні строки сівби. Найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу рослин буркуну білого сорту Південний, у середньому на добу, становив 5,57 г/м².

Норми висіву насіння також мали вплив на чисту продуктивність фотосинтезу. Високе значення цього показника встановлено за норми висіву 2,5 млн шт./га. За фазами розвитку рослин буркуну білого сорту Південний найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу було сформовано в міжфазний період «стеблуння – бутонізація» – 4,48–5,57 г/м² на добу за норми висіву насіння 2,5 млн шт./га.

Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу в посівах рослин буркуну білого сорту Південний було отримано за сівби в I декаду квітня – 1,80 млн м² днів/га в міжфазний період «цвітіння – повна стиглість насіння». За різних строків сівби протягом вегетаційного періоду та проходження міжфазних періодів від «стеблуння – бутонізація» до «цвітіння – повна стиглість насіння» цей показник збільшувався від 0,96 до 1,80 млн м² x днів/га (рис. 1).

У середньому за 2015–2017 рр. досліджень максимальний показник фотосинтетичного потенціалу – 1,89 млн м² x днів/га рослин культури було сформовано в міжфазний період «цвітіння – повна стиглість насіння» за норми висіву 2,5 млн шт./га (рис. 2).

Таблиця 2 – Чиста продуктивність фотосинтезу рослин буркуну білого сорту Південний залежно від строків сівби та норм висіву насіння, г/м² на добу (середнє за 2015–2017 рр.)

Фактор А, строк сівби	Фактор В, норма висіву, млн шт./га	Фази розвитку		
		Стеблування – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	Цвітіння – повна стиглість насіння
III декада березня	1,5	3,97	2,11	0,25
	2,5	4,48	2,18	0,49
	3,5	4,49	2,07	0,35
I декада квітня	1,5	4,75	2,21	0,28
	2,5	5,57	2,24	0,53
	3,5	4,61	2,10	0,37
II декада квітня	1,5	4,43	2,17	0,32
	2,5	4,65	2,22	0,48
	3,5	4,62	2,07	0,38
Оцінка істотності часткових відмінностей				
НІР ₀₅ , г/м ² на добу	A	0,079	0,37	0,023
	B	0,068	0,37	0,033
Оцінка істотності головних ефектів				
НІР ₀₅ , г/м ² на добу	A	0,045	0,021	0,013
	B	0,039	0,021	0,019
Частка впливу чинників, %				
	A	47	17	2
	B	15	66	90
	AB	36	4	5

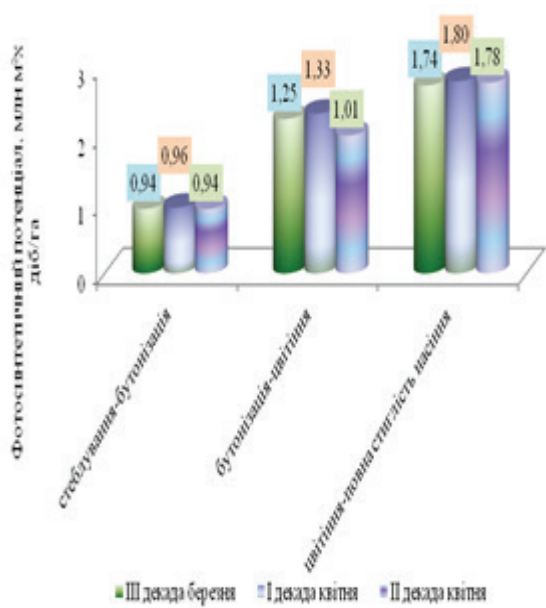


Рис. 1. Показник фотосинтетичного потенціалу рослин буркуну білого за різних строків сівби, м² x днів/га (середнє за 2015–2017 рр.)

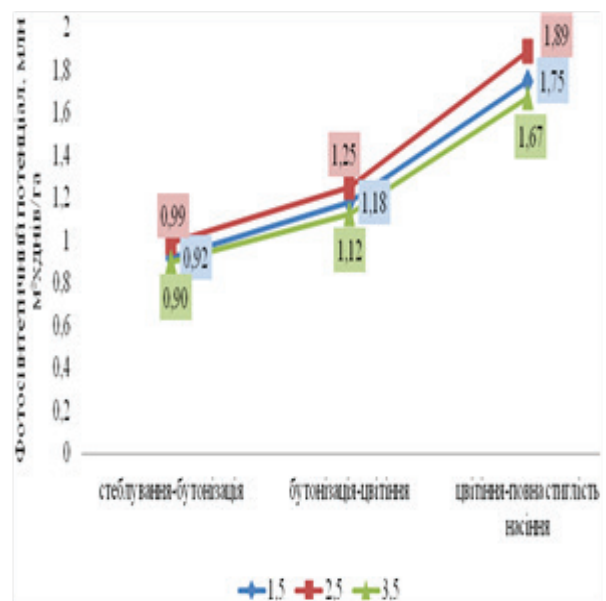


Рис. 2. Показник фотосинтетичного потенціалу рослин буркуну білого за різних норм висіву, м² x днів/га (середнє за 2015–2017 рр.)

Мінімальний показник фотосинтетичного потенціалу в середньому за 2015–2017 рр., установлений за норми висіву 3,5 млн шт./га протягом усього періоду вегетації культури.

Необхідно зазначити, що формування врожайності насіння буркуну білого однорічного залежало від умов, які спостерігались у період вегетації культури. Дослідженнями встановлено, що максимально сформований фотосинтетичний потенціал у богарних умовах суттєво вплинув на формування врожайності в посівах буркуну білого однорічного сорту Південний за сівби в першу декаду квітня за норми висіву 2,5 млн шт./га (табл. 3).

Так, у середньому за 2015–2017 рр. проведення досліджень максимальний показник урожайності (876,6 кг/га) сформовано за посів у I декаду квітня. За сприятливих агрокліматичних показників 2015 р. врожайність насіння буркуну білого набула максимального значення 1 130 кг/га за сівби в першу декаду квітня за норми висіву 2,5 млн шт./га. Найсприятливіші умови для формування врожаю в рослин буркуну білого однорічного створюються в тих посівах культури, які найкраще відповідають потребам рослин.

Серед чинників, що вивчали в даному досліді, переважний вплив на формування насінневої продуктивності мали у 2015 р. як строк сівби, так і норма висіву. Частка впливу досліджуваних чинників цього року становила 41,4% чинника А (строк сівби), 49,6% – чинника В (норма висіву). У 2016 р. суттєвий вплив на насінневу продуктивність буркуну білого мала норма висіву, частка впливу чинника становить 64%. У 2017 р. пере-

важний вплив на формування продуктивності культури мав строк сівби, частка впливу досліджуваного чинника становила 95%.

У середньому за фактором максимального показника врожайності (752,2 кг/га) було досягнуто за сівби в першу декаду квітня (рис. 3).

Серед досліджуваних норм висіву насіння буркуну білого максимального показника врожайності насіння (745,5 кг/га) було досягнуто за сівби за норми висіву 2,5 млн шт./га.

Висновки. Проаналізовані літературні джерела показали, що в богарних умовах Півдня України максимальну насінневу продуктивність рослин буркуну білого однорічного можна отримати лише за умов диференційованого добору густоти стояння, норми висіву та проходження фотосинтезу з урахуванням природно-кліматичних умов.

У богарних умовах Півдня України було встановлено чисту продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал буркуну білого однорічного сорту Південний, залежно від строків сівби та норм висіву.

У середньому за 2015–2017 рр. досліджень встановлено, що з біологічного погляду найкращим строком сівби для вирощування буркуну білого однорічного на насіння в богарних умовах Півдня України є сівба в першу декаду квітня за норми висіву 2,5 млн шт./га. Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу в посівах рослин буркуну білого сорту Південний було отримано за сівби в I декаду квітня – 1,80 млн м² х днів/га у міжфазний період «цвітіння – повна стиглість насіння».

Таблиця 3 – Урожайність насіння буркуну білого сорту Південний залежно від строків сівби та норм висіву насіння

Фактор А, строк сівби	Фактор В, норма висіву млн шт./га	Урожайність, кг/га				У середньому за фактором, кг/га	
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	2015–2017 рр.	А	В
III декада березня	1,5	840	790	340	656,67	623,33	656,67
	2,5	900	830	390	706,67		745,56
	3,5	630	580	310	506,67		548,89
I декада квітня	1,5	920	860	410	730,00	752,22	
	2,5	1130	1010	490	876,67		
	3,5	850	720	380	650,00		
II декада квітня	1,5	790	670	290	583,33	575,56	
	2,5	830	810	320	653,33		
	3,5	630	570	270	490,00		
Оцінка істотності часткових відмінностей							
НІР 05, кг/га	А	39,08	29,41	21,05	15,40		
	В	49,13	20,52	25,16	21,30		
Оцінка істотності середніх головних ефектів							
НІР 05, кг/га	А	22,56	16,98	12,15	8,90		
	В	28,36	11,85	12,58	12,30		
Частка впливу факторів, %							
	А	41,4	32,1	95,7	44,1		
	В	49,6	64,0	2,4	51,9		
	АВ	5,7	3,1	1,1	2,9		

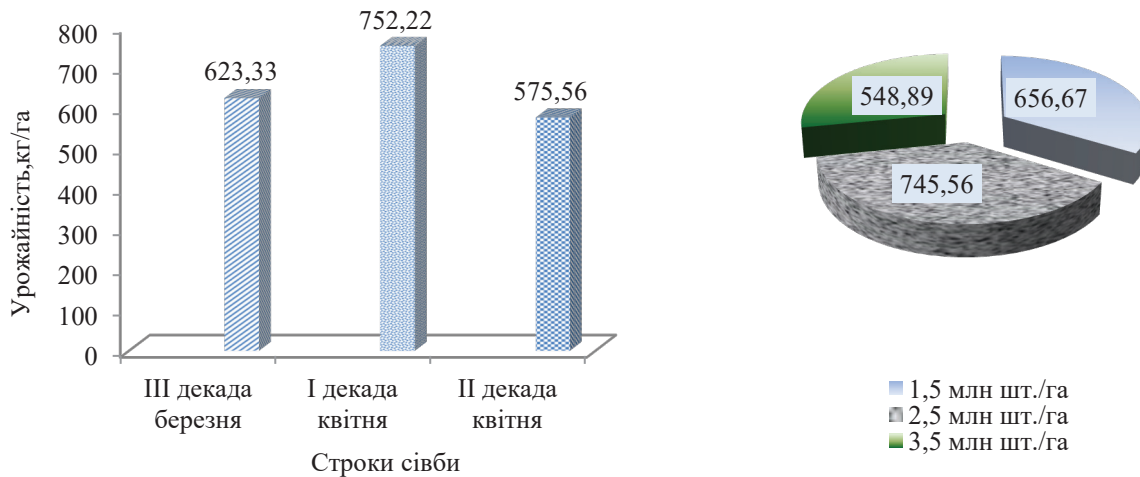


Рис. 3. Показники врожайності насіння рослин буркуну білого сорту Південний за різних строків сівби та норм висіву, кг/га (середнє за 2015–2017 рр.)

У середньому за 2015–2017 рр. досліджень максимальний показник фотосинтетичного потенціалу (1,89 млн м² × днів/га) рослин культури було сформовано в міжфазний період «цвітіння – повна стиглість насіння» за норми висіву 2,5 млн шт./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Weatherhead E., Danert K. Survey of irrigation of outdoor crops in England. Cranfield University. Bedford, 2002. P. 44–48.
2. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. Москва, 1986. 93 с.
3. Сытник К.М., Мксатенко Л.И., Богданова Т.Л. Физиология листа. Киев : Наукова думка, 1978. 391 с.
4. Петриченко В.Ф., Бугайов В.Д., Колісник С.І. Технології вирощування бобових і злакових трав на насіння. Вінниця, 2005. 52 с.
5. Петриченко В.Ф., Квітко Г.П., Царенко М.К. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні. Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2008. 240 с.
6. Мушинский А.А. Рекомендации по выращиванию однолетнего донника. *Главный агроном*. 2004. № 4. С. 45.
7. Кружилин И.П., Мушинский А.А., Несват А.П. Продуктивность однолетних кормовых культур на орошаемых землях Южного Урала. *Кормопроизводство*. 2008. № 4. С. 9–10.
8. Голобородько С.П. Донник. Одесса : АПИКА, 1990. 50 с.
9. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. Київ : Дія, 2005. 288 с.
10. Інновації у технологіях вирощування озимих та ярих культур урожаю 2018 р. в підзоні сухого Степу : науково-практичні рекомендації. Херсон : Олді-Плюс, 2018. 134 с.

REFERENCES:

1. Weatherhead, E., & Danert, K. (2002). Survey of irrigation of outdoor crops in England. Cranfield University. Bedford [in English].

2. *Metodycheskiye ukazaniya po uchetu y kontroliu vazhneishykh pokazatelei protsessov fotosinteticheskoj deiatelnosti rastenyi v posevakh*. (1986). [Methodical instructions for accounting and control of the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. Moscwa [in Russian].

3. Sytnyk, K.M., Mksatenko, L.Y., & Bohdanova, T.L. (1978). *Fyzyolohyia lysta [Leaf physiology]*. Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].

4. Petrychenko, V.F., Buhaiov, V.D., & Kolisnyk, S.I. (2005). *Tekhnolohii vyroshchuvannia bobovykh i zlakovykh trav na nasinnia [Technologies for growing legumes and cereal grasses for today]*. Vinnytsia [in Ukrainian].

5. Petrychenko, V.F., Kvitko, H.P., & Tsarenko, M.K. (2008). *Naukovi osnovy intensyfikatsii polovoho kormovyrobnystva v Ukraini [Science of the Basics of Intensification of Polish Feed Production in Ukraine]*. Vinnytsia: FOP Danyliuk V.H. [in Ukrainian].

6. Mushynskiy, A.A. (2004). Rekomendatsyy po vyrashchivanyiyu odnoletneho donnyka [Recommendations for growing annual sweet clover]. *Hlavnyi ahronom – Chief agronomist*, 4, 45 [in Russian].

7. Kruzhylyn, Y.P., Mushynskiy, A.A., Nesvat, A.P. (2008). Produktivnost odnoletnykh kormovykh kultur na oroshaemykh zemliakh Yuzhnoho Urala. [Productivity of annual forage crops on irrigated lands in the Southern Urals]. *Kormoproizvodstvo – Feed production*, 4, 9–10 [in Russian].

8. Holoborodko, S.P. (1990). *Donnyk [White melilot]*. APYKA [in Russian].

9. Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., & Kostohryz, P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of Scientific Doslidzhen in Agronomy]*. Kyiv: Diia [in Ukrainian].

10. Innovatsii u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia ozymykh ta yarykh kultur urozhaiu 2018 roku v pidzoni sukhoho Stepu [Innovations in technologies for growing winter crops and yarych crops for the 2018 harvest in the dry zone of Stepu]: *Naukovo-praktychni rekomendatsii*. Kherson: OLDI-PLIUS [in Ukrainian].

Влащук А.М., Шапарь Л.В., Дробіт О.С., Місєвич О.В., Шкода О.А. Вплив елементів технології на формування фотосинтетичного потенціалу рослин буркуну білого однорічного на богарних землях Півдня України

Мета. Встановити вплив строків сівби та норм висіву насіння на формування фотосинтетичної продуктивності й урожайності насіння буркуну білого однорічного в богарних умовах Півдня України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2015–2017 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України, розташованого в Херсонській області, на Півдні України. Проведені дослідження виконували згідно з методиками проведення польових і лабораторних досліджень та методичними рекомендаціями і посібниками. **Результати.** У богарних умовах Півдня України було встановлено чисту продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал буркуну білого однорічного сорту Південний, залежно від строків сівби та норм висіву. У середньому за 2015–2017 роки досліджень встановлено, що з біологічного погляду найкращим строком сівби для вирощування буркуну білого однорічного на насіння в богарних умовах Півдня України є сівба в першу декаду квітня за норми висіву 2,5 мільйони штук на гектар. Найкращим строком сівби для вирощування буркуну білого однорічного на насіння в богарних умовах Півдня України є сівба в першу декаду квітня з нормою висіву 2,5 мільйони штук на гектар. Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу в посівах рослин буркуну білого сорту Південний було отримано за сівби в I декаду квітня – 1,80 млн м² х днів/га у міжфазний період «цвітіння – повна стиглість насіння». Так, у середньому за 2015–2017 роки проведення досліджень максимальний показник урожайності (876,6 кілограмів на гектар) сформовано за посів у I декаду квітня. За сприятливих агрокліматичних показників 2015 року врожайність насіння буркуну білого набула максимального значення 1 130 кілограмів на гектар за сівби в I декаду квітня за норми висіву 2,5 мільйони штук на гектар.

Ключові слова: строк сівби, норма висіву, насіння, буркун білий, урожайність, фактор.

Vlshchuk A.N., Shapar L.V., Drobit A.S., Misevich A.V., Shkoda E.A. In fluence of technological elements on the formation of photosynthetic potential of annual sweet clover plants in rainfed lands in southern Ukraine

Purpose. To establish the influence of sowing time and seed sowing rates on the formation of photosynthetic productivity and seed yield of annual white sweet clover in rainfed conditions in the South of Ukraine. **Methods.** The studies were carried out during 2015–2017. On the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS located in the Kherson region in the south of Ukraine. The studies were carried out according to the methods of conducting field and laboratory studies and methodological recommendations and manuals. **Results.** In the rainfed conditions of the South of Ukraine, the net productivity of photosynthesis and the photosynthetic potential of melilot of the annual white variety Pivdenny were established, depending on the sowing time and seeding rates. On average for 2015–2017 research has established that from a biological point of view, the best sowing time for growing annual white sweet clover for seeds in rainfed conditions in the South of Ukraine is sowing in the first ten days of April at a seeding rate of 2,5 million pcs/ha. The best sowing period for growing white annual clover for seeds in rainy conditions in the South of Ukraine is sowing in the first decade of April with a sowing rate of 2,5 million units/ha. The maximum index of photosynthetic potential in the crops of the white annual sweet cultivar Pivdenny is taken out during the first decade of April – 1,80 million m² d./ha in the mid-phase period of blooming – the growing season. So, on average for 2015–2017 of research, the maximum yield indicator – 876,6 kg/ha was formed during sowing in the first decade of April. According to favorable agroclimatic indicators in 2015, the yield of white sweet clover seeds reached a maximum value of 1 130 kg/ha during sowing in the first decade of April at a seeding rate of 2,5 million pcs/ha.

Key words: term of sowing, sowing rate, seeds, white melilot, yield, factor.

ВПЛИВ ПРОМОРОЖУВАННЯ НАСІННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ НА ЙОГО ЯКІСТЬ

КИРПА М.Я. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-6893-8180

Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України

СТАСІВ О.Ф. – кандидат економічних наук, доцент
orcid.org/0000-0003-3737-739X

Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України

БОДЕНКО Н.А. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-5881-4440

Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України

ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Кукурудза належить до пізньостиглих культур, тому нерідко під час збирання підпадає під дію несприятливих погодно-кліматичних чинників. Одним із таких чинників є низькі температури повітря, які призводять до проморожування насіння і значно впливають на його якість. Аналіз показує, що навіть в умовах Степу перші приморозки можуть наставати у другій – третій декадах жовтня, тобто тоді, коли кукурудза ще в полі або ж у стадії збирання. За нашими даними, вірогідність перших приморозок у межах $-2-5$ °C, які трапляються наприкінці жовтня, становить в останні роки до 60–70% [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на важливість наряду, свого часу були проведені дослідження впливу проморожування на схожість насіння кукурудзи [2]. Встановлено, що суттєве пониження схожості може наставати за температури повітря від -3 °C і нижче. Виходячи з результатів дослідження, навіть пропонувалась методика індивідуального відбору насіння кукурудзи за ознакою морозостійкості [3].

Негативну дію низьких температур на посівні якості насіння виявлено також в інших досліджах [4–7]. Унаслідок проморожування значна частина насіння набувала низької схожості та сили росту. Визначення схожості рекомендується проводити різними методами, оскільки стандартні не завжди виявляють ступінь і рівень ушкодження. Додається, що проморожування насіння може значно знижувати стійкість та схожість у процесі тривалого зберігання, тобто послаблюється його довговічність [8].

Незважаючи на проведені дослідження, вплив проморожування на якість насіння гібридів кукурудзи встановлено недостатньо. Не з'ясовано залежність між різною вологістю насіння, температурою й експозицією проморожування. Невідомий вплив низьких температур на продуктивність рослин, зокрема на їхній ріст, розвиток і врожайність. Немає рекомендацій щодо особливостей сушіння вологих проморожених качанів, що має велике практичне значення в насінництві кукурудзи, насамперед у зонах Лісостепу та Полісся.

Мета статті. Встановити вплив умов проморожування на посівні та врожайні властивості насіння гібри-

дів кукурудзи залежно від їхньої збиральної вологості, визначити оптимальні режими сушіння проморожених качанів.

Матеріали та методика досліджень. У досліджах задіяні гібриди кукурудзи Любава 279МВ (FAO 270), Збруч і Розівський 311СВ (FAO 310), які збирали з вологістю зерна в межах 18–38%. Свіжозірвані качани проморожували в морозильній камері за температури $-3-5$, $-8-10$ °C за експозиції 6, 12 і 24 години. Сушіння вологих проморожених качанів проводили в лабораторних сушарках за температури нагріву насіння 30 і 40 °C до вологості насіння в межах 13–14%. Показники якості насіння – вологість, енергія проростання і схожість, визначали за методами стандарту ДСТУ 4138 [9]. Також визначали схожість за методом холодного пророщування за змінної температури 8–10 і 20–22 °C упродовж 14 діб у кліматичних камерах [10]. Польову схожість насіння, показники росту і розвитку рослин та врожайність зерна гібридів кукурудзи із промороженого насінневого матеріалу встановлювали згідно з методичними рекомендаціями [11]. Досліди (лабораторні і польові) виконували в наукових підрозділах ДУ ІЗК Національної академії аграрних наук України (далі – НААН) та в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Дані дослідів обраховували математичними методами з метою оцінки достовірності та порівняння результатів [12].

Результати досліджень. Встановлено особливу залежність між проморожуванням і якістю насіння залежно від його вологості (табл. 1). Проморожування за вологості 36–38% і температури $-3-5$ °C призводило до зниження схожості за різними методами пророщування насіння – стандартним і холодним тестом. За стандартного зниження становило в межах 4–19%, холодним тестом – 8–13% порівняно з контролем та залежно від експозиції проморожування. Сушіння промороженого насіння варто вести з дотриманням м'яких режимів і температури нагріву насіння не вище 30 °C. Очевидно, що швидке сушіння надто вологих проморожених качанів діє негативно на процес післязбирального дозрівання і формування схожості насіння.

Таблиця 1 – Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від збиральної вологості, режимів проморожування та сушіння, 2011–2013 рр.

Вологість збирання, %	Режим проморожування		Сушіння за температури, °С	Схожість, %	
	температура, °С	експозиція, год.		стандартний метод	холодний тест
36–38	–3–5	6	30/40	92/90	80/70
		12		89/82	77/65
		24		85/79	68/59
28–30	–3–5	6	30/40	94/93	84/85
		12		91/90	83/80
		24		87/83	75/70
	–8–10	6	30/40	87/83	78/72
		12		75/70	70/60
		24		70/65	58/50
18–20	–3–5	6	30/40	96/98	90/89
		12		94/95	88/89
		24		90/90	84/78
	–8–10	6	30/40	95/95	87/86
		12		90/90	79/80
		24		80/70	70/54
Контроль (без проморожування)				96/98	88/90

За вологості 28–30% схожість промороженого насіння була нижчою на 2–15% (стандарт-метод) і 4–20% (холодний тест) порівняно з контролем та залежно від експозиції проморожування. Водночас для насіння, яке проморожувалось за температури –3–5 °С упродовж 6-ти годин, можна було застосовувати більш швидке сушіння і нагрів до 40 °С. Проморожування за температури –8–10 °С призводило до значного зниження схожості – на 9–33% (стандарт-метод) і 10–40% (холодний тест). У разі такого проморожування качани кукурудзи треба висушувати лише м'якими режимами, за температури нагріву до 30 °С.

Насіння з вологістю 18–20% є значно стійкішим до умов проморожування. Так, за температури –3–5 °С і експозиції 6 і 12 годин схожість насіння практично не погіршувалась у разі різних режимів сушіння, зокрема й інтенсивних. Лише за експозиції проморожування 24 години і наступного сушіння спостерігалось зниження схожості насіння порівняно з контролем. Проморожування качанів за температури –8–10 °С знижувало схожість різною мірою – несуттєво за експозиції 6 годин та суттєво упродовж 12 та 24 годин.

У разі проморожування важливо встановити його вплив на господарсько цінні показники – польову схожість, ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи, їхню продуктивність. Такий вплив досліджувати на качанах, зібраних із вологістю 28–30%, оскільки на практиці вони найчастіше підпадають під дію приморозків та більше вражаються.

У дослідях виявлено, що проморожування за температури –3–5 °С і експозиції 6 годин майже не знижували польову схожість насіння, висоту рослин та врожайність зерна порівняно з контролем – дані були близькими в межах одного порядку (табл. 2). Збільшення тривалості приморозків до 12 і 24 годин достовірно погіршувало посівні та врожайні властивості насіння гібридів.

Але найбільшого погіршення господарсько цінних ознак зазнавало насіння в разі його проморожування за температури –8–10 °С залежно від експозиції. У разі тривалості проморожування 6 годин польова схожість насіння знижувалась на 6–11%, урожайність зерна – на 0,30–0,51 т/га, упродовж 12 годин – на 9–19% та 0,46–0,65 т/га, упродовж 24 годин – на 21–34% та 0,63–0,84 т/га порівняно з контролем. У польових дослідях підтверджено, що в разі глибокого проморожування (понад 12 годин за температури –3–5 °С та понад 6 годин за температури –8–10 °С) сушіння вологого насіння має вестись у м'якому режимі і за температури нагріву не вище 30 °С.

Для практики важливо знати, який ступінь захисту можуть мати качани, що ростуть у різних умовах і підпадають під природні приморозки. Тому в господарствах вивчали проморожування качанів, що були на рослині в обгортках та без обгортки, а також на майданчиках з укриттям та без укриття. Умови проморожування були такі: вологість зерна – 24–35%, температура повітря – –4–5 °С, тривалість приморозку – 20 годин. Після проморожування визначали схожість насіння – лабораторну за різними методами, а також польову.

Встановлено низку закономірностей щодо схожості насіння залежно від стану і місцезнаходження качанів (табл. 3). По-перше, насіння з качанів в обгортках та без них практично однаково знижувало схожість, тобто захисту від проморожування не мало. По-друге, у разі чергування періодів «приморозок – відлига» під обгорткою з'являються краплі вологи, від якої додатково зволожується насіння і може розвиватись патогенна мікрофлора. По-третє, дія приморозків на качани, які зібрані і зберігаються на майданчику, є менш негативною порівняно з тими, що перебувають на рослинах у полі. По-четверте, найбільш високою, майже на рівні контролю, була схожість із качанів, які завчасно зби-

Таблиця 2 – Вплив умов проморожування і сушіння на польову схожість, ріст і розвиток рослин та врожайність зерна гібридів кукурудзи, 2012–2015 рр.

Умови проморожування		Сушіння за температури, °С	Схожість, %	Висота рослин, см	Урожайність зерна, т/га
температура, °С	експозиція, год.				
-3-5	6	30/40	88/87	195/194	5,78/5,79
	12		85/80	182/190	5,60/5,57
	24		80/71	191/190	5,40/5,33
-8-10	6	30/40	82/78	187/185	5,50/5,34
	12		79/70	186/184	5,34/5,20
	24		67/55	178/180	5,17/5,01

НІР₀₅ 2,1 1,9 0,15
 Вологість насіння в разі проморожування 28–30%. На контролі – схожість 88/89%, урожайність – 5,80/5,85 т/га

Таблиця 3 – Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від умов проморожування і стану качанів, 2016–2017 рр.

Умови проморожування	Вологість качанів, %	Схожість, %		
		лабораторна		польова
		стандартний метод	холодний тест	
Контроль (без проморожування)	26,8	97	88	87
Поле, качани на рослині: – в обгортках; – без обгортки.	25,3 25,0	92 91	81 81	78 77
Тік, качани в насипу: – вкриті; – без вкриття.	25,1 24,8	97 94	89 84	85 80
НІР ₀₅		1,8	2,3	2, 8

рали, а на період приморозку зберігалися на майданчиках і були вкритими.

Висновки. Встановлено вплив різних умов та чинників проморожування на якість насіння гібридів кукурудзи. Серед чинників найбільшою мірою впливають температура й експозиція проморожування, але залежно від збиральної вологості зерна. За збиральної вологості 36–38% якість насіння (схожість) знижувалась за температури проморожування -3-5 °С та експозиції 6–24 години. За вологості 28–30% схожість залишалась незмінною за експозиції 6 годин, а за вологості 18–20% – упродовж 6 і 12 годин проморожування. Дія температур -8-10 °С призводила до суттєвого погіршення якості, особливо за експозиції 12 і 24 години.

Виявлено, що вологе насіння зі значним проморожуванням варто висушувати за м'яких температурних режимів і температури нагріву до 30 °С. У разі неглибокого проморожування (вологість – 28–30%, температура – -3-5 °С, експозиція 6 годин; вологість 18–20%, температура -3-5 °С, експозиція 6 і 12 годин) можна застосовувати швидке інтенсивне сушіння і температуру нагріву до 40 °С.

Помічено, що в умовах проморожування рослин у полі обгортки качанів не захищали насіння від дії

низьких температур. Більш ефективним є завчасне збирання кукурудзи і вкриття насипу качанів у разі їх подальшої обробки (сушіння). Зважаючи на практичне значення, дослідження в цьому напрямі будуть продовжені з метою встановлення інших способів захисту вологого насіння від дії критично низьких температур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кирпа М.Я. Оптимізація процесів оброблення і зберігання насіння кукурудзи та методи поліпшення його якості : дис. ... докт. с.-г. наук: 06.021.14. Харків, 2007.
2. Задонцев А.И., Макаров Б.Д. Влияние пониженных температур на посевные качества семян кукурузы в зависимости от степени зрелости и влажности. *Основные итоги научно-исследовательских работ по кукурузе* : сборник научных работ. Днепропетровск, 1971. С. 65–77.
3. Макаров Б.Д. Методика индивидуального отбора зерновок кукурузы по морозоустойчивости. *Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института кукурузы*. 1976. Вып. 4 (44). С. 29–32.
4. Циков В.С. Кукуруза : технология, гибриды, семена. Днепропетровск : Зоря, 2003. 296 с.
5. Кіндрук М.О., Соколов В.М., Вишневський В.В. Насінництво з основами насіннезнавства / за ред. М.О. Кіндрука. Київ : Аграрна наука, 2012. 264 с.

6. Макрушин М.М., Макрушина Є.М. Насінництво (методологія, теорія, практика). 2-е вид., доп. і переробл. Сімферополь : ВД «Аріал», 2012. 536 с.
7. Кирпа М.Я., Станкевич Г.М., Стюрко М.О. Кукурудза : збирання, сушіння, якість : монографія. Одеса : КПОМД, 2015. 150 с.
8. Скороходов М.Ю. Особливості довговічності при зберіганні насіння малопоширених форм пшениці : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Харків, 2020.
9. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002 (чинний від 1 січня 2004 р.). Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
10. Кирпа М.Я. Методологія визначення якості насіння зернових культур. *Бюлетень Інституту сільськогосподарств Степової зони Національної академії аграрних наук України*. 2016. № 10. С. 20–25.
11. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / Є.М. Лебідь та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
12. Леснікова І.Ю., Харченко Є.М. Основи роботи і вирішення задач сільськогосподарства в середовищі електронних таблиць Excel : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Пороги, 2012. 147 с.

REFERENCES:

1. Кирпа, М.Я. (2007). *Optyimizatsiya procesiv obroblennia i zberihannia nasinnia kukurudzy ta metody polipshennia yoho yakosti* [Optimization of processes of processing and storage of corn seeds and methods of improvement of its quality] Doctor's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].
2. Zadontsev, A.I., & Makarov, B.D. (1971). *Vlianiye ponizennykh temperatur na posevnyye kachestva semian kukuruzy v zavisimosti on stepeni zrelosti s vlazhnosti. Osnovnyye itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot po kukuruze (sbornik nauchnykh rabot)* [Influence of low temperatures on the sowing quality of corn seeds, depending on the degree of maturity and moisture]. *Osnovnyye itogi nauchno-issledovatel'skikh rabot po kukuruze: sbornik nauchnykh rabot – The main results of research work on corn: collection of scientific works*. Dnepropetrovsk: N. p. [in Russian].
3. Makarov, B.D. (1976). *Metodika individual'nogo otbora zernovok kukuruzy po morozoustoychivosti* [Method of individual selection of corn kernels for frost resistance]. *Buleten Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo Instytutu kukuruzy – Bulletin of All-Union Scientific Research Institute of Corn*, 4 (44), 29–32 [in Russian].
4. Tsykov, V.S. (2003). *Kukuruza: tekhnologija, gibridy, semena* [Corn: technology, hybrids, seeds]. Dnepropetrovsk: Zoria. [in Russian].
5. Kindruk, M.O., Sokolov, V.M., & Vyshnevskiy, V.V. *Nasinnystvo z osnovamy nasinnieznavstva* [Seed production seed science with basics of seed science]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
6. Makrushyn, M.M., & Makrushyna, Ye.M. (2012). *Nasinnystvo (metodolohiia, teoriia, praktyka)* [Seed production (methodology, theory, practice)]. Simferopol: VD "Ariall" [in Ukrainian].
7. Кирпа, М.Я., Станкевич, Г.М., & Стюрко, М.О. *Кукурудза: збирання, сушіння, якість: монографія* [Corn: harvesting, drying, quality: monograph]. Odesa: KPOMD [in Ukrainian].
8. Skorokhodov, M.Yu. (2020). *Osoblyvosti dovhovichnosti pry zberihanni nasinnia maloposhyrenykh*

form pshenitsi [Features of durability at storage of seeds of uncommon forms of wheat]. Candidate's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].

9. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti: DSTU 4138-2002* [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality: DSTU 4138-2002]. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine [in Ukrainian].

10. Кирпа, М.Я. (2016). *Metodolohiya vyznachennia yakosti nasinnia zernovykh kul'tur* [Methodology for determining the quality of cereal seeds]. *Buleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy – Bulletin of Institute of agriculture of the Steppe zone of NAAS of Ukraine*, 10, 20–25 [in Ukrainian].

11. Lebid, Ye.M., Tsykov, V.S., & Pashchenko, Yu.M. et al. (2008). *Metodyka provedennia poliovykh doslidiv z kukurudzoiu* [Methods of conducting field experiments with corn]. Dnepropetrovsk: N. p. [in Russian].

12. Lesnikova, I.Yu., & Kharchenko, Ye.I. (2012). *Osnovy roboty i vyrishennia zadach silskoho hospodarstva v seredovyshchi elektronnykh tablyts EXCEL: navchalnyi posibnyk* [Fundamentals of work and solving problems of agriculture in the environment of spreadsheets EXCEL: a textbook]. Dnepropetrovsk: Porohy [in Ukrainian].

Кирпа М.Я., Стасів О.Ф., Боденко Н.А., Лавриненко Ю.О. Вплив проморожування насіння гібридів кукурудзи на його якість

Мета. Встановлення впливу різних умов проморожування на якість насіння гібридів кукурудзи залежно від їхньої збиральної вологості і способів сушіння. **Методи.** Лабораторні з визначення показників якості насіння; польові з виявлення схожості, особливостей росту і розвитку рослин та врожайності гібридів кукурудзи; статистичні із встановлення достовірності отриманих результатів. Проморожування качанів проводили в морозильній камері за різної температури, експозиції і вологості зерна, сушіння виконували в лабораторних електросушарках із контролюванням нагріву насіння. **Результати.** Отримано дані, які характеризують вплив температур –3–5 і –8–10 °С з експозицією 6, 12 і 24 години на якість насіння гібридів кукурудзи з вологістю 36–38, 28–30 і 18–20%, показано особливості сушіння проморожених качанів. Вплив проморожування був неодноточний: за вологості 36–38% схожість суттєво знижувалась за всіма варіантами дослідів; за вологості 28–30% зниження було дещо меншим (на 2–5% за температури –3–5 °С з експозицією 6 годин); за вологості 18–20% проморожування за температури –3–5 °С і експозиції 6 і 12 годин не знижувало лабораторну схожість насіння. Проморожування за температури –8–10 °С призводило до суттєвого зниження схожості в дослідів. Виявлено особливості та температурний режим сушіння проморожених вологих качанів. Порівняно вплив приморозків на качани кукурудзи в польових умовах, а також зібраних і розміщених на майданчиках. **Висновки.** Якість насіння гібридів кукурудзи в умовах проморожування формується внаслідок взаємодії низької температури, її експозиції та вологості зерна. Якість не знижується за температури –3–5 °С, експозиції 6 і 12 годин та вологості 18–20%, а також сушіння вологих проморожених кача-

нів, із нагрівом насінини в межах 30–40 °С. У разі вірогідності приморозку рекомендується завчасне збирання і вкриття вологих качанів на період дії низьких і критичних температур повітря.

Ключові слова: низькі температури, качани кукурудзи, сушіння, схожість, урожайність.

Курпа М.Я., Stasiv O.F., Bodenko N.A., Lavrynenko Yu.O. Effect of freezing of maize hybrid seeds on their quality

Purpose. Establishing the influence of different freezing conditions on the seed quality of maize hybrids depending on their harvesting moisture and drying methods. **Methods.** Laboratory methods to determine seed quality indicators; field methods to identify germination, growth and development of plants and yields of maize hybrids; statistical methods to establish the reliability of the results. Freezing of cobs was carried out in a freezer at different temperatures, exposures and humidity of the grain, drying was carried out in laboratory electric dryers with control of seed heating. **Results.** The data characterizing the influence of temperatures –3–5 and –8–10 °C with exposure of 6, 12 and 24 hours on the quality of seeds of maize hybrids with humidity of 36–38, 28–30 and 18–20% are obtained,

the peculiarities of drying of frozen cobs are shown. The effect of freezing was ambiguous: at a humidity of 36–38% germination was significantly reduced for all variants of the experiment; at a humidity of 28–30%, the decrease was slightly smaller (by 2–5% at a temperature of –3–5 °C with an exposure of 6 hours); at a humidity of 18–20% freezing at a temperature of –3–5 °C and exposure for 6 and 12 hours did not reduce the laboratory germination of seeds. Freezing at a temperature of –8–10 °C led to a significant reduction in germination in the experiments. Features and temperature regime of drying of frozen wet cobs are revealed. The effect of frosts on corn cobs in the field, as well as collected and placed on the sites, was compared. **Conclusions.** Seed quality of maize hybrids under freezing conditions is formed due to the interaction of low temperature, its exposure and grain moisture. The quality does not decrease at a temperature of –3–5 °C, exposure of 6 and 12 hours and humidity of 18–20%, as well as drying of wet frozen cobs, with heating of seeds within 30–40 °C. In case of probability of frost, early collection and covering of wet cobs for the period of low and critical air temperatures is recommended.

Key words: low temperatures, corn cobs, drying, germination, yield.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПОСІВІВ ОЗИМИХ КУЛЬТУР (ІНТЕРВ'Ю)

Проблемні питання постають кожного дня перед аграріями України.

Проте найвагомішим сьогодні є стан посівів озимих культур у господарствах Херсонської області.

Інформацію про загальний стан посівів озимих надають провідні науковці Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України Сергій Заєць та Анатолій Коваленко.

– Які були умови для сівби восени 2020 р.?

– Сівба озимих культур восени 2020 р. в господарствах Херсонської області проходила в дуже складних погодних умовах. Вересень виявився сухим із температурним режимом вище кліматичної норми на 5–7°C, а опадів на території області не було майже два місяці. Це спричинило утворення ґрунтової та повітряної посух, які стримували початок проведення сівби озимих культур. Лише на парах (і то не скрізь) у посівному шарі ґрунту перебувало досить вологи для отримання повних сходів. Після непарових попередників не лише в посівному, а й у більш глибоких шарах ґрунту продуктивна волога була відсутня. Тому сівба озимих культур у господарствах області проводилася переважно в сухий ґрунт та із запізненням. Станом на 1 жовтня, тобто на кінець оптимальних строків сівби, пшениця озима була посіяна лише на 176,8 тис. га (36,6%) із запланованих 483,5 тис. га, а ячменю озимого висіяно на площі 9,6 тис. га, що становило 10,7%.

Завдяки теплій (середня місячна температура повітря жовтня становила +14,7–17,0°C, що на 4,6–6,1°C вище за кліматичну норму) та з опадами (11–76 мм) погоді сівбу озимих зернових культур проводили впродовж усього жовтня, і наприкінці місяця ними було засіяно 98% запланованих площ (561,6 тис. га), з них пшеницею озимою – 98% (475 тис. га), ячменем озимим – 95% (85 тис. га). Варто зауважити, що такий теплий жовтень за період спостережень 1946–2019 рр. у Херсонській області не спостерігався жодного разу. Тому за таких умов запаси вологи під озимими культурами стрімко втрачалися, станом на 28 жовтня в метровому шарі ґрунту на більшій частині території області її містилося лише 22–69 мм, що є незадовільним показником. Лише в південних, північних та місцями західних районах зволоження ґрунту становило 101–120 мм.

У листопаді середня температура повітря становила 4,5–6,7°C тепла, що в межах кліматичної норми, проте спостерігався значний недобір опадів. У південно-західних і східних районах області за цей місяць кількість опадів становила 6–9 мм (17–26% місячної норми), а на більшій частині – 10–21 мм (29–61% місячної норми). Лише в південних районах за місяць випало 37 мм, що становить 108% місячної норми.

– Чи відрізнялася осінь 2020 р. від кліматичної норми та осені 2019 р.?

– Загалом осінь 2020 р. на Херсонщині пройшла в температурному режимі, що значно вищий за клі-

матичну норму. Лише друга половина листопада за температурним режимом була більш характерна для кінця осіннього періоду. Середня температура за календарну осінь становила 13,1–14,5°C тепла, що на 3,2–3,5°C вище за кліматичну норму та на 1,1–1,7°C вище за температурні показники осені 2019 р. Упродовж осені на території області проходили невеликі та помірні дощі, місцями мряка, а в кінці періоду – мокрий сніг, кількість яких місцями в південно-західних і південних районах становила 105–140 мм (119–149% сезонної норми), а на решті було зафіксовано 57–84 мм (55–96%). На дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України за осінній період опадів випало 57 мм (55% сезонної норми), тоді як восени 2019 р. їх випало вдвічі більше – 113 мм.



– Чи припиняли озимі культури вегетацію?

– На початку третьої декади листопада озимі культури перебували у стані неглибокого зимового спокою, а з 26 листопада внаслідок підвищеного температурного режиму відновили ростові процеси. Це позитивно вплинуло на стан озимих культур. У найхолодніші дні температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення пшениці озимої знижувалася до 2°C морозу, що не завдало шкоди рослинам усіх озимих культур.

Упродовж грудня озимі культури та багаторічні трави перебували в нестійкому зимовому спокої. У денні години вони відновлювали вегетацію. Наші спостереження за зрізаними рослинами впродовж останніх 10 днів грудня показали, що відбувся приріст у висоту на 10–12 мм. Тобто не дуже активно, проте відбувалися ростові процеси в рослинах. Це пов'язано з тим, що середня температура повітря грудня була на 2,3°C

вища за кліматичну норму. Такі погодні умови є сприятливими для перезимівлі озимих культур.

– Який рівень зволоження ґрунту під озимими культурами зараз спостерігається?

– Грудень також характеризувався значним недобором опадів, кількість яких становила лише 48% норми. Тобто значного забезпечення ґрунту вологою не відбулося, навпаки, вона втрачалася на транспірацію під час проходження рослинами ростових процесів. Тому зволоження ґрунту на більшій частині території області залишилося на досить низькому рівні та залежно від попередника на кінець грудня становило від 20 до 56 мм.



– У якому стані зараз перебувають озимі зернові культури?

– Рослини озимих зернових культур увійшли в зиму за різного стану рослин (від утворення 3 листків до формування 2–5 пагонів), що залежало від строків сівби, мінерального та вологозабезпечення ґрунту. На більшості площ посіви перебувають у задовільному та доброму стані. Проте після непарових попередників у західній, південно-західній, південно-східній і на окремих полях центральної частини області рослини озимих культур відчували нестачу води у ґрунті та призупиняли ріст. На полях, де з осені не вносилися добрива, відмічається пожовтіння листя та відставання в рості, що є ознакою азотного голодування рослин. Місцями, особливо на ранніх і добре розвинених посівах пшениці озимої, спостерігалися ураження збудниками грибних хвороб (кореневі гнилі, септоріоз), а також ушкодження злаковими мухами та іншими сисними комахами і кліщем. А через потепління активізувалися мишевидні гризуни, особливо на полях, що прилягають до узбіч доріг, лісосмуг, та на посівах, які вирощуються за технологією No-till.

– Який зараз стан посівів ріпаку озимого?

– Як і в зернових озимих культур, сівба ріпаку також тривала значно довше, ніж зазвичай. Окремі господарства розпочали його сівбу значно раніше оптимальних строків – у середині серпня після невеликих дощів. Проте не на всій площі були отримані сходи. На частині площ вони з'явилися значно пізніше, після невеликих опадів. Подальша сівба тривала до кінця оптимальних

строків і навіть значно пізніше них. Сходи на таких полях з'являлися поступово – у міру випадання дощів. Через таку ситуацію на посівах ріпаку озимого ранніх і першої половини оптимальних строків сівби було проведено 2 (а на окремих полях навіть 3) обробки інгібіторами росту. Тому посіви ріпаку озимого зараз перебувають у різновіковому стані. На посівах ріпаку озимого ранніх і першої половини оптимальних строків сівби рослини утворили 10–14 листків, а на окремих полях з'явилися навіть зачатки стебла, що може істотно знизити їх зимостійкість. На більш пізніх посівах рослини сформували 4–8 листків залежно від строку сівби та сходів. На більшості площ посіви перебувають у задовільному й доброму стані. Проте після непарових попередників відчувається нестача води у ґрунті і ріст рослин загальмувався. На полях, де з осені не вносилися добрива, відмічається пожовтіння листя та відставання в рості.



– Що потрібно буде зробити на посівах озимих культур на початку весни?

– Отже, якщо за зимовий період не відбудеться поповнення запасів води у ґрунті, то проблематично буде отримати заплановані збори зерна, а рівень врожайності буде залежати здебільшого від опадів у весняний період. За недостатньої кількості води у ґрунті підживлення озимих культур азотними добривами має проводитися низькими нормами (N_{30-45}), оскільки їх збільшення може призвести до початку весняного прискореного розвитку рослин і, як наслідок, втрати води на транспірацію, а її дефіцит у ґрунті може призупинити ростові процеси та навіть призвести до засихання рослин. У цьому випадку покращити ситуацію зможе використання зрошуваних земель та «полів-супутників», де проведення вегетаційних поливів знівелює негативний вплив посух.

До того ж необхідно активізувати роботу з боротьби з мишевидними гризунами шляхом використання рекомендованих засобів хімічного захисту, а також передбачити придбання необхідної кількості біологічних і хімічних препаратів для боротьби з ними та іншими шкідниками, бур'янами і хворобами у весняний період вегетації озимих культур.

Лише чітке дотримання заходів догляду за посівами з урахуванням агрометеорологічних умов, що складаються в цьому році, дасть змогу зменшити негативні прояви природи.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Алексеев Я.В.....	21	Кравченко Ю.С.	70
Балюк С.А.	59	Кулик Г.А.	39
Бердін С.І.	33	Лавренко С.О.....	17
Біляєва І.М.	17	Лавриненко Ю.О.....	82
Боденко Н.А.....	82	Лиховид П.В.....	17
Бондаренко К.О.	6	Малярчук А.С.....	11
Бойценюк Х.І.	17	Марченко О.А.	45
Бурдюг О.О.	26	Мельничук Ф.С.	45
Вергунов В.А.....	59	Місєвич О.В.	76
Влащук А.М.....	76	Мостіпан М.І.....	37
Вожегова Р.А.	11, 17, 59	Овчатов І.М.	54
Гирка А.Д.....	21	Резніченко Н.Д.....	11
Дробіт О.С.....	76	Рокочинський А.М.....	59
Жовтоног О.І.	59	Ромашенко М.І.....	59
Жуйков О.Г.....	26	Сичевський С.О.....	70
Журавльов О.В.	54	Сонько Р.В.....	65
Кабанець В.М.	33	Стасів О.Ф.....	82
Кирпа М.Я.	82	Тараріко Ю.О.	59
Коваленко В.П.	70	Тонха О.Л.	65, 70
Ковальов М.М.	39	Трач В.В.	65
Коваль Г.В.	45	Трускавецький Р.С.....	59
Косенко Н.П.	6	Шапарь Л.В.	76
Котельников Д.І.	11	Шкода О.А.....	76

НОТАТКИ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України є провідною науково-дослідною установою Півдня України, яка працює над виконанням фундаментальних і прикладних завдань державних науково-технічних програм у галузі зрошуваного та неполивного землеробства, насінництва, рослинництва, захисту рослин, агрохімії, меліорації, механізації та економіки.



СТВОРЮЄМО:

- кращі гібриди кукурудзи, сорти пшениці озимої, сої, помідорів, люцерни та багаторічних трав;
- новітні системи зрошуваного й неполивного землеробства відповідно до спеціалізації господарств;
- елементи раціонального природокористування, збереження родючості ґрунтів і навколишнього середовища за рахунок науково обґрунтованої структури посівних площ, системи сівозмін різної спеціалізації, ґрунтозахисних, енергозберігаючих способів обробітку ґрунту для сільськогосподарських угідь.



ПРОПОНУЄМО:

- широкий асортимент високоякісного насіння сільськогосподарських культур власної селекції та селекції провідних селекційних центрів, адаптованого до умов вирощування на зрошуваних і неполивних землях;
- агрохімічний аналіз ґрунту та технологічні аналізи зерна пшениці, рису, проса, ячменю й інших сільськогосподарських культур (вологість, засміченість, натура, вміст сирової клітковини, хлібопекарські якості борошна, склоподібність, маса 1000 насінин);
- консультації з відбору зразків ґрунту, води, сільськогосподарської продукції для аналізу;
- рекомендації з використання добрив під сільськогосподарські культури;
- консультативно-методичні послуги з питань вирощування основних сільськогосподарських культур.

Запрошуємо всіх бажаючих до співпраці з метою створення міцного науково обґрунтованого фундаменту для розвитку систем зрошуваного й неполивного землеробства у степовій зоні України!

ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
73483, Україна, м. Херсон, смт Наддніпрянське
Тел./факс: +38(0552) 361-196
e-mail: izz.ua@ukr.net
сайт: izznaan.com.ua
www.facebook.com/izz.herson

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 3

Відповідальний секретар – Грановська Л.М.

Підписано до друку 17.12.2020 р. Формат 60x84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно-друк. арк. 10,70. Наклад 300. Зам. № 0321/95
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.