

ISSN 0135-2369

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ЗРОШУВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО

Міжвідомчий тематичний
науковий збірник

Випуск 81



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія KB № 25457-15397ПР від 03.02.2023.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України категорії «Б» у галузі
«Сільськогосподарські науки» (101 – Екологія, 201 – Агронімія, 202 – Захист і карантин рослин)
відповідно до Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1)

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
(протокол 8 від 18 квітня 2024 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України.

Члени редакційної колегії:

Аверчев Олександр Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Базалій Валерій Васильович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри рослинництва та агроінженерії, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Біднина Ірина Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Начальник відділу зведеного планування Науково-організаційного управління апарату Президії, Національна академія аграрних наук України;

Бояркіна Любов Вадимівна – доктор сільськогосподарських наук, завідувач відділу геоінформаційних технологій та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Влащук Анатолій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу первинного та елітного насінництва, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Голобородько Станіслав Петрович – доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Грановська Людмила Миколаївна – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН, завідувач відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Денчіч Србіслав (Denčić Srbislav) – доктор генетичних наук, професор, Інститут польових та овочевих культур (Нові Сад, Сербія);

Заєць Сергій Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Хандакар Рафік Іслам (Khandakar Rafiq Islam) – доктор наук, старший науковий співробітник, доцент, Державний університет Огайо, (Огайо, США);

Лавриненко Юрій Олександрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Лиховид Павло Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Марченко Тетяна Юріївна – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Писаренко Павло Володимирович – доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу зрошення, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України;

Пілярська Олена Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Петрзак Стефан (Pietrzak Stefan) – доктор наук, професор, завідувач відділу якості води, Технологічний та природничий інститут (Рашин, Польща);

Тищенко Андрій Вікторович – доктор сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Шатковський Андрій Петрович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України.

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

Міжвідомчий тематичний науковий збірник розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО.....	5
Вожегова Р.А., Пілярська О.О., Марченко Т.Ю., Влащук А.М., Дробіт О.С., Пілярський В.Г. Водоспоживання та урожайність насіння нуту залежно від застосування гербіцидів в умовах Південного Степу України.....	5
Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Вплив системи захисту рослин на продуктивність гібридів кукурудзи за їх вирощування в умовах зрошення Півдня України.....	12
Дрозда О.В. Сорт як важливий фактор технології вирощування сої.....	19
Лиховид П.В. Агроекологічна оцінка сільськогосподарських земель за даними дистанційного зондування землі.....	24
Мащенко О.А., Бутенко А.О. Агротехнічні прийоми підвищення реалізації генетичного потенціалу сортів гречки для умов Північно-Східного Лісостепу України	32
Молдован Ж.А., Молдован В.Г. Вплив густоти стояння рослин на формування продуктивності гібридів кукурудзи скоростиглих груп в умовах Західного Лісостепу.....	38
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО.....	44
Міщенко С.В. Подолання сольового стресу <i>Cannabis Sativa</i> L.: генетико-селекційний аспект.....	44
Орехівський В.Д., Кривенко А.І., Кононенко Ю.М., Вакуленко В.В. Екологічна пластичність нових сортів пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України.....	50
Тищенко А.В., Степанов С.С., Тищенко О.Д., Коновалова В.М., Очкала О.С. Реакція гібридів соняшника ранньої групи стиглості на мінеральне живлення та ґрунтові умови на півдні України	56

CONTENTS

AMELIORATION, FARMING, CROP PRODUCTION.....	5
Vozhehova R.A., Piliarska O.O., Marchenko T.Yu., Vlashchuk A.M., Drobit O.S., Piliarskyi V.H. Water consumption and crop productivity of chickpea depending on herbicide application in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	5
Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. The influence of the plant protection system on the productivity of corn hybrids when grown under irrigation conditions in the south of Ukraine.....	12
Drozda O.V. Variety as important soybean growing technology factor.....	19
Lykhovyd P.V. An agro-ecological assessment of agricultural land based on remote sensing of the Earth.....	24
Mashchenko O.A., Butenko A.O. Agrotechnical methods of increasing the realization of the genetic potential of buckwheat varieties for the conditions of the North Eastern Forest Steppe of Ukraine.....	32
Moldovan Zh.A., Moldovan V.G. Influence of planting density on the formation of productivity of early maturing maize hybrids in the Western Forest-Steppe.....	38
BREEDING, SEED FARMING.....	44
Mishchenko S.V. Inhibition of salt stress in <i>Cannabis sativa</i> L.: genetic and breeding aspects.....	44
Orehivskyi V.D., Kryvenko A.I., Kononenko Yu.M., Vakulenko V.V. Ecological plasticity of yield of new varieties of winter wheat in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine.....	50
Tyshchenko A.V., Stepanov S.S., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Ochkala O.S. Reaction of sunflower hybrids of the early maturity group to mineral nutrition and soil conditions in the south of Ukraine.....	56

УДК 631.53.01:635.657:632.954 (477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.81.1>

ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

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

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0001-8649-0618

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

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

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

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

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКИЙ В.Г. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-4757-7224

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Нут – одна з найдавніших і найпоширеніших зернобобових культур, яка використовується в усьому світі на харчові й кормові цілі. Поєднання найвищої з-поміж зернових культур посухо-, жаро- та холодостійкості робить цю культуру унікальною, оскільки вона спроможна давати економічно обґрунтований урожай насіння у спекотних і посушливих регіонах світу. Насіння нуту містить значну кількість повноцінного білка, жиру, вуглеводів, а також багато ферментів, мінеральних та органічних речовин. Дана культура може внести суттєву частку в розв'язання проблеми білка й значно поповнити продовольчі ресурси планети. Як зернобобова культура, нут у симбіозі з азотфіксуючими бактеріями здатний засвоювати азот з атмосфери, задовольняючи себе цим елементом і залишаючи наступним культурам через рослинні рештки чималу кількість біологічно засвоєного азоту. Урожайність пшениці озимої після нуту така ж, як і після чорного пару, а в окремі роки навіть набагато вища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основна причина недотримання товаровиробниками запланованої урожайності полягає в порушенні технологій вирощування. Зважаючи на це, одним із важливих елементів технології вирощування агрокультур, в тому числі нуту, є вчасне проведення захисних заходів проти шкідливих організмів, зокрема бур'янової рослинності [1].

Посіви всіх без винятку агрокультур тією чи іншою мірою піддаються процесам забур'янення. Взаємодія між культурними рослинами нуту і бур'янами мають свої особливості. Зокрема рослини нуту у початковій стадії вегетації ростуть дуже повільно і мають низьку конкурентну здатність відносно бур'янів, тому спостерігається швидкий ріст і розвиток сеgetальної рослинності. Забур'янення агроценозів нуту навіть у межах однієї ґрунтово-кліматичної зони має свою специфіку, які насамперед пов'язані з погодними умовами, що впливають на стан даної культури, початком і тривалістю їхньої вегетації, специфічними аелопатичними відносно-

нами, вимогами до обробітку рослин ґрунту та особливостями догляду за рослинами [2].

Низька конкурентна спроможність нуту є причиною того, що в його агроценозах формуються сприятливі умови для росту і розвитку бур'янів різних біологічних груп. З однорічних найчастіше трапляються такі одно- та двосім'ядольні види, як просо куряче, миші сизий, гірчак шорсткий, лобода біла, галінсога дрібноквіткова, щириця звичайна, ромашка непахуча, а із багаторічних – осоти рожевий і жовтий, пирій повзучий тощо. Кількісний та видовий набір їх у посівах нуту значно залежить від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей бур'янів, попередників та інших елементів технології вирощування [3].

В даний час на ринку пестицидів немає гербіцидів, що не пошкоджують та не пригнічують рослини нуту під час вегетації. Багато гербіцидів, що застосовуються під попередню культуру, мають залишкову дію, що призводить до значних пошкоджень рослин нуту і до зниження врожаю. Зокрема непогану ефективність проти бур'янів показав страховий гербіцид Пульсар у нормі внесення 0,8 л/га, але даний препарат викликає доволі стресовий стан в нуту, а в подальшому призводить до істотного зниження зерна нуту. Під час вегетації нуту спостерігалася найбільше деформація листових пластинок, пожовтіння верхніх частинок листочків рослин нуту [4]. До застосування гербіцидів у посівах нуту треба підходити дуже обережно, тому що він має підвищену чутливість до гербіцидів.

Ефективність і вибірковість таких ґрунтових препаратів, як Харнес, 90% к.е., та Фронт'єр Оптіма, 72% к.е., показало, що найкраще себе проявив ґрунтовий гербіцид Фронт'єр Оптіма, 72% к.е. в нормі витрати 1,2 л/га. Зокрема на період збирання зерна нуту чисельність бур'янів становила 14 шт./м², а рівень забур'яненості в порівнянні з контрольними ділянками без захисту від бур'янів зменшився на 90% [5].

Поява сучасних засобів захисту рослин проти бур'янів зумовлює їх ретельне випробування на конкретних культурах в конкретних умовах для підтвердження їх ефективності. За морфотипом рослин виділяють дві групи культурного нуту: *desi* – шорсткувато-ребристі та неправильної форми насінини, товста з темним забарвленням насінна шкірка, забарвлені квітки рослин, порівняно висока стійкість до несприятливих абіотичних та біотичних факторів (сорти рослин цього типу забезпечують 85% світового виробництва нуту, тобто посівні площі складають понад 9 млн га); *kabuli* – округлої або слабокутатової форми насіння, світло-жовте забарвлення насінневої шкірки, порівняно крупне, з високими смаковими та харчовими властивостями насіння, квітки білого кольору. Основний напрям у селекції нуту – це створення сортів продовольчого використання, тобто з насінням світлого забарвлення [6]. Однак у кормовиробництві безумовної уваги заслуговують і зразки морфотипу *desi* завдяки вищеозначеним особливостям. Дослідженнями встановлені значні відмінності серед генетичних джерел різного походження за продуктивністю рослин та її складо-

вими компонентами у нуту, що дозволяє вести спрямований селекційний добір [7, 8].

Нут відноситься до посухостійких культур, але за свідченням багатьох авторів існує досить високий прямий зв'язок між використанням води та врожаєм насіння ($R^2=0,63-0,75$) і накопиченням загальної біомаси ($R^2=0,85-0,92$) [9, 10]. Водозабезпечення рослин формується ґрунтовими запасами та атмосферними опадами періоду вегетації. В дослідження Лавренко Н.М. в умовах Південного Степу України показано, що частка участі ґрунтових запасів у формуванні врожаю зерна нуту за відсутності зрошення складала в середньому 61,3%, [11] в дослідженнях Колояніді Н.О. – від 34% до 37% [12] в залежно від прийомів вирощування.

Необхідність оптимізації технологічних прийомів вирощування нуту, дає можливість знизити витрати на вирощування та післязбиральну доробку зерна і підвищити рівень потенціальної урожайності. За дії гербіцидів рослини нуту отримують додаткове стресове навантаження, за якого порушуються ростові процеси й формування продуктивності посівів. Зменшити та подолати негативні тенденції можливо за використання біологічних препаратів – мікробних препаратів, проте комплексна їх дія з гербіцидами на рослини нуту не вивчалася.

Метою досліджень було з'ясувати особливості водоспоживання та витрати вологи на формування врожаю нуту залежно від гербіцидів та різних строків їх внесення.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2019–2021 рр. на дослідному полі Інституту зрошеного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН), яке розташоване в південній степовій зоні України. Ґрунт дослідної ділянки темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий при глибокому рівні залягання ґрунтових вод, на карбонатному лесі. Польова вологоємність метрового шару ґрунту в середньому складає 20,3%, вологість в'янення – 9,6%, об'ємна маса шару ґрунту 0-100 см становить 1,42 г/см³.

Виходячи зі специфіки досліджень, дослід закладали на ділянці, де останнім часом спостерігали наявність амброзії полинолистої. До схеми досліді були включені базові ґрунтові гербіциди, які, за характеристикою, мають високу ефективність проти даного виду бур'янів.

Дослід польовий, двофакторний, повторення чотириразове. Закладення досліді проводили методом розщеплених ділянок, розміщення варіантів – рандомізоване. Площа посівної ділянки I порядку – 40 м², II порядку – 20 м².

Фактор А (гербіцид): Варіанти контролю – контроль 1 (без гербіцидів), Контроль 2 (без гербіцидів, ручне прополювання); варіанти з гербіцидами – Стелс – 2,5 л/га, Мерлін – 0,13 л/га, Імівіт – 1,0 л/га; Фактор В (строк внесення гербіциду): до сівби, після сівби.

Мерлін 750WG (Ізоксафлютол, 750 г/кг) – високоєфективний досходовий гербіцид із унікальним механізмом реактивації – здатністю багаторазово відновлювати свою активність протягом вегетації.

Препарат діє системно – після внесення в ґрунт діюча речовина – ізоксафлютол – перетворюється в дикетонітрил. Вміст і співвідношення ізоксафлютола та дикетонітрила в ґрунті прямо залежить від його вологості. Чим вища вологість ґрунту, тим інтенсивніше утворюється дикетонітрил. Ізоксафлютол слабо мігрує вниз, тому забезпечує контроль чутливих бур'янів, які проросли з верхніх шарів. Дикетонітрил більш мобільний, він переміщується вниз ґрунтовим горизонтом і локалізується у вигляді смуги в зоні розміщення основної маси коренів бур'янів, тому він знищує сходи бур'янів, що з'явилися, або проростають з глибших шарів ґрунту. Мерлін має високу ефективність (90–98%) проти амброзії полинолистої, лободи (види), пасльону чорного, ромашки (види), злакових, проса півнячого, мишіїв. Період захисної дії – 7–9 тижнів, препарат не шкодить наступним культурам сівозміни.

Стелс (Флуорохлорідон, 250 г/л) – гербіцид з групи хлорацетамідів, діє за рахунок порушення біосинтезу каротиноїдів. Препарат надходить до рослини через коріння і швидко пересувається до тканин листя чутливих бур'янів. Знищує бур'яни ще на етапі їх проростання, а ті, що зійшли, швидко гинуть. Гербіцид має широкий спектр дії, в тому числі на амброзію полинолисту, лободу (види). Проявляє тривалий період захисної дії – 3–4 місяці (залежно від погодних умов). За достатньої вологості ґрунту можливе застосування без заробки. Можливо змішувати з іншими ґрунтовими гербіцидами, які дозволені на відповідних культурах. Норма витрати 2–3 л/га, застосовується за вирощування нуту, картоплі, моркви, соняшника. Через 6 місяців після застосування препарату можна вирощувати зернові озими (за умови проведення оранки), цибулю, томати, гарбузові та хрестоцвіті.

Імі Віт (Імазамокс, 40 г/л). Дія препарату проявляється в інгібуванні та блокуванні певних амінокислот, що складають протеїни, в результаті чого у бур'янів зупиняються процеси росту та розвитку вже через 2–3 години. Надходження гербіциду відбувається як через надземні органи бур'янів, так і через їх кореневу систему. Імі Віт високоефективний проти амброзії полинолистої, бромусу, латуку дикого, пасльону чорного, щириці (види), спориша звичайного. Середньочутливими до препарату є лобода (види), берізка польова, осот рожевий, ромашка (види). За своєчасного та правильного застосування достатньо однієї обробки за вегетаційний період. Після застосування Імі Віту в березні, восени можна висівати пшеницю озиму, жито; на другий рік – ярі зернові, кукурудзу, соняшник, сорго.

Південний Степ України характеризується сприятливим кліматичним потенціалом, родючими ґрунтами, але разом з цим екстремальними погодними умовами – суховіями, високими температурними показниками та несприятливим водним режимом – нечастими опадами та їх нерівномірним розподілом впродовж вегетаційного періоду. Як наслідок, виникає нестача продуктивної вологи – головного лімітуючого фактору росту та розвитку рослин. За недостатнього забезпечення рослин водою, порушується водний режим рослин, що стає однією з головних

причин як погіршення продукційних процесів, так і зниження продуктивності культури.

Гідротермічний коефіцієнт у південній зоні степу в середні за погодними умовами роки становить 0,5–0,7. Природним шляхом волога в ґрунт поступає, в основному, у вигляді атмосферних опадів пізньої осені та взимку, при цьому відбувається глибоке промочування ґрунту. Отже, впродовж усієї вегетації культури спостерігається дефіцит ґрунтової вологи. Максимальна кількість вологи у ґрунті міститься на початку весни. Атмосферні опади весняно-літнього періоду в основному випаровуються, стікають з поверхні ґрунту, а та їх невелика кількість, що поглинається ґрунтом, переважно зосереджується в його поверхневому або орному шарі. Тож в ґрунті залишається лише 30–50% кількості вологи, що накопичується завдяки опадам.

Агротехніка вирощування культури була загальноприйнята для півдня України. Попередником досліджуваної культури була пшениця озима.

Результати досліджень. Нут поки ще не дуже популярний в Україні серед виробників і споживачів. Він належить до числа так званих нішевих культур і вирощується на території України в незначних кількостях. Але бобові культури стають все більш затребувані переробниками. Попит на продукти переробки за кордоном давно перевищує пропозицію. Обсяг світових продажів нуту становить майже 1 млн т. Україна має потенціал вирощувати цю культуру не менше, ніж на 1,5 млн га і отримувати мінімум 2 млн т продукції [14, 15].

На даний час технологія вирощування нуту недостатньо відпрацьована в умовах Південного Степу України. Зокрема потребують більш детального вивчення елементи технології, а саме застосування гербіцидів за різних строків їх внесення та їх ефективність. Тому дослідження з вивчення нових препаратів гербіцидної дії та розробка технології їх використання становлять значний науковий інтерес і є актуальними [3, 16, 17].

Дослідженнями встановлено, що застосування препаратів гербіцидної дії на посівах нуту вплинуло на ріст та розвиток рослин і, як наслідок, на формування врожаю насіннєвого матеріалу.

Сумарне водоспоживання є показником потреби рослин у воді за весь період вегетації, а сумарне випаровування – за окремі її часові періоди. Вони складаються з витрат вологи на транспірацію рослин, випаровування з поверхні ґрунту і формування біологічної маси. Різні вимоги рослин до об'ємів води, необхідних для оптимального проходження ростових і продукційних процесів, а також формування високого врожаю, є результатом їхнього еволюційного розвитку і склалися під впливом різних кліматичних умов. Численними дослідженнями встановлено, що найвпливовішими регулюючими факторами показників сумарного водоспоживання є кліматичні умови зони вирощування, погода під час вегетації рослин, біологічні ознаки сортів і, в першу чергу, тривалість вегетаційного періоду, вологозабезпеченість рослин та інше. В сприятливій за зволоженням роки спостерігається найбільше сумарне споживання рослинами води, що пояснює

ється зростанням продуктивності завдяки збільшенню висоти, площі листової поверхні при формуванні більшої надземної й підземної маси рослин. На величину сумарного водоспоживання мають вплив не лише метеорологічні умови, а й рівень агротехніки та вологозабезпеченість поля. Різниця показників сумарного водоспоживання однієї і тієї ж культури на різних ділянках досліджу також залежить від досліджуваних факторів.

Встановлено, що сумарне водоспоживання посівів культури змінюється більшою мірою залежно від застосування препаратів гербіцидної дії. Строк внесення в даному випадку мав мінімальний вплив (табл. 1).

За фактором А (гербіцид) максимальний середній показник сумарного водоспоживання посівів нуту – 3611 м³/га встановлено на варіантах контролю 1 (без гербіцидів). Найменше значення даного показника – 3412 м³/га визначено на варіантах, де застосовували препарат Мерлін – 0,13 л/га до сівби культури. Спостереженнями виявлено, що найбільшу кількість вологи на формування одиниці врожаю з ґрунтових запасів використовували посіви, де гербіциди вносили до сівби.

За фактором В (строк внесення гербіциду) максимальне середнє значення показника сумарного водоспоживання встановлено за використання препаратів гербіцидної до сівби нуту. Максимальний показник сумарного водоспоживання в середньому за 2019–2021 рр. за використання гербіцидів – 3561 м³/га встановлено на варіантах досліджу, де застосовували препарат Стелс – 2,5 л/га до сівби культури. Що стосується варіантів Контролю, на посівах, де не застосовували гербіциди (Контроль 1), спостерігали більше сумарне водоспоживання – 3611 м³/га, ніж на ділянках Контролю 2 (ручне прополювання) – 3526 м³/га, що пояснюється чистими від бур'янів посівами та відповідно меншим використанням вологи сегетальної рослинністю.

За показниками сумарного водоспоживання та врожайності нуту було встановлено коефіцієнт водоспоживання посівів, який є одним з критеріїв оцінювання продуктивності використання вологи і показує кількість води, що використовується для одержання 1 т зерна.

Згідно з результатами трирічних досліджень, найбільш низький середній коефіцієнт водоспоживання – 1606 м³/т спостерігали на варіантах Мерлін–0,13 після сівби культури (табл. 2).

Високий середній показник коефіцієнта водоспоживання варіанту Контролю 1 (без гербіцидів та ручного прополювання) – 12896 м³/т пояснюється сильною забур'яненістю посіву бур'янами що призвело до пригнічення нуту, надмірного водоспоживання вологи бур'янами та низькою урожайністю насіння. На варіантах, де застосовували Стелс – 2,5 л/га та Імі Віт – 1,0 л/га, коефіцієнт водоспоживання становив 9624 та 16385 м³/т відповідно, такий високий рівень коефіцієнта водоспоживання обумовлений пошкодженням та пригніченням рослин нуту за використанням цих гербіцидів. Пошкодження рослин нуту гербіцидами такого типу призвело до вкрай низької урожайності 0,21–0,37 т/га, що зумовило стрімке зростання коефіцієнта водоспоживання.

Аналіз структури сумарного водоспоживання посівів нуту дозволяє зробити висновки, що максимальну кількість вологи на формування врожаю насіння посіви нуту отримали з опадів – 86,9–88,4%. Частка участі ґрунтових запасів у формуванні врожаю культури за природного зволоження була мінімальною та складала 11,6–13,1% (питома вага ґрунтової вологи з шару ґрунту 0–100 см).

Висновки. Проведені спостереження показали, що сумарне водоспоживання посівів культури змінюється в більшій мірі залежно від застосування препаратів гербіцидної дії. Строк внесення в даному випадку мав мінімальний вплив.

Найменше значення показника сумарного водоспоживання посівів нуту – 3412 м³/га визначено на посівах, де застосовували препарат Мерлін – 0,13 л/га одразу після сівби культури.

Максимальний середній показник сумарного водоспоживання в шарі ґрунту 0–100 см за використання гербіцидів – 3561 м³/га встановлено на варіантах досліджу, де застосовували препарат Стелс – 2,5 л/га до сівби культури.

На посівах, де не застосовували гербіциди (Контроль 1), спостерігали більше сумарне водоспоживання (3611 м³/га), ніж на ділянках Конт-

Таблиця 1 – Сумарне водоспоживання рослин нуту в шарі ґрунту 0-100 см залежно від факторів досліджу, м³/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А, гербіцид, л/га	Фактор В, строк внесення гербіциду	Середнє за 2019–2021 рр.	У середньому за фактором	
			А	В
Контроль 1 (без гербіцидів)		3611	3464	3471
				3458
Контроль 2 (ручне прополювання)		3526		
Стелс – 2,5	до сівби	3561		
	після сівби	3513		
Мерлін – 0,13	до сівби	3412		
	після сівби	3437		
Імі Віт – 1,0	до сівби	3441		
	після сівби	3425		

Таблиця 2 – Урожайність насіння та коефіцієнт водоспоживання рослин нуту в шарі ґрунту 0–100 см залежно від факторів досліду (середнє за 2019–2021 рр.)

Фактор А, гербицид, л/га	Фактор В, строк внесення гербициду	Урожайність насіння, т/га	Коефіцієнт водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання в середньому за фактором	
				А	В
Контроль 1 (без гербицидів)		0,28	12896	8805	9255 8355
Контроль 2 (ручне прополовання)		2,18	1617		
Стелс – 2,5	до сівби	0,37	9624		
	після сівби	0,41	8568		
Мерлін – 0,13	до сівби	1,94	1758		
	після сівби	2,14	1606		
Імі Віт – 1,0	до сівби	0,21	16385		
	після сівби	0,23	14891		
НІР ₀₅		0,024			

ролю 2 (ручне прополовання) – 3526 м³/га, що пояснюється чистими від бур'янів посівами та відповідно меншим використанням вологи сеgetальної рослинності.

Згідно з результатами досліджень, найменший коефіцієнт водоспоживання – (1606 м³/т) спостерігали на варіанті застосування гербициду Мерлін після сівби культури та ручному прополованні – 1617 м³/т.

На посівах нуту доцільно використовувати гербицид Мерлін, що мінімально ушкоджує рослини нуту, гарантує чистоту поля від сеgetальної рослинності та надає можливість отримувати урожайність 2,14 т/га без ручного прополовання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Камінський В. Ф. Значення зернових бобових культур та напрямки їх виробництва. *Селекція та насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 14–22.
2. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Ліссостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 5–17.
3. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 3-тє вид. Львів, 2010. С. 448–574.
4. Колояніді Н. О. Ефективність вирощування сортів нуту за рядкової та широкорядної сівби з використанням гербицидів. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. С. 64–69.
5. Шкатула Ю. М., Вотик В. О. Контролювання бур'янів в агроценозах нуту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 135–147.
6. Січкач В. І., Бушулян О. В. Технологія вирощування нуту в Україні. *Пропозиція*. 2001. № 10. С. 42–43.
7. Hama S. J. Correlation and path coefficient analysis for seed yield and yield components in chickpea under rainfed condition. *J. Kerbala Agric. Sci.* 2019. Vol. 6(1). P. 26–35.
8. Nizama J. R., Patel S. R., Patel A. L. Genetic variability and heritability among quantitative traits in

chickpea under tropical region. *Asian Reson.* 2013. Vol. 5(2). P. 45–48.

9. Zhang H., Pala M., Oweis T., Harris H. Water use and water use efficiency of chickpea in a Mediterranean environment. *Crop and Pasture Science*. 2000. № 51(2). P. 295–304. DOI:10.1071/AR990597.

10. Anwar M. R., McKenzie B. A., Hill G. D. Water-use efficiency and the effect of water deficits on crop growth and yield of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science*. 2003. № 141. P. 285–301. DOI: 10.1017/S0021859603003630.

11. Лавренко Н. М. Ефективність використання води посівами нуту залежно від технологічних прийомів вирощування за різних умов зволоження. *Корми і кормовиробництво*. 2014. № 79. С. 190–194.

12. Колояніді Н. О. Водоспоживання і запаси продуктивної вологи у посівах нуту залежно від прийомів вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 72. С. 25–28. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.6>.

13. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Прищепо М. М., Дробіт О. С. Особливості агротехнології нуту в богарних умовах Південного Степу України. *Аграрний тиждень*. 2018. № 9. С. 22.

14. Січкач В. І., Бушулян О. В. Технологія вирощування нуту в Україні. *Пропозиція*. 2001. № 10. С. 42–43.

15. Скитський В. Ю., Герасимова Ю. І. Аналіз колекції нуту для використання на підвищення технологічності при вирощуванні. *Генетичні ресурси рослин*. 2010. № 8. С. 40–45.

16. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Л.: НВФ "Українські технології", 2006. С. 271–326.

17. Нікішенко В. Л., Мальярчук М. П., Нетіс І. Т., Орлюк А. П., Коваленко А. М., Влащук А. М. Збирання зернових і зернобобових культур у 2008 році: Рекомендації. Херсон: Айлант, 2008. 16 с.

REFERENCES:

1. Kaminskyi, V.F. (2005). Znachennia zernovykh bobovykh kultur ta napriamky yikh vyrobnytstva [Importance of grain leguminous crops and directions of their production]. *Selektsiia ta nasynnytstvo – Breeding and seed production*, 90, 14–22 [in Ukrainian].
 2. Mazur, V.A., Didur, I.M., & Pantsyryeva, H.V. (2020). Obgruntuvannia adaptivnoi sortovoi tekhnologii vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Justification of the adaptive varietal technology of growing legumes in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 18, 5–17 [in Ukrainian].
 3. Lykhochvor, V.V. (2010). *Roslynnytstvo. Tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Technologies for growing agricultural crops]*. Lviv, 448–574 [in Ukrainian].
 4. Koloianidi, N.O. (2019). Efektyvnist vyroshchuvannia sortiv nutu za riadkovoї ta shyrokoriadnoi sivby z vykorystanniam herbicydiv [Effectiveness of growing chickpea varieties under row and wide row sowing with the use of herbicides]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald*, 109, 64–69 [in Ukrainian].
 5. Shkatula, Yu.M., & Votykh, V.O. (2020). Kontroliuvannia burianiv v ahrotsenozakh nutu [Weed control in chickpea agrocenoses]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 19, 135–147 [in Ukrainian].
 6. Sichkar, V. I., & Bushulian, O. V. (2001). Tekhnologhiia vyroshchuvannia nutu v Ukraini [Chickpea cultivation technology in Ukraine]. *Propozytsiia – Offer*, 10, 42–43 [in Ukrainian].
 7. Hama, S.J. (2019). Correlation and path coefficient analysis for seed yield and yield components in chickpea under rainfed condition. *J. Kerbala Agric. Sci.* Vol. 6(1). P. 26–35 [in English].
 8. Nizama, J.R., Patel, S.R., & Patel, A.L. (2013). Genetic variability and heritability among quantitative traits in chickpea under tropical region. *Asian Reson.* Vol. 5(2). P. 45–48 [in English].
 9. Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., & Harris, H. (2000). Water use and water use efficiency of chickpea in a Mediterranean environment. *Crop and Pasture Science*. № 51(2). P. 295–304. DOI:10.1071/AR990597 [in English].
 10. Anwar, M.R., McKenzie, B.A., & Hill, G.D. (2003). Water-use efficiency and the effect of water deficits on crop growth and yield of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science*. № 141. P. 285–301. DOI: 10.1017/S0021859603003630 [in English].
 11. Lavrenko, N.M. (2014). Efektyvnist vykorystannia vody posivamy nutu zalezno vid tekhnologichnykh pryiomiv vyroshchuvannia za riznykh umov zvolozhennia [The efficiency of water use by chickpea crops depending on the technological methods of cultivation under different conditions of moisture]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, 79, 190–194 [in Ukrainian].
 12. Koloianidi, N.O. (2019). Vodospozhyvannia i zapasy produktyvnoi volohy u posivakh nutu zalezno vid pryiomiv vyroshchuvannia [Water consumption and reserves of productive moisture in chickpea crops depending on cultivation methods]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 72, 25–28. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.6> [in Ukrainian].
 13. Vozhehova, R.A., Vlashchuk, A.M., Pryshchepo, M.M., & Drobit, O.S. (2018). Osoblyvosti ahrotekhnologii nutu v boharnykh umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Peculiarities of chickpea agrotechnology in rainy conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarnyi tyzhden. Ukraina – Agrarian week. Ukraine*, 9, 22 [in Ukrainian].
 14. Sichkar, V.I., & Bushulian, O.V. (2001). Tekhnologhiia vyroshchuvannia nutu v Ukraini [Chickpea cultivation technology in Ukraine]. *Propozytsiia – Offer*, 10, 42–43 [in Ukrainian].
 15. Skytskyi, V.Yu., & Herasymova, Yu.I. (2010). Analiz kolektsii nutu dlia vykorystannia na pidvyshchennia tekhnologichnosti pry vyroshchuvanni [Analysis of the collection of chickpeas for use in increasing the manufacturability during cultivation]. *Henetychni resursy roslyn – Genetic resources of plants*, 8, 40–45 [in Ukrainian].
 16. Lykhochvor, V.V., & Petrychenko, V.F. (2006). *Roslynnytstvo. Suchasni intensyvni tekhnologii vyroshchuvannia osnovnykh polovykh kultur [Planting. Modern intensive technologies of cultivation of the main field crops]*. Lviv: NVF "Ukrainski tekhnologii", 271–326 [in Ukrainian].
 17. Nikishenko, V.L., Maliarchuk, M.P., Netis, I.T., Orliuk, A.P., Kovalenko, A.M., & Vlashchuk, A.M. (2008). *Zbyrannia zernovykh i zernobobovykh kultur u 2008 rotsi [Harvesting of grain and leguminous crops in 2008]*. Kherison: Ailant, 16 [in Ukrainian].
- Вожегова Р.А., Пілярська О.О., Марченко Т.Ю., Влашук А.М., Дробіт О.С., Пілярський В.Г. Водоспоживання та урожайність посівів нуту залежно від застосування гербіцидів в умовах південного степу України**
- Мета.** З'ясувати особливості водоспоживання та витрати вологи на формування врожаю нуту залежно від гербіцидів та різних строків їх внесення. **Методи.** Польовий, вимірально-розрахунковий, порівняльний методи та математично-статистичний аналіз. **Результати.** За фактором гербіцид максимальний середній показник сумарного водоспоживання посівів нуту – 3611 м³/га встановлено на варіантах контролю 1 (без гербіцидів). Найменше значення даного показника – 3412 м³/га визначено на варіантах, де застосовували препарат Мерлін – 0,13 л/га до сівби культури. Спостереженнями виявлено, що найбільшу кількість вологи на формування одиниці врожаю з ґрунтових запасів використовували посіви, де гербіциди вносили до сівби. За фактором строк внесення гербіциду максимальне середнє значення показника сумарного водоспоживання встановлено за використанням препаратів гербіцидної до сівби нуту. Максимальний показник сумарного водоспоживання в середньому за 2019–2021 рр. за використання гербіцидів – 3561 м³/га встановлено на варіантах дослід, де застосовували препарат Стелс – 2,5 л/га до сівби культури. Що стосується варіантів Контролю, на посівах, де не застосовували гербіциди (Контроль 1), спостерігали більше сумарне водоспоживання – 3611 м³/га, ніж на ділянках Контролю 2 (ручне прополювання) – 3526 м³/га, що пояснюється чистими від бур'янів посівами та відповідно меншим використанням вологи. Високі середні показники коефіцієнта водоспоживання варіантів Контролю 1 (без гербіцидів) – 12896 м³/т та варіантів, де засто-

совували Стелс – 2,5 л/га і Імі Віт – 1,0 л/га, відповідно 9624 та 16385 м³/т, обумовлені низьким рівнем урожайності даних варіантів. **Висновки.** Проведені спостереження показали, що сумарне водоспоживання посівів культури змінюється більшою мірою залежно від застосування препаратів гербіцидної дії. Строк внесення в даному випадку мав мінімальний вплив. Найменше значення показника сумарного водоспоживання посівів нуту – 3412 м³/га визначено на посівах, де застосовували препарат Мерлін – 0,13 л/га одразу після сівби культури. Згідно з результатами досліджень, найменший коефіцієнт водоспоживання (1606 м³/т) спостерігали на варіанті застосування гербіциду Мерлін після сівби культури та ручному прополюванні – 1617 м³/т. На посівах нуту доцільно використовувати гербіцид Мерлін, що мінімально ушкоджує рослини нуту, гарантує чистоту поля від сегетальної рослинності та надає можливість отримувати урожайність 2,14 т/га без ручного прополювання.

Ключові слова: нут, гербіциди, строк внесення гербіциду, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, урожайність.

Vozhehova R.A., Piliarska O.O., Marchenko T.Yu., Vlashchuk A.M., Drobit O.S., Piliarskyi V.H. Water consumption and crop productivity of chickpea depending on herbicide application in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To determine the peculiarities of water consumption and moisture costs for chickpea yield formation depending on herbicides and different application times. **Methods.** Field, measurement-computational, comparative methods, and mathematical-statistical analysis. **Results.** The factor of herbicide revealed the maximum average total water consumption indicator for chickpea crops – 3611 м³/ha, established in the control variants 1 (without herbicides). The least value of this indicator – 3412 м³/ha was determined in variants where the Merlin preparation was applied – 0.13 l/ha before sowing. Observations revealed that

the highest amount of moisture for the formation of one unit of yield from soil reserves was used in crops where herbicides were applied before sowing. Regarding the factor of application timing, the maximum average value of the total water consumption indicator was established for the use of herbicides before chickpea sowing. The maximum total water consumption indicator, on average for 2019–2021, for herbicide use – 3561 м³/ha was established in the research variants where the Stels preparation – 2.5 l/ha was applied before sowing. As for the Control variants, in crops where no herbicides were applied (Control 1), more total water consumption was observed – 3611 м³/ha, compared to Control 2 plots (manual weeding) – 3526 м³/ha, which is explained by weed-free crops and accordingly, less water usage. High average indicators of the water consumption coefficient for Control variants 1 (without herbicides) – 12896 м³/t and variants where Stels – 2.5 l/ha and Imi Vit – 1.0 l/ha were applied, respectively 9624 and 16385 м³/t, are due to the low yield levels of these variants. **Conclusions.** The conducted observations showed that the total water consumption of crop cultivation changes to a greater extent depending on the application of herbicide preparations. The timing of application, in this case, had minimal influence. The minimum value of the total water consumption indicator for chickpea crops – 3412 м³/ha was determined in crops where the Merlin preparation – 0.13 l/ha was applied immediately after sowing. According to the research results, the lowest water consumption coefficient (1606 м³/t) was observed in the variant of using the Merlin herbicide after crop sowing and manual weeding 1617 м³/t. It is advisable to use the Merlin herbicide for chickpea crops, which minimally damages chickpea plants, guarantees field cleanliness from weed vegetation, and allows obtaining a yield of 2.14 t/ha without manual weeding.

Key words: chickpea, herbicides, herbicide application timing, total water consumption, water consumption coefficient, yield.

ВПЛИВ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ РОСЛИН НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ЇХ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5028-2048

Національна академія аграрних наук України

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

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-1241-8634

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Агротехнологічні заходи в умовах сьогодення не повною мірою забезпечують реалізацію врожайного потенціалу нових гібридів кукурудзи, що пов'язано невідповідністю багатьох елементів технології вирощування біологічним особливостям рослин та їх генетичним властивостям. Таке явище обумовлене недостатньою відповідністю технології вирощування біологічним особливостям нового покоління гібридів, що призводить до зниження рентабельності виробництва. За умов кліматичних змін відзначаються погіршення умов існування для рослин кукурудзи, які втрачають продуктивність і якість внаслідок негативного впливу посухи, дефіциту вологи, пошкодження шкідниками і збудниками хвороб [1]. Вагоме агротехнічне значення при вирощуванні кукурудзи, як і багатьох інших агрокультур, має формування оптимальних параметрів систем удобрення та захисту рослин, як потужних чинників протидії стрес-факторам [2].

Важливе значення при вирощуванні кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних зонах є протидія патогенним мікроорганізмам та шкідникам, які знижують врожайність, погіршують якість зерна, негативно впливають на економічність ефективності зерновиробництва. Тому актуальним науковим і практичним питанням є розробка біологізованих технологій вирощування кукурудзи, які мають достатньо високий рівень економічної ефективності, проте характеризуються мінімальним впливом на довкілля, оскільки базуються на природних механізмах впливу на агроєкосистеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах змін клімату та застосування інтенсивних технологій ведення агровиробництва, порушення сівозмін та незбалансованого внесення мінеральних добрив зріс тиск шкідників та хвороб на агроєкосистеми, а також рівні потенційної засміченості орного шару ґрунту бур'янами [3]. За даними ФАО, щорічні втрати врожаю від комах, бур'янів та хвороб оцінюються в межах 20–40% подібно до тих, що були 50 років тому [4].

Зміни клімату вносять певні корективи у напрямки погіршення фітосанітарного стану посівів кукурудзи.

А саме, погодні умови зумовлюють збільшення кількості патогенів і шкідників, скорочення інтервалу їх розвитку та зростання чисельності поколінь [5].

В інтенсивному землеробстві з прогресивним розвитком агрохімічної промисловості вже тривалий час домінує хімічний метод захисту агрокультури із використанням пестицидів [6].

Агровиробникам в умовах сьогодення для боротьби з шкідниками та хворобами рослин, грибного і бактеріального походження, пропонується значний асортимент хімічних протруйників насіння, які входять до переліку дозволених агрохімікатів та пестицидів в Україні. Переважна більшість сучасних хімічних протруйників усуває проблему поширення хвороб та шкідників, але призводить до погіршення екологічного стану агроєкосистем. Тому дедалі більшого поширення в агротехнологіях під час вирощування зернових культур набуває біологічний метод захисту, що ґрунтується на використанні живих мікроорганізмів та продуктів їх метаболізму [7, 8].

Захист рослин від хвороб, що викликаються різними патогенними мікроорганізмами, є економічно та соціально важливою проблемою; втрати в рослинництві сягають 20% врожаю в різних частинах світу. Використання хімічних пестицидів є основним методом захисту рослин. Однак хімічні препарати мають низку серйозних недоліків. Біопрепарати для захисту рослин нині починають використовуватись більш інтенсивно. Найбільші світові хімічні компанії BASF, Bayer і Syngenta проявляють великий інтерес до ринку препаратів біологічного контролю. За експертними даними, вартість ринку із біологічними препаратами до 2025 р. перевищить 1 млрд дол. США. Пестициди, засновані на мікроорганізмах та їх продуктах, довели свою високу ефективність, видоспецифічність і екологічність, що зумовило до впровадження їх у стратегії боротьби зі шкідниками в усьому світі. Ринок мікробних біопрепаратів становить близько 90% від загального обсягу біопестицидів, і має широкі можливості для подальшого розвитку в сільському господарстві [9–11].

Матеріали та методи. Дослідження проводили у 2017–2019 рр. на дослідному полі Інституту зро-

шуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Фактор А досліджував різні групи стиглості гібридів кукурудзи Степовий (FAO 190), Скадовський (FAO 290), Інгульський (FAO 350), Чонгар (FAO 420), Арабат (FAO 430) селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Фактор В – система захисту: контроль, обробка водою; біологічна; хімічна; інтегрована. Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для зрошуваних умов і відповідала вимогам технології виробництва кукурудзи для агроекологічних умов степової зони України.

Іншур® Перформ – перший двокомпонентний фунгіцидний протруйник насіння зернових культур широкого спектру дії, що містить стробілурин, з ефективним контролем хвороб і яскраво вираженим фізіологічним ефектом AgCelence®. Група ЗЗР – Протруйники. Виробник BASF. Діюча речовина: Піраклостробін, 40 г/л, Тритіконазол, 80 г/л. Препаративна форма – текучий концентрат для обробки насіння (т.н). Хімічна група: стробілурини, триазоли. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Інсектицид Канонір Дуо – контакт-системний препарат, який захищає культурні рослини від багатьох видів комах-шкідників. Група ЗЗР – інсектицид. Діюча речовина: Імідаклопрід, 300 г/л, Лямбда-цигалотрин, 100 г/л. Препаративна форма – концентрована суспензія. Хімічна група: неонікотиноїди і піретроїди. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – II.

Харнес (ацетохлор, 2,0 л/га) – селективний досходовий ґрунтовий гербіцид для застосування на посівах кукурудзи, засіб боротьби з однорічними злаковими бур'янами. Група ЗЗР – гербіцид. Діюча речовина: ацетохлор 900 г/л. Хімічний група: хлорацетаніліди. Препаративна форма – концентрована емульсія. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Мілагро (нікосульфурон, 1,0 л/га) – гербіцид для кукурудзи. Група ЗЗР – гербіцид. Вміст діючої речовини: 40 г/л Нікосульфурон. Хімічна група: Сульфонілсечовини. Препаративна форма: Концентрат суспензії. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Біологічний інсекто-фунгіцид Гуапсін, 150 мл (Гаупсін) – біологічний інсекто-фунгіцидний препарат для захисту рослин від грибних захворювань

і шкідників. Склад: водна суспензія штамів бактерії *Pseudomonas aureofaciens* B-111 (IBM B-7096) і *Pseudomonas aureofaciens* B-306 (IBM B-7097), продукти їх метаболізму, стартові дози макроелементів (N, P, K). Захищає рослини як фунгіцид від кореневих та листових хвороб, і як інсектицид від комах-шкідників; стимулює ріст кореневої системи і покращує живлення рослин; збільшує стійкість культур до заморозків і посухи; не викликає резистентності патогенів; збільшує врожайність. Строки обробки: I фаза – обробка насіння, II фаза – кушніня, III фаза – вихід в трубку.

Мета – дослідити вплив систем захисту рослин на продуктивність гібридів кукурудзи за їх вирощування в умовах зрошення півдня України.

Результати досліджень. Висота рослин залежить від біологічних особливостей рослин та умов їх вирощування. Відсутність вологи в ґрунті і високі температури знижують як висоту рослин, так і висоту прикріплення качанів [12].

Крім того, висота рослин має суттєвий вплив на стійкість рослин кукурудзи до вилягання. Висота рослин має слабку від'ємну залежність із ступенем ураження стебловими гнилями (хоча і доволі низький), проте встановлено позитивний зв'язок вилягання рослин і висоти прикріплення качана, що необхідно враховувати при розробці оптимальної моделі гібриду. Вочевидь, переміщення центру ваги рослин вище від поверхні ґрунту у генотипів з високим розташуванням качанів призводить до зменшення механіки зламу стебла унаслідок хвороб та пошкоджень. Висота рослин залежить від біологічних особливостей рослин та умов їх вирощування [13].

Досліджувані чинники значною мірою вплинули на лінійний ріст рослин кукурудзи у висоту (табл. 1).

Цей показник сягнув 258,3 см у гібриду Чонгар (FAO 420) за використання інтегрованого захисту рослин. У варіанті з гібридом Степовий (FAO 180) за відсутності захисту рослин з їх обробкою лише чистою водою висота рослин істотно, в 1,4 рази зменшилася (до 184,2 см).

В середньому по першому досліджуваному фактору (А – гібрид) встановлено, що мінімальна висота рослин була сформована гібридом Степовий (FAO 180) – вона склала, в середньому

Таблиця 1 – Висота рослин кукурудзи залежно від гібридного складу та захисту рослин, см (середнє за 2017–2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Система захисту (фактор В)				Середнє по фактору А
	Контроль (обробка водою)	біологічна	хімічна	інтегрована	
Степовий (FAO 180)	184,2	196,4	204,5	212,1	200,9
Скадовський (FAO 290)	204,3	212,6	219,6	231,9	218,4
Інгульський (FAO 350)	216,5	224,3	244,4	247,6	235,8
Чонгар (FAO 420)	221,6	239,7	246,3	251,4	240,1
Арабат (FAO 430)	232,5	251,3	250,7	258,3	249,9
Середнє по фактору В	212,1	226,3	235,5	242,3	229,2

НІР₀₅ часткових відмінностей, см: А – 3,2; В – 2,8
головних ефектів, см: А – 2,6; В – 2,2

по цьому фактору, 200,9 см. У гібридів Скадовський (ФАО 290), Інгульський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420) зафіксовано стале зростання даного показника на 8,7–20,3%. Максимальну середньо-факторіальну висоту одержали у варіанті з гібридом Арабат (ФАО 430) – 249,9 см, що було більше за гібрид Степовий (ФАО 180) на 24,6%, а за інші гібриди – на 3,8–14,9%.

За другим досліджуваним фактором (В – захист рослин) спостерігали зростання висоти рослин, у середньому, до 242,3 см, що було більше за контроль на 13,4%, а за біологічний і хімічний захист – на 10,0 і 6,1%, відповідно. Між варіантами біологічного й хімічного захисту різниця була несуттєвою – лише 3,7%.

Площа листової поверхні (табл. 2) також мали суттєві відмінності, як за гібридним складом, так і за варіантами захисту рослин, проте в цілому ці закономірності відображали тенденції, що були виявлені відносно висоти рослин кукурудзи.

Мінімальна площа листя 25,0–25,9 тис. м²/га сформувалась на гібриді Степовий (ФАО 180) у першому, другому та третьому варіантах фактора В (контроль, біологічний та хімічний захист рослин), а також на контрольних ділянках (без захисту рослин) гібриду Скадовський (ФАО 290). Досліджуваний показник підвищився в 1,7–1,8 рази (до 45,3 тис. м²/га) на ділянках, де висівали гібрид Чонгар (ФАО 420) та дотримували інтегровану систему захисту рослин.

За гібридним складом, у середньому по фактору А, максимальний рівень площі листової поверхні забезпечили гібриди кукурудзи Чонгар (ФАО 420) та Арабат (ФАО 430) де вона склала, в середньому, 40,5–42,4 тис. м²/га. Найменшу площу листя мав гібрид Степовий (ФАО 180) – 28,5 тис. м²/га. Зауважимо, що на ділянках з цим гібридом листкова площа була менша на 14,2–48,8%, порівняно з іншими гібридами, що свідчить про чіткий вплив групи стиглості гібридів на формування даного показника. В середньому по ранньо- та середньоранньої групи стиглості та середньо- та пізньостиглої різниця у листовій площі посівів склала 32,1%, відповідно 30,5 і 40,3 тис. м²/га.

Захист рослин сприяв сталому підвищенню площі асиміляційної поверхні, особливо у варіан-

тах з хімічним та інтегрованим захистом рослин. У контрольному варіанті (без захисту) він склав, у середньому, 33,3 тис. м²/га. У варіантах з біологічним, хімічним та інтегрованим захистом зафіксовано його суттєве підвищення на 8,6; 11,7; 16,7%, відповідно.

Інтенсифікація вирощування кукурудзи повинна супроводжуватися одночасно, як обґрунтованим зростанням енерговитрат, так і підвищенням врожайності зерна з невисокою вологістю на час збирання. При цьому слід шукати економічно та екологічно обґрунтований компроміс.

Це можливе за умов впровадження швидко дозріваючих і високоврожайних гібридів, оптимізації захисту рослин, інтегровані системи якого забезпечують збереження листової поверхні, інтенсифікації фотосинтезу та підвищують вологовіддачу зерна під час передзбирального дозрівання. Такий напрям виробництва зерна кукурудзи на поливних землях півдня України в сучасних економічних умовах має відмічені та інші практичні переваги, тому є найперспективнішим.

Сучасні вітчизняні гібриди кукурудзи здатні забезпечити в зрошуваних умовах півдня України високі та сталі врожаї зерна, проте його виробництво зазнає великих коливань. Тому створення нових й удосконалення існуючих елементів науково обґрунтованої інноваційної технології вирощування кукурудзи на поливних землях півдня України, дослідження дії та взаємодії захисту рослин, обробітку ґрунту, норм мінеральних добрив, режимів зрошення є чинниками, що найбільш суттєво впливають на продуктивність кукурудзи та родючість ґрунту. Дослід щодо вивчення впливу систем захисту рослин дає змогу відповісти на два основних запитання: перше – які гібриди найбільш пристосовані для умов зрошення півдня України; друге – які системи захисту рослин (біологічна, хімічна, інтегрована) є оптимальною для гібридів досліджуваної культури різних груп ФАО при їх вирощуванні на зрошуваних землях.

Враховуючи сприятливі погодні умови 2018 р. визначено, що найбільшу продуктивність забезпечує пізньостиглий гібрид кукурудзи Арабат (ФАО 430) за хімічної та інтегрованої системи захисту рослин – в межах 12,57–12,94 т/га. Мінімальна зернова

Таблиця 2 – Площа листової поверхні гібридів кукурудзи залежно від захисту рослин, тис. м²/га (середнє за 2017–2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Система захисту (фактор В)				Середнє по фактору А
	Контроль (обробка водою)	біологічна	хімічна	інтегрована	
Степовий (ФАО 180)	25,0	29,2	28,5	31,3	28,5
Скадовський (ФАО 290)	28,8	33,0	33,1	35,2	32,5
Інгульський (ФАО 350)	35,5	36,7	39,6	40,2	38,0
Чонгар (ФАО 420)	38,3	40,1	41,2	42,3	40,5
Арабат (ФАО 430)	38,9	41,9	43,4	45,3	42,4
Середнє по фактору В	33,3	36,2	37,2	38,9	36,4
НІР ₀₅ часткових відмінностей, тис. м ² /га: А – 0,75; В – 0,63 головних ефектів, тис. м ² /га: А – 0,59; В – 0,48					

Таблиця 3 – Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від системи захисту рослин при зрошенні, т/га (середнє за 2017–2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Система захисту (фактор В)				Середнє по фактору А
	Контроль (обробка водою)	біологічна	хімічна	інтегрована	
Степовий (ФАО 180)	5,43	6,39	6,25	6,87	6,23
Скадовський (ФАО 290)	6,30	6,88	7,28	7,77	7,06
Інгульський (ФАО 350)	8,38	8,67	9,39	9,53	8,99
Чонгар (ФАО 420)	9,05	9,33	9,51	10,12	9,50
Арабат (ФАО 430)	9,41	10,15	10,54	11,12	10,31
Середнє по фактору В	7,72	8,28	8,59	9,08	8,42
НІР ₀₅ часткових відмінностей, т/га: А – 0,23; В – 19 головних ефектів, т/га: А – 0,12; В – 0,08					

продуктивність рослин кукурудзи – 4,73 т/га, зафіксована у посушливому 2019 р. за вирощування ранньостиглого гібриду Степовий (ФАО 180) без використання засобів захисту рослин (контроль з обробкою чистою водою).

У середньому за роки проведення досліджень, стосовно впливу систем захисту рослин на продуктивність різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи при зрошенні в умовах півдня України доведено, що гібриди всіх досліджуваних груп стиглості – від ранньої до середньої і пізньої, забезпечували максимальну врожайність зерна за дотримання інтегрованого захисту рослин (табл. 3).

По окремих гібридах (Степовий (ФАО 180), Скадовський (ФАО 290)) використання біологічного захисту рослин істотно підвищувало урожайність зерна на 7,9–14,3%, а по першому досліджуваному гібриду біологічний захист рослин (урожайність 6,39 т/га) виявився більш ефективним, ніж хімічний (урожайність 6,25 т/га).

Середньопізній гібрид Інгульський (ФАО 350) також суттєво підвищив урожайність зерна на 2,66 т/га з дотриманням інтегрованого захисту рослин при порівнянні його з гібридом Скадовський (ФАО 290). Стосовно гібриду Чонгар (ФАО 420), то в середньому за роки досліджень, урожайність зерна у контрольному варіанті та при біологічному захисті, практично, однаковою і становила 9,05 та 9,33 т/га, відповідно.

Слід відзначити, що гібриди ранньої і середньоранньої груп стиглості (Степовий ФАО 180, Скадовський ФАО 290), а також середньостиглої (Інгульський ФАО 350) і середньопізньої (Чонгар ФАО 420) гібриди, практично не знижували врожайності зерна під впливом досліджуваних систем захисту рослин, особливо хімічного захисту.

На ділянках з пізньостиглим гібридом Арабат (ФАО 430) дотримання інтегрованого захисту рослин призвело до суттєвого зростання врожайності зерна порівняно з необробленим контролем на 33,8% (до 11,12 т/га). Встановлено, що серед досліджуваних у польових дослідках гібридів кукурудзи при зрошенні, в середньому по фактору А найбільш високу врожайність (9,50–10,31 т/га) формують

гібриди середньопізньої та пізньої групи Чонгар (ФАО 420), Арабат (ФАО 430).

Висновки. Найменша висота рослин була сформована гібридом Степовий (ФАО 180) – вона склала в середньому по цьому фактору 200,9 см. У гібридів Скадовський (ФАО 290), Інгульський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420) зафіксовано стале зростання даного показника на 8,7–20,3%. Максимальну середньофакторіальну висоту одержали у варіанті з гібридом Арабат (ФАО 430) – 249,9 см, що було більше за гібрид Степовий (ФАО 180) на 24,6%, а за інші гібриди – на 3,8–14,9%.

Мінімальна площа листя 25,0–25,9 тис. м²/га сформувалась на гібриді Степовий (ФАО 180) у першому, другому та третьому варіантах фактору В, (контроль без захисту, біологічний та хімічний захист рослин), а також на контрольних ділянках (без захисту рослин) гібриду Скадовський (ФАО 290). Досліджуваний показник підвищився в 1,7–1,8 рази (до 45,3 тис. м²/га) на ділянках, де висівали гібрид Арабат (ФАО 430) та дотримували інтегровану систему захисту рослин.

Мінімальна зернова продуктивність (4,73 т/га) проявилась у більш посушливому 2019 р. за вирощування гібриду Степовий (ФАО 180) у контрольному варіанті фактору В. У середньому за роки проведення досліджень встановлено, що гібриди ранньої, середньоранньої і середньої груп стиглості, забезпечували максимальну врожайність зерна за дотримання інтегрованого захисту рослин. По окремих гібридах Степовий (ФАО 180), Скадовський (ФАО 290) використання біологічного захисту рослин істотно підвищувало урожайність зерна на 7,9–14,3%. Середньостиглий гібрид Інгульський (ФАО 350) також суттєво підвищив урожайність зерна на 2,66 т/га з дотриманням інтегрованого захисту рослин при порівнянні його з гібридом Степовий (ФАО 180). Стосовно гібриду Чонгар (ФАО 420), то в середньому за роки досліджень, урожайність зерна у контрольному варіанті та при біологічному захисті, практично була однаковою і становила 9,05 та 9,33 т/га відповідно. Максимальну врожайність зерна на рівні 9,50–10,31 т/га сформували середньопізні гібриди Чонгар (ФАО 420) та Арабат (ФАО 430).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vozhehova R., Marchenko T., Lavrynenko Y., Piliarska O., Sharii V., Borovik V. et al. Models of quantitative assessment of the influence of elements of technology on seed yield of parental components of maize hybrids under irrigation conditions. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. 66, Iss.1. P. 623–630.

2. Marchenko T., Vozhehova R., Lavrynenko Y., Zabara P. Biometric Indicators of lines – parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Plant Breeding and Seed Production*. 2021. № 119. C. 135–146. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237140>.

3. O'Shaughnessy S. A., Kim M., Andrade M. A., Colaizzi P. D., Evett S. R. Response of drought-tolerant corn to varying irrigation levels in the Texas. *High Plains Trans. ASABE*. 2019. Vol. 62(5). P. 1365–1375.

4. Harrison M. T., Tardieu F., Dong Z., Messina C. D., Hammer G. L. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Glob. Change Biol.* 2014. Vol. 20(3). P. 867–878.

5. Gadzalo Ya. M., Kaminsky V. F., Saiko V. F. Crop rotations in agriculture of Ukraine. *Agriculture*. Inter-departmental thematic scientific collection. K.: ECMO, 2015. V. 1. p. 38–46.

6. Трибель С., Стригун О. Ризики для кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 3(226). С. 22–23.

7. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76–80.

8. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 74–75.

9. Luna-Vital D., Corteza R., Ongkowiyojo P., Gonzalez de Mejia E. Protection of colour and chemical degradation of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.) by zinc ions and alginate through chemical interaction in a beverage model. *Food Research International*. 2018. Vol. 105. P. 169–177.

10. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві: підручник. Вінниця, 2017. 588 с.

11. Соколік С. П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168–176.

12. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Базалій В. В. Прояв і мінливість біометричних ознак у ліній-батьківських компонентів та гібридів кукурудзи за використання різних генетичних плазм під час зрошення. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2021. № 29. С. 29–34. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v29.1402>.

13. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пільська О. О., Забара П. П. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп FAO залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2021.8.14>.

of quantitative assessment of the influence of elements of technology on seed yield of parental components of maize hybrids under irrigation conditions. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Vol. 66, Iss. 1. P. 623–630

2. Marchenko, T., Vozhehova, R., Lavrynenko, Y., Zabara, P. (2021). Biometric Indicators of lines – parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Plant Breeding and Seed Production*. № 119. C. 135–146. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237140>

3. O'Shaughnessy, S.A., Kim, M., Andrade, M.A., Colaizzi, P.D., Evett, S.R. (2019). Response of drought-tolerant corn to varying irrigation levels in the Texas. *High Plains Trans. ASABE*. Vol. 62(5). P. 1365–1375

4. Harrison, M.T., Tardieu, F., Dong, Z., Messina, C.D., & Hammer, G.L. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Glob. Change Biol.* Vol. 20(3). P. 867–878

5. Gadzalo, Ya.M., Kaminsky, V.F., & Saiko, V.F. (2015). Crop rotations in agriculture of Ukraine. *Agriculture*. Inter-departmental thematic scientific collection. K.: ECMO, V. 1. p. 38–46

6. Trybel, S., & Stryhun, O. (2012). Ryzky dla kukurudzy [Risks for corn]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 3(226), 22–23 [in Ukrainian].

7. Cherchel, V., Dziubetskyi, V., & Marochko, V. (2014). Adaptivni vlastyvoli kukurudzy [Adaptive properties of corn]. *Propozytsiya – Offer*, 3, 76–80 [in Ukrainian].

8. Barchukova, A., & Kovalenko, O. (2013). Kukurudza bez stresiv [Corn without stress]. *Propozytsiya – Offer*, 5, 74–75 [in Ukrainian].

9. Luna-Vital, D., Corteza, R., Ongkowiyojo, P., & Gonzalez de Mejia, E. (2018). Protection of colour and chemical degradation of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.) by zinc ions and alginate through chemical interaction in a beverage model. *Food Research International*. Vol. 105. P. 169–177

10. Mazur, V.A., Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., & Palamarchuk, O.D. (2017). *Novitni ahrotekhnologii u roslynyntsvi [The latest agricultural technologies in crop production]*. Vinnytsia, 588 [in Ukrainian].

11. Sokolik, S.P. (2016). Perspektivy vykorystannia kukurudzy na zerno v yakosti biopalyva [Prospects of using corn for grain as biofuel]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 173, 168–176 [in Ukrainian].

12. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., & Bazalii, V.V. (2021). Proiv i minlyvist biometrychnykh oznak u linii-batkyvskykh komponentiv ta hibrydiv kukurudzy za vykorystannia riznykh henetychnykh plazm pid chas zroshennia [Manifestation and variability of biometric traits in lines-parental components and hybrids of corn under the use of different genetic plasmas during irrigation]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv Factors of experimental evolution of organisms*, 29, 29–34. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v29.1402> [in Ukrainian].

13. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Piliarska, O.O., & Zabara, P.P. (2021). Morfolohichni pokaznyky hibrydiv kukurudzy riznykh hrup

REFERENCES:

1. Vozhehova, R., Marchenko, T., Lavrynenko, Y., Piliarska, O., & Sharii, V., Borovik, V. et al. (2023). Models

FAO залежно від елементів технології за умов зрошення [Morphological indicators of corn hybrids of different FAO groups depending on the elements of technology under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 8, 91–99. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14> [in Ukrainian].

Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Вплив системи захисту рослин на продуктивність гібридів кукурудзи за їх вирощування в умовах зрошення півдня України

Мета дослідити вплив систем захисту рослин на продуктивність гібридів кукурудзи за їх вирощування в умовах зрошення півдня України. **Методи.** Застосовано сукупність загальнонаукових методів і підходів емпіричного та теоретичного пізнання: абстрактно-логічний, статистичний, моделювання, узагальнення; трифакторний польовий дослід. **Результати досліджень.** Максимальну середньофакторіальну висоту одержали у варіанті з гібридом Арабат (FAO 430) – 249,9 см, що було більше за гібрид Степовий (FAO 180) на 24,6%, а за інші гібриди – на 3,8–14,9%. За другим досліджуваним фактором (B – захист рослин) спостерігали зростання висоти рослин у середньому до 242,3 см, що було більше за контроль на 13,4%, а за біологічний і хімічний захист – на 10,0 і 6,1%, відповідно. Максимальний рівень площі листової поверхні забезпечили гібриди кукурудзи Чонгар (FAO 420) та Арабат (FAO 430), де вона склала, в середньому, 40,5–42,4 тис. м²/га. Захист рослин сприяв сталому підвищенню площі асиміляційної поверхні, особливо у варіантах з хімічним та інтегрованим захистом рослин. У контрольному варіанті (без захисту) він склав у середньому 33,3 тис. м²/га. У варіантах з біологічним, хімічним та інтегрованим захистом зафіксовано його суттєве підвищення на 8,6; 11,7; 16,7%, відповідно. Середньопізній гібрид Інгульський (FAO 350) суттєво підвищив урожайність зерна на 2,66 т/га з дотриманням інтегрованого захисту рослин при порівнянні його з гібридом Скадовський (FAO 290). У гібриду Чонгар (FAO 420) в середньому за роки досліджень урожайність зерна у контрольному варіанті та при біологічному захисті була практично однаковою і становила 9,05 та 9,33 т/га, відповідно. Гібриди ранньої і середньоранньої груп стиглості (Степовий FAO 180, Скадовський FAO 290), а також середньостиглої (Інгульський FAO 350) і середньопізньої (Чонгар FAO 420) практично не знижували врожайності зерна під впливом досліджуваних систем захисту рослин, особливо хімічного захисту. На ділянках з пізньостиглим гібридом Арабат (FAO 430) дотримання інтегрованого захисту рослин призвело до суттєвого зростання врожайності зерна порівняно з необробленим контролем на 33,8% (до 11,12 т/га). **Висновки.** Максимальну середньофакторіальну висоту одержали у варіанті з гібридом Арабат (FAO 430) – 249,9 см, що було більше за гібрид Степовий (FAO 180) на 24,6%, а за інші гібриди – на 3,8–14,9%. Площа листя підвищилася в 1,7–1,8 рази (до 45,3 тис. м²/га) на ділянках, де висівали гібрид Арабат (FAO 430) та дотримували інтегровану систему захисту рослин. У середньому за роки проведення досліджень встановлено, що гібриди ранньої, середньоранньої і середньої груп стиглості, забезпечували максимальну врожайність зерна за дотримання інтегрованого захисту рослин. По окремих гібридах Степовий

(FAO 180), Скадовський (FAO 290) використання біологічного захисту рослин істотно підвищувало урожайність зерна на 7,9–14,3%. Середньостиглий гібрид Інгульський (FAO 350) також суттєво підвищив урожайність зерна на 2,66 т/га з дотриманням інтегрованого захисту рослин при порівнянні його з гібридом Степовий (FAO 180). Максимальну врожайність зерна на рівні 9,50–10,31 т/га сформували середньопізні гібриди Чонгар (FAO 420) та Арабат (FAO 430).

Ключові слова: гібриди кукурудзи, висота рослини, площа листя, урожайність, системи захисту, біологічний, хімічний, інтегрований.

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. The influence of the plant protection system on the productivity of corn hybrids when grown under irrigation conditions in the south of Ukraine

The purpose of the article to investigate the effect of plant protection systems on the productivity of corn hybrids when grown under irrigation conditions in the south of Ukraine. **Research methods.** A set of general scientific methods and approaches of empirical and theoretical knowledge is applied: abstract-logical, statistical, modeling, generalization; three-factor field experiment. **Research results.** The maximum average factorial height was obtained in the variant with the Arabat hybrid (FAO 430) – 249.9 cm, which was 24.6% more than the Stepovy hybrid (FAO 180), and 3.8–14.9% more than the other hybrids. According to the second studied factor (B – plant protection), the growth of plant height was observed, on average, up to 242.3 cm, which was 13.4% more than the control, and 10.0 and 6.1% for biological and chemical protection, respectively. The maximum level of leaf surface area was provided by Chongar (FAO 420) and Arabat (FAO 430) corn hybrids, where it was, on average, 40.5–42.4 thousand m²/ha. Plant protection contributed to a steady increase in the assimilation surface area, especially in variants with chemical and integrated plant protection. In the control variant (without protection), it was, on average, 33.3 thousand m²/ha. In variants with biological, chemical and integrated protection, its significant increase by 8.6 was recorded; 11.7; 16.7%, respectively. The mid-late hybrid Ingulsky (FAO 350) significantly increased grain yield by 2.66 t/ha with compliance with integrated plant protection when comparing it with the Skadovsky hybrid (FAO 290). In the Chongar hybrid (FAO 420), on average over the years of research, the grain yield in the control variant and with biological protection was practically the same and amounted to 9.05 and 9.33 t/ha, respectively. Hybrids of early and mid-early maturity groups (Stepovy FAO 180, Skadovsky FAO 290), as well as mid-ripening (Ingul FAO 350) and mid-late (Chongar FAO 420) hybrids, practically did not reduce grain yield under the influence of the studied plant protection systems, especially chemical protection. In areas with late-ripening Arabat hybrid (FAO 430), compliance with integrated plant protection led to a significant increase in grain yield compared to the untreated control by 33.8% (up to 11.12 t/ha). **Conclusions.** The maximum average factorial height was obtained in the variant with the Arabat hybrid (FAO 430) – 249.9 cm, which was 24.6% more than the Stepovy hybrid (FAO 180), and 3.8–14.9% more than the other hybrids. The leaf area increased by 1.7–1.8 times (up to 45.3 thousand m²/ha) in the areas where Arabat hybrid (FAO 430) was sown and an integrated plant protection system was

followed. On average, over the years of research, it was found that hybrids of early, mid-early and mid-ripening groups ensured the maximum grain yield in compliance with integrated plant protection. For individual hybrids Stepovy (FAO 180), Skadovsky (FAO 290), the use of biological plant protection significantly increased grain yield by 7.9–14.3%. The medium-ripe Ingul hybrid (FAO 350) also significantly increased the grain

yield by 2.66 t/ha with compliance with integrated plant protection when compared with the Stepovy hybrid (FAO 180). The maximum grain yield at the level of 9.50–10.31 t/ha was formed by mid-late hybrids Chongar (FAO 420) and Arabat (FAO 430).

Key words: corn hybrids, plant height, leaf area, productivity, protection systems, biological, chemical, integrated.

СОРТ ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

ДРОЗДА О.В. – аспірант
orcid.org/0009-0009-6697-4506

Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. В умовах сучасного інтенсивного землеробства сорт являється одним з основних факторів отримання стабільних та високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури. Глобальні зміни клімату, які в останні десятиріччя спостерігаються в Україні, вимагають якісно нових підходів до створення сортів сільськогосподарських культур. У сучасній селекційній роботі на перше місце виходить рівень адаптивного потенціалу сорту, його можливість пристосуватись до різних змін метеорологічних факторів. Швидкість зміни кліматичних умов навколишнього середовища перевищує темпи формування біоценотичних систем, що в свою чергу призводить до недобору сільськогосподарської продукції за рахунок недостатньої стійкості сортів до абіотичних факторів, появи шкідників, хвороб.

Проблема оптимізації взаємозв'язку між генотипом сорту культури і ґрунтово-кліматичними умовами регіону давно науково обґрунтована, проте й досі залишається повністю не вивченою. Причиною цього є непередбачуваність впливу абіотичних факторів конкретного року на вегетацію рослин сої. Цю взаємозалежність вітчизняні і зарубіжні науковці вирішують двома паралельними шляхами: селекційно-генетичним і технологічним [1, 2]. Тому існує необхідність більш детального вивчення цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Однією із важливих складових одержання високих урожаїв є сорт. Він стає однією із передумов отримання високого урожаю необхідної якості будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема сої.

Сорт – це група схожих за господарсько-біологічними властивостями й морфологічними ознаками культурних рослини відібраних і розмножених для вирощування у відповідних природних та виробничих умовах з метою підвищення врожаю та якості продукції. Значення сорту оцінено в численних наукових працях. Вчені всього світу висловлюють однакову думку про те, що сорт відіграє велику позитивну роль у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, але відсоток цього підвищення різний [3].

Сортові ресурси є одним із головних пріоритетів держави. Вони являють собою продукт діяльності частини суспільства – генетиків, селекціонерів, фізіологів, біохіміків, економістів, екологів і сортовипробувачів.

За результатами досліджень ряду селекціонерів, сорт потрібно розглядати як збалансовану систему прояву окремих показників та ознак, які тісно пов'язані між собою. Зменшення або збіль-

шення одного з них призводить до суттєвої зміни інших показників. Загальна продуктивність рослин залежить від оптимального поєднання господарсько-цінних ознак в одному сорті. Сорт значною мірою визначає рівень урожайності культури, якість насіння та ефективність виробництва. Сьогодні сорт є найдоступнішим і найдешевшим засобом підвищення урожайності сільськогосподарських культур [4].

А. О. Бабич відмічав, що велике значення у підвищенні врожайності та поліпшенні якості насіння сої має підбір сорту [5].

За результатами світових і вітчизняних наукових досліджень встановлено, що частка сорту за останні 30–50 років складає від 25 до 50 % у загальному рості врожайності зернових і зернобобових культур [6, 7].

Слід відмітити, що за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, потенціал генотипу рослини за продуктивністю може реалізуватися тільки на 40–60 %, а в окремі роки навіть менше [8]. Найістотніший вплив на ріст, розвиток і формування врожайності сільськогосподарських культур спричиняють ґрунтові умови, тривалість світлового дня, забезпеченість теплом та фотосинтетично-активною сонячною радіацією (ФАР). Ці абіотичні фактори, як зазначав В. Р. Вільямс, – сильніші за економіку, техніку і технологію. Лише на 5 % території планети спостерігається оптимальне співвідношення факторів росту і розвитку більшості культурних рослин, а на решті її території, вирощування сільськогосподарських культур лімітується дією одного або кількох із них. Саме тому природні й штучні агрофітоценози пристосовані лише до певних ґрунтово-кліматичних поясів [9].

Поряд з цим технологічний напрям вирощування сої повинен передбачати вивчення і розробку таких елементів технології, які дозволять зменшити стресовий вплив та підсилити позитивну дію абіотичних факторів на рослинний організм [10].

Отже, з вищевикладеного можна відмітити, що найбільш повна реалізація генетичного потенціалу сорту може бути досягнута тільки за спрямованого його вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та його реакції на елементи технології вирощування.

Мета. Провести аналіз виробництва сої в Україні та визначити важливість сорту як фактору в технології вирощування культури.

Результати досліджень. В сучасних умовах зміни клімату, окрім підвищеного інтересу та зростанню попиту на сою, відбулися й певні зміни зон придатних для вирощування сої: зменшилася

частка посівів сої в зоні степу, збільшилася – в лісостепу та Поліссі, особливо в зонах, де вона раніше не культивувалася [11]. За останні 10 років збільшення площ посівів сої зафіксовано у 16 областях України. Про це свідчать дані динамічної інфографіки посівних площ під соєю від SuperAgronom.com. [12]. Аналіз літературних джерел показав, що підбір оптимального сортименту та групи стиглості сої, як і будь-якої іншої культури, є важливою передумовою реалізації потенційного врожаю та підвищення продуктивності рослин в умовах різних агрокліматичних зон [13–15].

Україна є лідером у світі за кількістю введених і впроваджених сортів сої. Завдяки плідній праці й співпраці селекційних установ, розміщених у різних регіонах України, для різних умов ґрунтово-кліматичних зон України створені ультраскоростиглі і скоростиглі сорти сої з вегетаційним періодом до 85 днів, урожайністю на рівні 4–5 т/га, холодостійкі, посухостійкі, з покращеними показниками якості насіння – з вмістом білка 41–43 %, жиру більше 24 %, пониженим умістом інгібіторів трипсину та з низькою уреазою активністю тощо [16].

Станом на 2022 рік до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні занесені понад 439 сортів сої. Згідно з даними Українського інституту експертизи сортів рослин, у 2023 році зареєстровано такі сорти сої: Славна, Королева, Кобуко – селекція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН; Каприз – Інститут олійних культур НААНУ; Зміна, Одеситка – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення; Господиня – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН; Камея, Златопільська – Інститут сільського господарства Степу НААН тощо [17].

За останні роки спостерігається негативна тенденція зменшення частки українських сортів, що свідчить про інтенсивну експансію з боку іноземних селекційних фірм. Сорти іноземної селекції у значній кількості походять із Канади, Сербії, Австрії та ін., зокрема: ОАЦ Альмонд, ОАЦ Атіка, ОАЦ Хастінгс, ОАЦ Камран – заявник Кен-Гро Дженетікс Інк.; Атрактор, Комбінатор, Сейлор – Євраліс Семанс; ЛІД Конструктор, ЛІД Промотор – Лідеа Франсе САС тощо.

Потенціал урожайності скоростиглих сортів нового покоління становить 2–2,5 т/га, ранньостиглих – 2,5–3,0 т/га, середньостиглих – 3,0–3,8 т/га. При встановленні норми висіву потрібно враховувати, що ранні сорти гілкуються менше порівняно

з пізніми. Поділ сортів за групами стиглості подано в таблиці 1.

Відомо, що потенціал врожайності сортів сої вітчизняної селекції має досить високі показники. Так, в умовах зони лісостепу, за дослідженнями Порядинського В. та Ляшенка В. [18], найвищу урожайність забезпечували середньостиглі сорти близько 2,6 т/га. Сорти середньоранні сформували на 8 % нижчу урожайність. Найменшою за врожайними показниками була група ранньостиглих сортів сої з урожайністю 2,1 т/га, що на 24,6 % менше ніж середньостиглі сорти і на 9,7 % – ніж середньоранні.

Науковцями Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН була проведена екологічна оцінка сортів сої яка показала, що такі сорти, як Золотиста, Артеміда, КиВін, Омега Вінницька, Монада, Хуторяночка в умовах різних регіонів вирощування України забезпечують урожайність насіння на незрошуваних землях 2,8–3,5 т/га, в умовах зрошення 4,0–4,5 т/га і збір сирого протеїну 1,2–1,4 т/га [19].

За даними Вінницького обласного центру експертизи сортів, середня урожайність сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля у 2011 році становила 3,97 т/га, що було найкращим показником у Європі [20].

В Україні виробництво сої характеризується стрімким зростанням посівних площ і валових зборів. У 1985–1990 рр. соєсіяння впроваджувалось на площі 70–88 млн га з валовим збором 69–99 млн т при урожайності 0,9–1,13 т/га. Тоді як з 2000 до 2006 року посівні площі (0,061–0,748 млн га) і виробництво зерна (0,064–0,876 млн т) зросли у сім разів. І з 2006 року Україна посіла перше місце в Європі за обсягами виробництва сої (рис. 1).

За останні 10–15 років ми спостерігаємо збільшення площі під посівами сої і обсягів її виробництва. Так, у 2010 році було посіяно 1,040 млн га і зібрано 1,680 млн т зерна, тоді як у 2015 році цей показник становив 2,135 млн га і 3,930 млн т і досяг свого історичного максимуму. Урожайність зерна сої на протязі цих років була в межах 1,62–1,85 т/га.

Поряд з цим слід відмітити, що з 2016 року по 2023 рік посівні площі варіювались в бік зменшення (1,850–1,763 млн га), але виробництво зерна збільшувалось (4,265–4,779 млн т) відповідно на 0,285–0,372 млн та 0,335–0,849 млн т порівняно з 2015 роком. Проте незважаючи на зменшення посівних площ, максимальну урожайність зерна сої отримали в 2021 році – 2,68 т/га та в 2023 році – 2,60 т/га. Подальше підвищення врожайності може

Таблиця 1 – Групи стиглості сої за міжнародними класифікаціями

Групи стиглості	Міжнародна класифікація	Сума активних t, °C > 10 °C	Тривалість вегетації, діб
Ультраранні	000	1800–2200	До 90
Ранньостиглі	00	2200–2600	91–100
Середньоранньостиглі	0	2600–2800	101–110
Середньостиглі	I	2800–3000	111–120
Середньопізні	II	3000–3200	121–130
Пізньостиглі	III	3200–3400	131–140

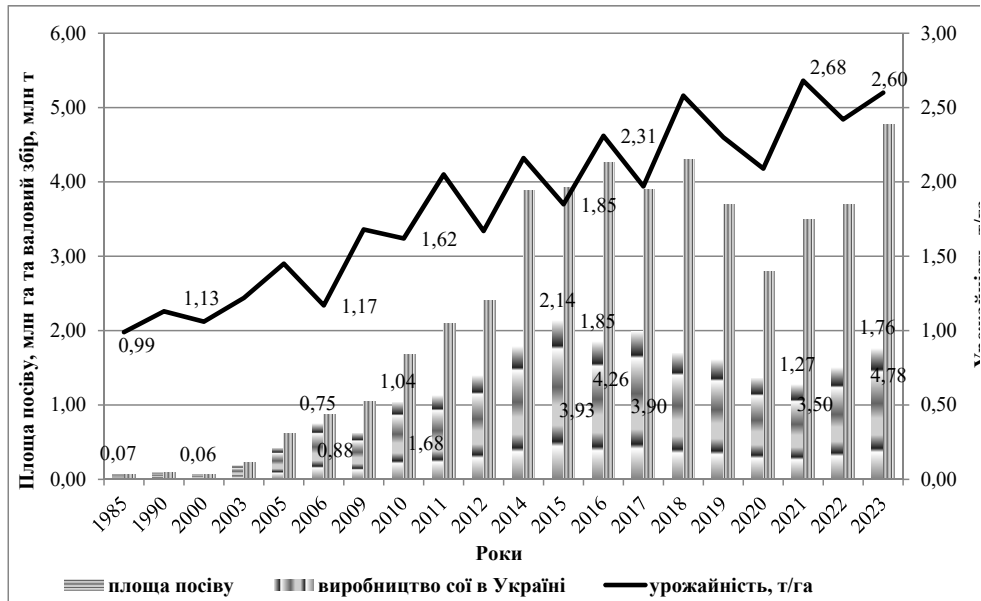


Рис. 1. Динаміка посівних площ, валових зборів та урожайності зерна сої в Україні, 1985–2023 рр.

стати ще одним етапом зростання виробництва сої в Україні.

При цьому головною умовою підвищення ефективності та збільшення валового збору зерна сої є розробка і впровадження у сільськогосподарське виробництво нових моделей технологій вирощування культури, а не збільшення посівних площ під нею. При інтенсивному землеробстві сорт і технологія вирощування повинні бути взаємно пов'язані. Технологія здатна вирішувати завдання забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, формування продукції потрібної якості і максимально бути адаптована до генетичних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Висновки. З вище викладеного матеріалу можна зробити висновки, що створення нових сортів зі стабільно високим рівнем продуктивності та адаптивності має важливе значення в економіці країни для одержання максимальних валових зборів зерна сої за несприятливих умов навколишнього середовища на тлі глобальних змін клімату. У сучасному сільськогосподарському виробництві сорт виступає як біологічний фундамент, на якому базуються всі елементи технології вирощування. Правильний або помилковий вибір підсилює або, навпаки, послаблює дію всіх інших факторів. Використання та впровадження нових, високопродуктивних сортів сої у виробництво, характеристики яких найбільш відповідають конкретним ґрунтово-кліматичним умовам вирощування, є надійним засобом для отримання високих врожаїв зерна сої та можливістю досягти збільшення її виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кобизева Л. Н., Літун П. П., Петренкова В. П. Інтегральна оцінка селекційної цінності вихідного матеріалу сої за комплексом макрознак. *Корми і кормовиробництво*: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 101–107.

2. Han F. X., Sun J. M., Yan S. R. Development of new soybean germplasm with null lipoxygenase and kunitz trypsin inhibitor genes. *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply*: VIII World Soybean conference research, 10–15 august 2009. Beijing, China, 2009. P. 197–202.

3. Соя: монографія / Петриченко В. Ф. та ін. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с.

4. Шевніков М. Я., Логвиненко О. М. Оптимізація площі живлення різних сортів сої шляхом формування інтенсивної структури посіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 30–33.

5. Бабич А. О. Формування урожайності сої залежно від підбору сортів і технологічних прийомів в умовах південно-західного степу України. *Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі*: матеріали III всеукр. конф., 3 серп. 2000 р. Вінниця, 2000. С. 9–10.

6. Li X. H., Wang Y. J., Xie Y. H. A national registered spring soybean variety Xiangchundou of 26. *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply*: VIII World Soybean conference research, august 10–15, 2009. Beijing, China, 2009. P. 234–247.

7. Соя – культура унікальних можливостей / Петриченко В. Ф. та ін. Київ: Юнівест Медіа, 2016. 224 с.

8. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України / Бабич А. О. ін. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 113–121.

9. Бабич-Побережна А. А. Економіка світового виробництва і ринок білка / за ред. П. Т. Саблука. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2005. 782 с.

10. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., вип., доп. Львів: НВФ «Українська технологія», 2020. 806 с.

11. Агроекологічна оцінка продуктивності сої в Західному Лісостепу України в умовах зміни клімату /

Костюкєвич Т. К., Толмачова А. В., Колосовська В. В., Барсукова О. А. *Екологічні науки*. 2021. № 2(35). С. 78–80. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.17>

12. Технологія вирощування сої на прикладі господарств різних регіонів. URL: <https://superagronom.com/articles/447-tehnologiya-viroschuvannya-soyi-na-prikladi-gospodarstv-riznih-regioniv> (дата звернення: 26.11.2020).

13. Мінливість ознаки «маса насіння із рослини» у гібридів сої різних груп стиглості / Вожегова Р. А. та ін. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Том 24. С. 53–58. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1078>

14. Вплив густоти рослин і доз добрив на фотосинтетичну діяльність і урожайність сої середньостиглого сорту Святогор в умовах зрошення / Вожегова Р. А., Боровик В. О., Марченко Т. Ю., Рубцов Д. К. *Вісник аграрної науки*. 2020. Вип. 4. С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09>

15. Дудка А. А., Романько Ю. О. Сортові особливості формування продуктивності сої залежно від системи удобрення в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таєрйський науковий вісник*. 2022. Вип. 128. С. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.11>

16. Чинчик О. Підбір сортів – основа сучасної технології вирощування сої. *Аграрна наука та освіта Поділля*. 2017. С. 155–156.

17. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Київ, 2021. 523 с.

18. Порядинський В., Ляшенко В. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва*: матеріали III наук. практи. інтернет конф. 21-22 квіт. 2015 р. Полтава, 2015. С. 104–106.

19. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України / Бабиц А. О. та ін. *Корми і кормовиробництво*: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 113–121.

20. Сортові ресурси сої для основних ґрунтово-кліматичних зон України / Бабиц А. О. та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2013. С. 143–144.

REFERENCES:

1. Kobyzieva L. N., Litun P. P., Petrenkova V. P. (2011). Integralna otsinka selektsiinoi tsinnosti vykhidnoho materialu soi za kompleksom makrooznak [Integral evaluation of the breeding value of soybean raw material based on a complex of macrocharacteristics]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 69, 101–107. [in Ukrainian].

2. Han F. X., Sun J. M., Yan S. R. (2009). Development of new soybean germplasm with null lipoxygenase and kunitz trypsin inhibitor genes. *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply*: VIII World Soybean conference research. China. 197–202.

3. Petrychenko V. F. (2016). Soia [Soya]. Monohrafiia. Vinnytsia: «Dilo», 400. [in Ukrainian].

4. Shevnikov M. Ya., Lohvynenko O. M. (2012). Optymizatsiia ploshchi zhyvlennia riznykh sortiv soi shliakhom formuvannia intensyvnoi struktury posivu [Optimizing the feeding area of different varieties of soybeans by

forming an intensive sowing structure]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*. 2. 30–33. [in Ukrainian].

5. Babych A. O. (2000). Formuvannia urozhainosti soi zalezno vid pidboru sortiv i tekhnolohichnykh pryiomiv v umovakh pivdenno-zakhidnoho stepu Ukrainy [The formation of soybean productivity depending on the selection of varieties and technological methods in the conditions of the southwestern steppe of Ukraine]. *Vyrobnytstvo, pererobka i vykorystannia soi na kormovi ta kharchovi tsili: materialy III Vseukr. konf. Vinnytsia*. 9–10. [in Ukrainian].

6. Li X. H., Wang Y. J., Xie Y. H. (2009). A national registered spring soybean variety Xiangchundou 26 *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply*: VIII World Soybean conference research. China. 234–247.

7. Petrychenko V. F. ta in. (2016). Soia – kultura unikalnykh mozhlyvostei [Soy is a culture of unique opportunities]. Kyiv: Yunivest Media. 224. [in Ukrainian].

8. Babych A. O. ta in. (2011). Teoretychne obgruntuvannia ta shliakhy optymizatsii sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannia soi v umovakh Lisostepu Ukrainy [Theoretical substantiation and ways to optimize varietal technology of soybean cultivation in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. Vinnytsia*. 69. 113–121. [in Ukrainian].

9. Babych-Poberezhna A. A. (2005). Ekonomika svitovoho vyrobnytstva i rynek bilka [The economy of the world economy and the protein market]. Kyiv: NNTS «IAE». 782. [in Ukrainian].

10. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Roslynytstvo. (2020). Novi tekhnolohii vyroshchuvannia polovykh kultur: pidruchnyk. 5-te vyd., vyp., dop. [New technologies of cultivation of field crops]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii». 806. [in Ukrainian].

11. Kostyukievych T. K., Tolmachova A. V., Kolosovska V. V., Barsukova O. A. (2021). Ahroekolohichna otsinka produktyvnosti soi v Zakhidnomu Lisostepu Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Agroecological assessment of soybean productivity in the Western Forest Steppe of Ukraine under climate change conditions]. *Ekolohichni nauky*. 2(35). 78–80. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.17> [in Ukrainian].

12. Tekhnolohiia vyroshchuvannia soi na prykladi hospodarstv riznykh rehioniv. [Soybean cultivation technology on the example of farms in different regions]. URL: <https://superagronom.com/articles/447-tehnologiya-viroschuvannya-soyi-na-prikladi-gospodarstv-riznih-regioniv> (data zvernennia: 26.11.2020) [in Ukrainian].

13. Vozhehova R. A. ta in. (2019). Minlyvist oznaky «masa nasinnia iz roslyny» u hibrydiv soi riznykh hrup styhlosti. [Variability of the trait «seed weight per plant» in soybean hybrids of different maturity groups]. *Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv*. 24. 53–58. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1078> [in Ukrainian].

14. Vozhehova R. A., Borovyk V. O., Marchenko T. Yu., Rubtsov D. K. (2020). Vplyv hustoty roslin i doz dobrov na fotosyntetychnu diialnist i urozhainist soi serednostyhloho sortu Sviatohor v umovakh zroshennia. [The effect of plant density and fertilizer doses on photosynthetic activity and productivity of medium-ripening soybean variety Sviatohor under irrigation conditions]. *Visnyk ahrarynoi nauky*. 4. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09> [in Ukrainian].

15. Dudka A. A., Romanko Yu. O. (2022). Sortovi osoblyvosti formuvannia produktyvnosti soi zalezno vid systemy udobrennia v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Varietal features of the formation of soybean productivity depending on the fertilization system in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 128. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.11> [in Ukrainian].

16. Chynchuk O. (2017). Pidbir sortiv – osnova suchasnoi tekhnologii vyroshchuvannia soi. [The selection of varieties is the basis of modern soybean cultivation technology]. *Ahrarna nauka ta osvita Podillia*. 155–156 [in Ukrainian].

17. (2022). Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2022 rik. [State register plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2022]. Kyiv. 523[in Ukrainian].

18. Poriadynskiy V., Liashenko V. (2015). Produktivnist sortiv soi riznykh hrup styhlosti. [Productivity of soybean varieties of different maturity groups]. *Innovatsiini aspekty tekhnologii vyroshchuvannia, zberihannia i pererobky produktsii roslynnytstva: materialy III nauk.-prakt. internet-konf. 21–22 kvit. 2015 r. Poltava*. 104–106 [in Ukrainian].

19. Babych A. O. ta in. (2011). Teoretychne obgruntuvannia ta shliakhy optymizatsii sortovoi tekhnologii vyroshchuvannia soi v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Theoretical justification and ways to optimize varietal technology of soybean cultivation in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. Vinnytsia*. 69. 113–121 [in Ukrainian].

20. Babych A. O. ta in. (2013). Sortovi resursy soi dlia osnovnykh gruntovo-klimatychnykh zon Ukrainy. [Varietal resources of soybeans for the main soil and climatic zones of Ukraine]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 143–144 [in Ukrainian].

Дрозда О.В. Сорт як важливий фактор технології вирощування сої

Метою роботи було провести аналіз виробництва сої в Україні та визначити важливість сорту як фактору в технології вирощування культури.

Результати. Незважаючи на умови військового часу, Україна останні роки займає перші місця серед європейських країн за обсягами валового виробництва сої. Так, посівні площі культури та валові збори збільшилися і відповідно становили: у 2022 р. – 1,500 млн га і 3,700 млн т, а у 2023 р. – 1,763 млн га і 4,779 млн т, що більше на 0,493 млн га і 1,279 млн т порівняно з довіськовими діями 2021 року. В сучасних умовах господарювання сорт залишається важливим фактором, який суттєво впливає на збільшення виробництва сої в Україні. Створення нових сортів зі стабільно високим рівнем продуктивності та адаптивності має важливе значення в економіці країни для одержання максимальних валових зборів сої за несприятливих умов навколишнього середовища на тлі глобальних змін клімату. Нові вимоги виробництва та зміни клімату, спонукають українських селекціонерів створювати сорти сої, які були б пристосовані до екстремальних (стресових) умов

зон вирощування і якомога повніше задовольняли потреби виробництва. Набутий досвід дає можливість на сучасному етапі створити високоврожайні, екологічно стабільні й пластичні сорти сої.

Висновки. За результатами аналізу наукових літературних джерел встановлено, що розробка і впровадження у сільськогосподарське виробництво нових моделей технологій вирощування сої є однією з головних умов підвищення ефективності виробництва і збільшення валових зборів зерна культури. При інтенсивному землеробстві сорт і технологія вирощування повинні бути взаємно пов'язані. Технологія здатна вирішувати завдання забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, формування продукції потрібної якості і максимально бути адаптована до генетичних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Ключові слова: Україна, соя, площі посіву, валові збори, врожайність.

Drozda O.V. Variety as important soybean growing technology factor

The main **purpose** of the manuscript was to make soybean production analysis in Ukraine and to identify the importance of variety as factor for growing technology of soybean.

Results. In recent years Ukraine takes leading positions of gross soybean production among European countries even under the conditions of Russian aggression. Thus, the cultivated area and gross harvest increased and, accordingly, amounted to: in 2022 – 1,500 million hectares and 3,700 million tons, and in 2023 – 1,763 million hectares and 4,779 million tons, which is 0.493 million more. ha and 1.279 million tons compared to before military operations in 2021. In modern farming conditions, the variety remains an important factor that significantly affects the increase in soybean production in Ukraine. The creation of new varieties with a consistently high level of productivity and adaptability is important in the country's economy to obtain the maximum gross harvest of soybeans under adverse environmental conditions against the background of global climate change. New production requirements and climate change encourage Ukrainian breeders to create soybean varieties that would be adapted to the extreme (stressful) conditions of growing areas and satisfy production needs as fully as possible. The acquired experience makes it possible at the current stage to create high-yielding, ecologically stable and plastic soybean varieties.

Conclusions. According to the results of scientific literature analysis, it was established that the development and implementation of new models of soybean cultivation technologies in agricultural production is one of the main conditions for increasing the efficiency of production and increasing the gross grain yield of the crop. Under the conditions of intensive farming the variety and growing technology must be mutually related. The growing technology is able to solve tasks of providing the optimal conditions for plants growth and development, molding the outputs of the required quality and to be maximally adapted to the genetic characteristics of the variety and the soil and climatic conditions of the region.

Key words: Ukraine, soybean, sowing area, gross harvest, yield.

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

ЛИХОВИД П.В. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Питання агроекологічного районування та картування територій на основі даних супутникового моніторингу є актуальною проблемою аграрної науки сьогодення. Агроекологічне районування потребує перегляду та динамічного оновлення відповідно до тих змін і трансформацій, які спостерігаються у метеорологічних умовах у зв'язку з глобальним потеплінням. Використання даних наземних спостережень і безпосередніх вимірювань є найбільш надійним методом фіксації кліматичних змін і формування відповідних рекомендацій щодо перегляду районування. Втім, складання динамічних карт на основі даних наземних спостережень, виконуваних на метеорологічних станціях, є більш витратним та трудомістким, у той час як системи аерокосмічного моніторингу у тісній інтеграції з ГІС здатні виконувати динамічне картування практично в напівавтоматичному режимі за попередньо заданими ключовими параметрами. Крім того, компліментарне застосування даних дистанційного зондування Землі поліпшуватиме точність картування і якість агроекологічного районування територій, оскільки здатне пропонувати рішення щодо оптимізації використання сільськогосподарських угідь відповідно до розрахункових індексів, які є високо специфічними для відображення певних явищ і процесів, що перебігають в агроекосистемах і мають безпосереднє відношення до їх продуктивності [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Уже зараз існує позитивний досвід застосування даних супутникового моніторингу та ГІС для агроекологічного районування територій. Так, ГІС у поєднанні з даними наземних метеорологічних спостережень та даними дистанційного моніторингу було застосовано для агроекологічного районування території Єгипту, базисом для якого слугувала розрахункова величина евапотранспірації [3]. Супутникові дані, одержані за допомогою Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) щодо величини EVI (Enhanced Vegetation Index) на полях рису, було успішно застосовано для вивчення агроекологічних особливостей зони вирощування культури з огляду на наслідки, спостережувані від затоплення рисових чеків [4]. Агроекологічне районування територій за допомогою ГІС і технологій дистанційного зондування Землі дозволяє оперативну та високоякісно сформувати вихідну просторову базу даних щодо температурного режиму, режиму вологи, вмісту поживних речовин і характеристик ґрунтового покриву, особливостей ростових процесів різ-

них рослинних угруповань, які потім можуть бути покладені в основу комплексної методології виділення зон і підзон, оптимальних для конкретних видів культурних або дикорослих рослин. Основною перевагою застосування ГІС-технологій у поєднанні з аерокосмічним моніторингом є можливість охоплення великих територій та висока гнучкість налаштування картографічних параметрів, а також можливість застосовувати найрізноманітніші розрахункові індекси для опосередкованої комплексної характеристики агроекологічних умов на територіях залежно від вхідної інформації, що надходить від супутникових сенсорів і сателітів [5, 6]. Поєднання даних супутникового моніторингу з математичними алгоритмами дозволяє виконувати високоточне картування агроекологічних зон для певних сільськогосподарських культур. Наприклад, аналіз часової серії NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) за допомогою рядів Фур'є було успішно використано для картування сезонних змін у вегетації [7]. Також за даними NDVI було виконано поділ Пенджабу на зони за накопиченням наземної біомаси рослин (низько-, середньо-, високопродуктивні), які потім лягли в основу подальшого агроекологічного районування територій штату Індії [8]. Щодо України, первинне дослідження можливості агроекологічного районування території за величиною NDVI довели можливість реалізації даного підходу та виокремлення оптимальних територій для вирощування таких культур, як соняшник, соя та кукурудза зернова [9]. Таким чином, аналіз літературних джерел, що описують поточний стан вивченості проблеми, свідчить про перспективність даної тематики та необхідність її наукового розвитку.

Мета. Метою роботи є ознайомити наукову спільноту із авторською методикою районування та картування сільськогосподарських угідь відповідно до ступеня їх придатності до культивування основних сільськогосподарських культур на базі даних аерокосмічного моніторингу, зокрема, комбінованого функціонального розрахунку величини комплексного індексу «NDWI-NDVI-NRI» або AEZI (Agroecological Zoning Index). Можливості та принципи застосування авторської методики оцінки AEZI представлено на базі дослідних полів Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН за 2021 та 2023 роки, а також для зони степу України в цілому (відповідно до класифікації [10]).

Матеріали та методика досліджень. Агроекологічне районування повинно відповідати, в першу чергу, розв'язанню конкретних практичних проблем

аграрної науки, однією з яких є встановлення відповідності умов навколишнього середовища потребам сільськогосподарських культур. Відповідність можна визначати за різними параметрами, але найбільш повноцінним буде комплексний підхід до оцінки екологічних умов. Зокрема, на сучасному етапі розвитку технології дистанційного зондування Землі дозволяють опосередковано оцінити такі параметри, як вологозабезпеченість, забезпеченість елементами живлення та загальний стан агрофітоценозів.

Оцінку вологозабезпеченості здійснюють за різними методиками, але однією з найбільш широко вживаних є методика оцінки нормалізованого диференційного водного індексу NDWI (Normalized Difference Water Index). Даний індекс дозволяє оцінити вміст вологи у вегетативній наземній масі рослин і таким чином встановити рівень водного стресу. Вже зараз існують напрацювання з оцінки інтенсивності посухи на сільськогосподарських угіддях за величиною NDWI [11].

Величина нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI є одним із найбільш широко вживаних у науці та практиці вегетаційних індексів. Сфера його застосування надзвичайно широка. Втім, найбільш важливим з точки зору агроекологічного районування є те, що величина даного вегетаційного індексу є доволі чутливою до кліматичних змін, і дуже тісно корелює з інтенсивністю накопичення наземної біомаси рослин, даючи підстави опосередковано оцінити стан посівів сільськогосподарських культур та відповідність умов вирощування їх біологічним потребам [12].

Для оцінки забезпеченості поживними речовинами можна застосувати індекс відбивання азоту

NRI (Nitrogen Reflectance Index), за величиною якого можна опосередковано з'ясувати ступінь забезпеченості цим елементом живлення, який є основою формування біомаси та врожаю для більшості сільськогосподарських культур. Науково-практичне застосування цього супутникового індексу на даний час є доволі обмеженим не тільки на теренах України, але й за кордоном. Втім, уже зараз доведено його цінність в оцінці потенційної продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема таких, які споживають багато азоту на формування врожаю, де він не поступається за точністю моделювання врожайності більш широко використовуваному індексу NDVI [13].

Для того, щоб виконати агроекологічне районування територій, необхідною є градуйована шкала кожного з супутникових індексів, яка б відображала їх відношення до реальних умов середовища та стану посівів сільськогосподарських культур. Шкали інтерпретації NDWI, NDVI та NRI, застосовані під час розробки комплексного індексу, наведено у табл. 1, 2 і 3, відповідно.

Розрахунок комплексного AEZI пропонуємо виконувати за формулою (1):

$$AEZI = \frac{NDWI + NDVI + NRI}{3} \times 100\% \quad (1)$$

де NDWI, NDVI та NRI – абсолютні середні за вегетаційний період величини відповідних супутникових індексів, розраховані за згладженою часовою серією.

Інтерпретацію комплексного агроекологічного індексу AEZI для районування сільськогосподарських земель (як універсального, так і специфічного) наведено в табл. 4.

Таблиця 1 – Інтерпретація величини NDWI (розрахованого за аерокосмічними знімками супутника Landsat-8 та Sentinel-2) з точки зору характеристики вологозабезпечення (адаптовано за [14, 15])

Величина NDWI	Вологозабезпеченість
0–0,30	Сильна посуха
0,31–0,40	Посуха
0,41–0,50	Помірна посуха, низька вологозабезпеченість
0,51–0,60	Низько-середня вологозабезпеченість
0,61–0,70	Середня вологозабезпеченість
0,71–0,80	Висока вологозабезпеченість
Понад 0,81	Надмірна вологозабезпеченість (затоплення посівів)

Таблиця 2 – Інтерпретація величини NDVI (розрахованого за аерокосмічними знімками супутника Landsat-8 та Sentinel-2) з точки зору загального стану рослин агрофітоценозу (адаптовано за [16])

Величина NDVI	Стан рослинного покриву
0–0,20	Рослинний покрив практично відсутній
0,21–0,30	Слабка рослинність, початкові стадії росту і розвитку культурних рослин або час перед збиранням врожаю та відмиранням культури
0,31–0,40	Незначний розвиток наземної вегетативної маси
0,41–0,50	Середньо розвинена вегетативна маса
0,51–0,60	Гарно розвинена вегетативна маса
0,61–0,70	Високорозвинена вегетативна маса
0,71–0,80	Дуже густа та гарно розвинена вегетативна маса
Понад 0,80	Надзвичайно сильно розвинена рослинність і вегетативна маса

Таблиця 3 – Інтерпретація величини NRI (розрахованого за аерокосмічними знімками супутників Landsat-8 та Sentinel-2) з точки зору характеристики забезпеченості рослин азотом (адаптовано за [17])

Величина NRI	Забезпеченість рослин азотом
0–0,30	Низька
0,31–0,50	Середня
0,51–0,70	Висока
Понад 0,71	Дуже висока

Таблиця 4 – Інтерпретація величини AEZI для районування сільськогосподарських земель (результат роботи авторів)

Величина AEZI	Придатність сільськогосподарських земель для вирощування сільськогосподарських культур
0–20%	Непридатні
21–30%	Малоприсадибні (слабокультурені землі)
31–40%	Умовно присадибні
41–60%	Присадибні
61–75%	Оптимальні
Понад 75%	Ідеальні умови (сумнівність достовірності розрахунку)

Практичне застосування розробленого індексу агроекологічного районування за даними дистанційного зондування Землі можливе як для загального (універсального) районування територій, так і для специфічного районування сільськогосподарських земель за їх відповідністю біологічним вимогам конкретної культури. При цьому під час виконання універсального районування використовуються величини супутникових індексів середні за вегетаційний період в цілому, а для специфічного – за вегетаційний період конкретної культури. Важливо використовувати супутникові знімки одного супутника (рекомендовано автором методики – Landsat-8), з мінімальною (до 10%) хмарністю та без спотворень і прогалів у зображеннях.

Результати досліджень. Для прикладу практичного застосування AEZI, наведемо універсальне загальне районування умов, що склалися на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН, розташованих поблизу смт Наддніпрянське (Херсонський район, Херсонська область) у 2023 році впродовж вегетаційного

періоду (березень – жовтень) [18, 19]. Дані щодо величини супутникових індексів розраховували за знімками Landsat-8 та Sentinel-2, адаптованими з сервісу AgroMonitoring (табл. 5).

Згідно з результатами аналізу AEZI по експериментальних полях Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН, розташованих у смт Наддніпрянське Херсонської області, які у 2023 році через бойові дії кілька років знаходилися у фактично некультивованому стані (не проводилися належні заходи з обробки ґрунту, меліорації земель, зрошення, удобрення, тощо), цілком зрозумілою є їх загальна оцінка як малоприсадибних для культивування сільськогосподарських культур. Таким чином, підтверджено об'єктивність оцінки стану сільськогосподарських земель за величиною AEZI. Варто відмітити, що зниженню присадибності земель Інституту сприяло, в основному, відсутність зрошення, оскільки величина NDWI була мінімальною з усіх досліджуваних індексів, у той час як запаси азоту у поверхневому шарі ґрунту більшість вегетаційного періоду були на середньому рівні. Підтвер-

Таблиця 5 – Характеристика агроекологічних умов, що склалися на експериментальних ділянках Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН у вегетаційний період 2023 року за даними аерокосмічного моніторингу (супутник Landsat-8 та Sentinel-2) (результат роботи авторів)

Місяць	NDVI	NDWI	NRI	AEZI	Висновок
Березень	0,19	0	0,19	12,7%	Непридатні
Квітень	0,08	0,15	0,07	10,0%	Непридатні
Травень	0,48	0,23	0,31	34,0%	Умовно присадибні
Червень	0,41	0,15	0,40	32,0%	Умовно присадибні
Липень	0,37	0,15	0,40	30,7%	Умовно присадибні
Серпень	0,43	0,04	0,42	29,7%	Малоприсадибні
Вересень	0,37	0,04	0,40	27,0%	Малоприсадибні
Жовтень	0,31	0,10	0,41	27,3%	Малоприсадибні
Середнє	0,33	0,11	0,33	25,7%	Малоприсадибні

дженням може слугувати аналіз умов 2021 року для того самого полігону Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, коли належним чином виконувалися всі необхідні агротехнічні та меліоративні заходи (табл. 6). Встановлено, що основна частина активної вегетації культурних рослин (квітень – серпень) класифікована як умовно придатна та придатна для одержання сталих якісних врожаїв рослинницької продукції.

Додатково було виконано агроекологічну оцінку зони степу України в цілому за придатністю до вирощування кукурудзи на зерно, сої та соняшника як стратегічних культур. Оцінку виконували по 10 рендомізовано обраних незрошуваних полях із кожної області. В цілому було проаналізовано 100 полів по кожній культурі. Результати наведено у табл. 7.

Відповідно до результатів оцінки AEZI, у переважній більшості випадків основним лімітуючим фактором був рівень вологозабезпеченості, особливо, в південних і східних регіонах України. Враховуючи доволі високі вимоги до вологозабезпечення, особливо у кукурудзи зернової та сої, лише 7 із 25 адміністративно-територіальних областей України класифіковані як умовно придатні, тобто такі, де без штучного зволоження можливо одержати середні показники врожайності досліджуваних культур. Переважно сільськогосподарські землі України класифіковані як малопродатні, тобто такі, де без

уживання відповідних меліоративних і агротехнічних заходів неможливо одержувати стабільні високі врожаї якісної продукції досліджуваних культур.

У той самий час застосування зрошення за інтенсивних технологій вирощування кардинально змінює ситуацію, що продемонстровано результатами подібної оцінки AEZI для зрошуваних полів по областях України, які належать до зони степу та є традиційними регіонами виробництва зерна кукурудзи, насіння сої та соняшника (табл. 8).

Наочно агроекологічну класифікацію сільськогосподарських земель у зрошуваних умовах за їх придатністю до культивування кукурудзи, сої та соняшника наведено на мапі (рис. 1). Умовно придатні території позначено світло-зеленим, придатні – темно-зеленим кольором, відповідно. Картування здійснено за допомогою засобів програмного пакету Adobe Illustrator.

Наочне відображення результатів агроекологічного районування зони степу для стратегічних ярих культур України засвідчує про те, що три регіони з семи придатні до одержання сталих врожаїв зерна кукурудзи, і по чотири регіони – для одержання врожаїв насіння сої та соняшника.

Розроблена методологія індексу агроекологічного районування потребує подальшого наукового уточнення та апробації, у подальшому може стати однією з перспективних методик використання

Таблиця 6 – Характеристика агроекологічних умов, що склалися на експериментальних ділянках Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у вегетаційний період 2021 року за даними аерокосмічного моніторингу (супутник Landsat-8 та Sentinel-2) (результат роботи авторів)

Місяць	NDVI	NDWI	NRI	AEZI	Висновок
Березень	0,28	0,12	0,39	26,3%	Малопродатні
Квітень	0,49	0,20	0,45	38,0%	Умовно придатні
Травень	0,59	0,40	0,34	44,3%	Продатні
Червень	0,55	0,24	0,37	38,7%	Умовно придатні
Липень	0,42	0,22	0,38	34,0%	Умовно придатні
Серпень	0,33	0,06	0,38	25,7%	Малопродатні
Вересень	0,27	0,09	0,36	24,0%	Малопродатні
Жовтень	0,25	0,13	0,37	25,0%	Малопродатні
Середнє	0,40	0,18	0,38	32,0%	Умовно придатні

Таблиця 7 – Характеристика агроекологічних умов на полях степу України у період активної вегетації кукурудзи на зерно за даними аерокосмічного моніторингу (супутник Landsat-8 та Sentinel-2) у незрошуваних умовах (результат роботи авторів)

Область	AEZI (кукурудза)	AEZI (соє)	AEZI (соняшник)	Висновок
Крим	21,0%	22,8%	25,1%	Малопродатні
Херсонська	21,5%	22,0%	26,0%	Малопродатні
Миколаївська	24,3%	23,0%	26,6%	Малопродатні
Одеська	24,5%	24,3%	30,0%	Малопродатні
Запорізька	22,0%	21,0%	27,4%	Малопродатні
Дніпропетровська	25,1%	25,1%	27,4%	Малопродатні
Кіровоградська	24,3%	27,4%	25,0%	Малопродатні
Донецька	23,6%	22,0%	22,0%	Малопродатні
Луганська	22,8%	26,6%	23,6%	Малопродатні
Харківська	21,8%	27,7%	23,3%	Малопродатні

Таблиця 8 – Характеристика агроекологічних умов на полях степу України у період активної вегетації кукурудзи на зерно за даними аерокосмічного моніторингу (супутник Landsat-8 та Sentinel-2) у зрошуваних умовах за інтенсивних агротехнологій (результат роботи авторів)

Область	AEZI (кукурудза)	AEZI (соя)	AEZI (соняшник)	Висновок
Крим	36,7%	48,1%	32,5%	Умовно придатні (кукурудза, соняшник); придатні (соя)
Херсонська	41,3%	41,0%	41,0%	Придатні
Миколаївська	33,2%	39,0%	41,9%	Умовно придатні (кукурудза, соя); придатні (соняшник)
Одеська	40,0%	37,1%	36,1%	Умовно придатні
Запорізька	39,0%	40,8%	41,3%	Умовно придатні (кукурудза, соя); придатні (соняшник)
Дніпропетровська	46,8%	42,9%	40,1%	Придатні (кукурудза, соя); умовно придатні (соняшник)
Кіровоградська	50,7%	46,8%	42,3%	Придатні
Донецька	н/д	н/д	н/д	н/д
Луганська	н/д	н/д	н/д	н/д
Харківська	н/д	н/д	н/д	н/д

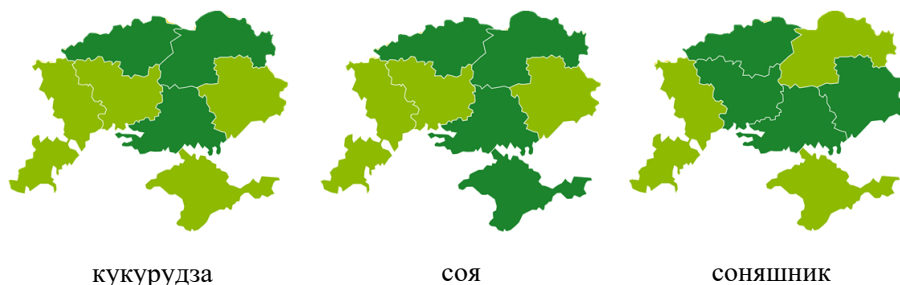


Рис. 1. Агроекологічна класифікація зрошуваних сільськогосподарських земель зони степу України згідно величини AEZI для кукурудзи, сої та соняшника

даних аерокосмічної зйомки в агрокліматичному та агроекологічному моніторингу сільськогосподарських земель.

Висновки. Агроекологічне районування територій можна здійснювати оперативнo та з високою точністю для великих за масштабами територій із застосуванням аерокосмічного моніторингу, а саме таких індексів, як NDVI, NDWI, NRI, за розрахунку комплексного індексу агроекологічного районування AEZI. Індекс агроекологічного районування дозволяє оцінити придатність сільськогосподарських земель до вирощування будь-яких сільськогосподарських культур із урахуванням таких важливих параметрів, які впливають на їх продуктивність, як вологозабезпеченості та поживний режим ґрунту. Застосування комплексу аерокосмічних спостережень та ГІС дозволяє виконувати оперативне динамічне картування територій за ступенем їх придатності до виробництва рослинницької продукції та виконувати динамічний і прогностичний аналіз агрокліматичної ситуації на територіях будь-якого масштабу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nabati J., Nezami A., Neamatollahi E., Akbari M. GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 117. P. 106646. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106646
2. Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T., Novakovska I. Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management. *Agricultural Science and Practice*. 2019. Vol. 6. No. 1. P. 18–27. DOI: 10.15407/10.15407/agrisp6.01.018
3. Ismail M. Using remote sensing and GIS application in agro-ecological zoning of Egypt. *International Journal of Environmental Sciences*. 2012. Vol. 1. No. 2. P. 58–94.
4. Sakamoto T., Van Cao P., Van Nguyen N., Kotera A., Yokozawa M. Agro-ecological interpretation of rice cropping systems in flood-prone areas using MODIS imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2009. Vol. 75. No. 4. P. 413–424. DOI: 10.14358/PERS.75.4.413
5. Patel N. R., Mandal U. K., Pande L. M. Agro-ecological zoning system-a remote sensing and GIS

- perspective. *Journal of Agrometeorology*. 2000. Vol. 2. No. 1. P. 1–13.
6. Pettorelli N., Laurance W. F., O'Brien T. G., Wegmann M., Nagendra H., Turner W. Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*. 2014. Vol. 51. No. 4. P. 839–848. DOI: 10.1111/1365-2664.12261
7. Menenti M., Azzali S., Verhoef W., Van Swol R. Mapping agroecological zones and time lag in vegetation growth by means of Fourier analysis of time series of NDVI images. *Advances in Space Research*. 1993. Vol. 13. No. 5. P. 233–237. DOI: 10.1016/0273-1177(93)90550-U
8. Bal S. K., Choudhury B. U., Sood A., Bains G. S., Mukherjee J. Characterization of agro-ecological zones of Punjab state using remote sensing and GIS tools. *ISPRS/XXXVIII-8/W3 Workshop Proceedings: Impact of Climate Change on Agriculture*. 2009. P. 331–335.
9. Lykhovyd P. V. Using normalised difference vegetation index in classification and agroecological zoning of spring row crops. *Biosystems Diversity*. 2023. Vol. 31. No. 4. P. 506–512. DOI: 10.15421/012360.
10. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005. 300 с.
11. Shashikant V., Mohamed Shariff A. R., Wayayok A., Kamal M. R., Lee Y. P., Takeuchi W. Utilizing TVDI and NDWI to classify severity of agricultural drought in Chuping, Malaysia. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 6. P. 1243. DOI: 10.3390/agronomy11061243
12. Lykhovyd P. Study of climate impact on vegetation cover in Kherson oblast (Ukraine) using normalized difference and enhanced vegetation indices. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22. No. 6. P. 126–135. DOI: 10.12911/22998993/137362
13. Diker K., Bausch W. C. Potential use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. *Biosystems Engineering*. 2003. Vol. 85. No. 4. P. 437–447. DOI: 10.1016/S1537-5110(03)00097-7
14. Gu Y., Brown J. F., Verdin J. P., Wardlow B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*. 2007. Vol. 34. No. 6. P. L06407. DOI: 10.1029/2006GL029127
15. Amalo L. F., Ma'rufah U., Permatasari P. A. Monitoring 2015 drought in West Java using normalized difference water index (NDWI). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 149. No. 1. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/149/1/012007
16. Antognelli S. NDVI and NDMI vegetation indices: instructions for use. URL: <https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/> (дата звернення: 02.28.2024 p.)
17. Schleicher T. D., Bausch W. C., Delgado J. A., Ayers P. D. Evaluation and refinement of the nitrogen reflectance index (NRI) for site-specific fertilizer management. *2001 ASAE Annual Meeting*. 1998. P. 1–18.
18. Vozhehova R., Lykhovyd P., Biliaieva I. Aridity assessment and forecast for Kherson oblast (Ukraine) at the climate change. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020. Vol. 14. P. 1455–1462.
19. Vozhehova R. A., Kokovikhin S. V., Lykhovyd P. V., Vozhehov S. H., Drobitko A. V. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 331–340.

REFERENCES:

- Nabati, J., Nezami, A., Neamatollahi, E., & Akbari, M. (2020). GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. *Ecological Indicators*, 117, 106646. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106646
- Tarariko, O., Iliencko, T., Kuchma, T., & Novakovska, I. (2019). Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management. *Agricultural Science and Practice*, 6(1), 18–27. DOI: 10.15407/10.15407/agrisp6.01.018
- Ismail, M. (2012). Using remote sensing and GIS application in agro-ecological zoning of Egypt. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 58–94.
- Sakamoto, T., Van Cao, P., Van Nguyen, N., Kotera, A., & Yokozawa, M. (2009). Agro-ecological interpretation of rice cropping systems in flood-prone areas using MODIS imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(4), 413–424. DOI: 10.14358/PERS.75.4.413
- Patel, N. R., Mandal, U. K., & Pande, L. M. (2000). Agro-ecological zoning system-a remote sensing and GIS perspective. *Journal of Agrometeorology*, 2(1), 1–13.
- Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839–848. DOI: 10.1111/1365-2664.12261
- Menenti, M., Azzali, S., Verhoef, W., & Van Swol, R. (1993). Mapping agroecological zones and time lag in vegetation growth by means of Fourier analysis of time series of NDVI images. *Advances in Space Research*, 13(5), 233–237. DOI: 10.1016/0273-1177(93)90550-U
- Bal, S. K., Choudhury, B. U., Sood, A., Bains, G. S., & Mukherjee, J. (2009). Characterization of agro-ecological zones of Punjab state using remote sensing and GIS tools. In *ISPRS/XXXVIII-8/W3 Workshop Proceedings: Impact of Climate Change on Agriculture*. (pp. 331–335).
- Lykhovyd, P. V. (2023). Using normalised difference vegetation index in classification and agroecological zoning of spring row crops. *Biosystems Diversity*, 31(4), 506–512. DOI: 10.15421/012360
- Polupan, M. I., Solovei, V. B., Velychko, V. A. (2005). Класифікація ґрунтів України [Classification of the soils of Ukraine]. Kyiv : Agrarna nauka. 300 pp.
- Shashikant, V., Mohamed Shariff, A. R., Wayayok, A., Kamal, M. R., Lee, Y. P., & Takeuchi, W. (2021). Utilizing TVDI and NDWI to classify severity of agricultural drought in Chuping, Malaysia. *Agronomy*, 11(6), 1243. DOI: 10.3390/agronomy11061243
- Lykhovyd, P. (2021). Study of climate impact on vegetation cover in Kherson oblast (Ukraine) using normalized difference and enhanced vegetation indices. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 126–135. DOI: 10.12911/22998993/137362
- Diker, K., & Bausch, W. C. (2003). Potential use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. *Biosystems Engineering*, 85(4), 437–447. DOI: 10.1016/S1537-5110(03)00097-7

14. Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P., & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, 34(6), L06407. DOI: 10.1029/2006GL029127

15. Amalo, L. F., Ma'rufah, U., & Permatasari, P. A. (2018). Monitoring 2015 drought in West Java using normalized difference water index (NDWI). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 149(1), 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/149/1/012007

16. Antognelli, S. (2018). NDVI and NDMI vegetation indices: instructions for use. URL: <https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/>

17. Schleicher, T. D., Bausch, W. C., Delgado, J. A., & Ayers, P. D. (1998). Evaluation and refinement of the nitrogen reflectance index (NRI) for site-specific fertilizer management. In *2001 ASAE Annual Meeting* (pp. 1–18).

18. Vozhehova, R., Lykhovyd P., & Biliaieva, I. (2020). Aridity assessment and forecast for Kherson oblast (Ukraine) at the climate change. *EurAsian Journal of Bio-Sciences*, 14, 1455–1462.

19. Vozhehova, R. A., Kokovikhin, S. V., Lykhovyd, P. V., Vozhehov, S. H., & Drobitko, A. V. (2018). Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 331–340.

Лиховид П.В. Агроекологічна оцінка сільськогосподарських земель за даними дистанційного зондування Землі

Мета. Ознайомити наукову спільноту із авторською методикою районування та картування сільськогосподарських угідь відповідно до ступеня їх придатності до культивування основних сільськогосподарських культур на базі даних аерокосмічного моніторингу, зокрема, комбінованого функціонального розрахунку величини комплексного індексу «NDWI-NDVI-NRI» або AEZI (Agroecological Zoning Index). Можливості та принципи застосування авторської методики оцінки AEZI представлено на базі дослідних полів Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН за 2021 та 2023 роки, а також для зони степу України в цілому. **Методи.** Індекс агроекологічного районування сільськогосподарських земель розроблено на основі інтегративної розрахункової оцінки величин нормалізованого диференційного вегетаційного індексу, нормалізованого диференційного водного індексу та індексу відбивання азоту, що слугують для комплексної оцінки стану посівів, їх вологозабезпечення та рівня забезпечення основним елементом живлення – азотом. Розрахунок індексів виконували за аерокосмічними знімками супутників Landsat-8 та Sentinel-2 із роздільною здатністю 250 м, згладжена часова серія, знімки вільні від захмарення та інших спотворень. Програмне забезпечення – AgroMonitoring API. картування зони степу України відповідно до класифікації за величиною індексу агроекологічного районування для зрошуваних і неполивних умов виконували в Adobe Illustrator. **Результати.** Агроекологічна класифікація сільськогосподарських угідь Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 2023 році засвідчила про негативний вплив бойових дій на ступінь окультуреності

і агрономічної придатності земель до культивування більшості сільськогосподарських культур, при цьому у 2021 році експериментальні поля Інституту належали до умовно придатних і придатних згідно розробленої класифікації, що вказує на високий вплив раціональної агротехнології і насамперед зрошення у формуванні придатності сільськогосподарських земель до одержання сталих високих врожаїв основних культур. Аналіз умов зони степу в цілому засвідчив, що у незрошуваних умовах сільськогосподарські землі даної зони є малоприсадибними до культивування кукурудзи на зерно, сої та соняшника. Але в зрошуваних умовах більшість територій переходить до класу умовно придатних та повністю придатних земель, що є додатковим свідченням на користь високої ваги фактору зрошення в забезпеченні продовольчої безпеки України на даному етапі в умовах трансформації клімату. **Висновки.** Агроекологічне районування територій можна здійснювати оперативно та з високою точністю для великих за масштабами територій із застосуванням аерокосмічного моніторингу, а саме таких індексів, як NDVI, NDWI, NRI, за розрахунку комплексного індексу агроекологічного районування AEZI. Індекс агроекологічного районування дозволяє оцінити придатність сільськогосподарських земель до вирощування будь-яких сільськогосподарських культур із урахуванням таких важливих параметрів, які впливають на їх продуктивність, як вологозабезпеченості та поживний режим ґрунту. Застосування комплексу аерокосмічних спостережень та ГІС дозволяє виконувати оперативне динамічне картування територій за ступенем їх придатності до виробництва рослинницької продукції та виконувати динамічний і прогностичний аналіз агрокліматичної ситуації на територіях будь-якого масштабу.

Ключові слова: аерокосмічний моніторинг, нормалізований диференційний вегетаційний індекс, нормалізований диференційний водний індекс, індекс відбивання азоту, індекс агроекологічного районування.

Lykhovyd P.V. An agro-ecological assessment of agricultural land based on remote sensing of the Earth

Purpose. To acquaint the scientific community with the author's method of zoning and mapping of agricultural lands according to the degree of their suitability for the cultivation of the main agricultural crops on the base of spatial monitoring, in particular, the combined functional calculation of the value of the complex index "NDWI-NDVI-NRI" or AEZI (Agroecological Zoning Index). Possibilities and principles of applying the author's AEZI assessment methodology are presented based on experimental fields of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences for 2021 and 2023, as well as for the Steppe zone of Ukraine as a whole. **Methods.** The Agroecological Zoning Index was developed on the basis of an integrative calculation of the values of the normalised difference vegetation index, the normalised difference water index and the nitrogen reflectance index, which serve for a comprehensive assessment of the crop's conditions, e.g., moisture supply and available nitrogen. The indices were calculated using Landsat-8 and Sentinel-2 aerospace images with a resolution of 250 m, smoothed time series, images free from clouds and other distortions. Software – AgroMonitoring API. Mapping of the Steppe zone of Ukraine according to the

classification by the value of the Agroecological Zoning Index for irrigated and non-irrigated conditions was performed in Adobe Illustrator. **Results.** The agroecological classification of agricultural lands of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences in 2023 testified about the negative impact of military activities on the degree of cultivation and agronomic suitability of lands for the cultivation of most agricultural crops, while in 2021 the experimental fields of the Institute belonged to the conditionally suitable and suitable classes according to the developed classification, which indicates the high impact of rational agrotechnology and, first of all, irrigation in shaping the suitability of agricultural land for obtaining constant high yields of the main crops. The analysis of the conditions of the Steppe zone proved that, in non-irrigated conditions, the agricultural lands of this zone are not suitable for the cultivation of maize, soybean and sunflower. But under irrigated conditions, most of the territories fall into the class of conditionally suitable and suitable lands, which is additional evidence in favour of the high weight of the irrigation factor in ensuring

food security in Ukraine at this stage in the conditions of climate transformation. **Conclusions.** Agroecological zoning can be performed in a timely and accurate manner for large-scale territories using aerospace monitoring, namely such indices as NDVI, NDWI, and NRI, based on the calculation of the complex index of agroecological zoning AEZI. The index of agroecological zoning allows one to assess the suitability of agricultural land for the cultivation of any agricultural crops, taking into account such important parameters that affect their productivity, such as moisture availability and nutrient status of the soil. The use of a complex of aerospace observations and GIS allows to carry out operational dynamic mapping of territories according to the degree of their suitability for the production of plant products and to perform dynamic and prognostic analysis of the agro-climatic situation in territories of any scale.

Key words: spatial monitoring, normalised difference vegetation index, normalised difference water index, nitrogen reflectance index, agroecological zoning index.

АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ПІДВИЩЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ ГРЕЧКИ ДЛЯ УМОВ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

МАЩЕНКО О.А. – аспірант

orcid.org/0009-0009-2721-6200

Сумський національний аграрний університет

БУТЕНКО А.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-5431-3481

Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Для вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними білками значна роль, без сумніву, відводиться круп'яним культурам, а особливо гречці. Висока поживна цінність гречки визначається складом її білкового комплексу: білок гречки є високо засвоюваним (майже 60–70%), багатий такими важливими амінокислотами, як лізин, триптофан, аргінін, а також гістидін – необхідний для дитячого харчування.

Культура гречки є традиційною для України. Низка економічних і суспільних факторів останніх десятиліть зумовила суттєве зменшення виробництва цієї важливої культури, що призвело до скорочення обсягів внутрішнього споживання та втрати експортного потенціалу у цьому сегменті рослинництва.

Комплекс економічних факторів та стійка тенденція до потепління клімату обумовили загальне скорочення посівних площ гречки й витіснення її посівів із південних регіонів України в північні. Це стало основною причиною скорочення валових обсягів виробництва культури та насичення внутрішнього ринку крупою іноземного походження.

Врожайність та якість сировини в значній мірі залежить від особливостей сорту та елементів технології вирощування пристосованих до ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування.

Гречка культура тепло- та вологолюбна, а весняні умови зони північно-східного лісостепу (Сумської область) відзначаються частими весняними посухами та пізніми приморозками, тому підбір адаптованих сортів за стабільним потенціалом продуктивності, а також оптимізацією строків сівби та попередників, має важливе значення для отримання дружніх повноцінних сходів та збереження посівів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гречка є джерелом харчових продуктів та економічного розвитку країни. Однак традиційні методи вирощування гречки викликають проблеми з екологічною безпекою, можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Вирощування гречки неодноразово супроводжується використанням хімічних добрив та пестицидів, що може негативно вплинути на якість та безпечність продукту, а також на довкілля. Одним із шляхів зменшення негативного впливу вирощування гречки на довкілля є впровадження технології

агробіологізації вирощування цієї культури саме через постійне удосконалення технологічних елементів виробництва цієї культури [1, 2].

Динаміка посівних площ гречки в Україні вказує на зрушення зони розповсюдження культури з переважною концентрацією посівів у центральній та північній частинах лісостепу. Аналіз сортового потенціалу культури та її виробництва в традиційній зоні вирощування вказують на необхідність селекційного та технологічного оновлення гречки за рахунок створення сортів різного морфотипу з розробкою відповідних технологій вирощування [3, 4].

Поступове витіснення посівів гречки із зони степу й південного лісостепу в північний лісостеп та Полісся зумовлює пошук селекційних та технологічних важелів підвищення її продуктивності, в тому числі за рахунок запровадження сортових технологій вирощування. На сьогодні відпрацювання окремих елементів таких технологій проводиться в Інституті землеробства НААН [3].

Досягнення необхідного рівня адаптованості гречки до специфічних умов літньо-осінньої вегетації можливе лише на основі відповідного сортового забезпечення. Одним із ефективних механізмів підвищення рівня адаптованості є використання явища фотоперіодизму. В еволюційному аспекті виникнення фотоперіодизму є вторинним (адаптивним) процесом, що забезпечує можливість більш тонкої реакції на умови географічного розташування та динаміку сезонних змін. Фотоперіодизм, як і яровизація, є пристосувальним механізмом, який дозволяє рослинам зацвітати за певних, найбільш сприятливих умов та проявляється в зміні ростових процесів та розвитку [2, 5].

Гречка – культура, в якій вплив сортових особливостей на формування врожайності змушує постійно шукати оптимальні схеми технології вирощування. Сортова реакція гречки встановлює тенденцію формування продуктивності в залежності від різної архітекtonіки та визначає необхідність удосконалення технології вирощування з урахуванням онтогенетичного розвитку рослин [3, 6, 7].

В агротехнічному комплексі вирощування гречки велике значення має правильне розташування її посівів у сівозміні. Дуже часто цю культуру вважають невимогливою і розміщують по незадовільних попередниках, внаслідок чого врожаї бувають низькими і нестійкими. Практика багатьох господарств

свідчить, що і гречка вимагає добрих попередників. Поряд з ними необхідно враховувати і особливості ґрунтів [4, 5, 8].

Неодночасність дозрівання, формування врожаю зерна в нижній частині куща, різна здатність до розгалуження, значне варіювання генеративних органів по сортах і призвели до досліджень, які вказують на необхідність розробки сортових технологій вирощування культури, починаючи з оптимізації строків сівби, попередників і норм висіву різних сортів гречки, що стає найбільш важливим особливо за умов глобальних змін клімату.

Мета. Встановити особливості формування структури врожаю сортів гречки різного морфотипу в залежності від попередників та строків сівби в умовах лісостепової зони України. Удосконалити адаптивні технології вирощування гречки в умовах зони нестійкого зволоження. Це сприятиме росту кількісних і якісних показників урожайності, валовому збору зерна та підвищенню стійкості землеробства.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в умовах навчально-науково-виробничому комплексі Сумського національного аграрного університету протягом 2021–2023 рр. Дослідне поле розташоване в Сумському районі Сумської області. Ґрунт дослідного поля представлений чорноземом типовим малогумусним слабовилугуваним крупнопилувато-середньосуглинковим на лесі, вміст гумусу – 4,1%.

Дослідження проводили згідно методичних рекомендацій [10] в трьохфакторному досліді: фактор (А) – сорти гречки різного морфотипу: Слобожанка – індетермінантний (звичайний) морфотип, Ярославна – детермінантний морфотип; фактор (В) – строки сівби: ранній (I декада травня), оптимальний (III декада травня); фактор (С) – попередники: однорічні трави на зелений корм (овес), озиме жито на зелений корм. Повторність досліді триразова, розміщення варіантів систематичне, площа посівної ділянки 30 м² облікової – 25 м². Ста-

тистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програми Statistica [11].

Результати досліджень. Високі врожаї на сільськогосподарських посівах можна отримати лише при використанні насінневого матеріалу, який характеризується високими показниками чистоти, польової схожості не нижче 95%, дружним проростанням, не довше 5–6 днів, масою 1000 шт. насінин не менше 30–38 г, насіння повинно бути добре розвиненим, із здоровим зародком, не травмованим, не обрушеним. На показники схожості і виживання рослин суттєво також впливають строки сівби, попередники та сорти [1, 3, 9].

Тому дуже важливо правильно підібрати строки сівби та способи сівби для кожного сорту гречки, що дає можливість господарствам отримувати високі врожаї з високими показниками якості зерна [2, 4, 6].

Аналіз даних таблиці 1 показав, що по сорту Ярославна польова схожість по першому строку сівби становила 85–86%, а відсоток виживання рослин на момент збирання був нарівні 75–78%. Другий строк сівби показав, що схожість посівів була дещо вищою. Це свідчить про те, що у роки проведення досліджень на кінець травня в умовах Сумщини складались більш сприятливі умови для проростання посівного матеріалу. Однак в період збирання аналіз показника виживання рослин гречки показав, що більш повноцінними збереглися посіви першого строку сівби (раннього), особливо по попереднику озиме жито, де частка виживання рослин становила на рівні 78%.

По сорту Слобожанка як по строках сівби, так і по попередниках було отримано дещо кращі показники. Особливо слід відмітити посіви по попереднику озиме жито. При ранньому строку сівби (I декада травня) виживання рослин становило 82%, а при оптимальній сівбі (III декада травня) – 78%. По попереднику однорічні трави також були високі показники і схожості і виживання рослин. Переваги над сортом Ярославна від 3 до 5%.

Таблиця 1 – Польова схожість та виживання рослин сортів гречки залежно від попередника та строків сівби (середнє за 2021–2023 рр.)

Попередник	Польова схожість		Вживання рослин перед збиранням	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%
строк сівби – ранній (I декада травня)				
Сорт Слобожанка				
озиме жито	348	87	328	82
однорічні трави	348	87	320	80
Сорт Ярославна				
озиме жито	344	86	312	78
однорічні трави	340	85	300	75
строк сівби – оптимальний (III декада травня)				
Сорт Слобожанка				
озиме жито	340	85	312	78
однорічні трави	332	83	300	75
Сорт Ярославна				
озиме жито	360	90	300	75
однорічні трави	348	87	288	72

Таким чином, результати наших досліджень виявили, що більш витривалими виявились рослини гречки сорту Слобожанка по обох попередниках, однак кращі показники були по попереднику озиме жито при сівбі в першу декаду травня (ранній строк).

За даними наших досліджень щодо формування елементів врожаю (табл. 2) відмічаємо, що сорт Ярославна в середньому за роки досліджень мав значні показники по накопиченню сухої речовини із врахуванням попередника та строків сівби. При сівбі в першу декаду травня по обох попередниках було отримано всього сухої речовини від 834 до 859 г/м². Вага зерна коливалась від 245 г по попереднику однорічні трави до 263 г по попереднику озиме жито. Відношення зерна до соломи було в межах 30%. А зернова продуктивність на одну рослину від 0,82 до 0,84 г. Сівба в оптимальний строк (III декада травня) по обох попередниках була менш ефективною. В цілому сухої речовини по попередниках отримали від 831 до 838 г/м². Зернова маса становила 230–245 г/м². Озерненість рослин була найменшою по попереднику озима пшениця – на рівні 24,4%. Продуктивність рослин також зменшилась до 0,80 та 0,82 г/рослину.

Рослини гречки сорту Слобожанка мали більш розвинену вегетативну масу в порівнянні із сортом Ярославна. Закономірність виявилась по обох попередниках і особливо по попереднику озиме жито, де маса зерна за раннього строку сівби становила 288 г/м², а при оптимальному – 271 г/м².

Для сорту Слобожанка виявився гіршим попередник однорічні трави. При ранніх строках сівби зернова маса склала 265 г/м², а в оптимальні – 254 г/м².

Також більш високою була озерненість сорту Слобожанка, цей показник становив в межах 30–33%, що по всіх варіантах перевищувала сорт Ярославна.

Порівняльна оцінка продуктивності досліджуваних сортів гречки показала, що сорт Слобожанка мав кращі показники елементів структури врожаю як по строках сівби, так і по попередниках.

Одержані результати експериментальних даних врожайності гречки сформованої під впливом сорту, попередника та строків сівби (в середньому за роки досліджень) встановили, що по сорту Ярославна середня врожайність за раннього строку сівби після однорічних трав становила 2,45 т/га, а по попереднику озиме жито – 2,63 т/га. Оптимальний строк сівби сприяв формуванню дещо меншої врожайності. Вона в середньому за три роки становила 2,30 та 2,45 т/га. По сорту Слобожанка в цілому по досліді врожайність була дещо вищою, навіть між варіантами досліді в порівнянні із сортом Ярославна, перевищення було в межах 0,2 т/га. Різниця між однотипними варіантами в середньому за три роки становила: ранній строк сівби – 0,25 та 0,20 т/га; оптимальний строк сівби – 2,6 та 2,34 ц/га.

Отже, досліджувані сорти активно реагували на попередники та строки сівби, краще використовували вологозабезпечення та температурний режим за умов раннього строку сівби (I декада

Таблиця 2 – Вплив досліджуваних факторів на формування структури врожаю сортів гречки (середнє за 2021–2023 рр.)

Спосіб сівби	Маса сухої речовини, г/м ²				Продуктивність, г/рослину	Урожайність, т/га
	загальна	зерно	солома	співвідношення зерна до соломи, %		
строк сівби – ранній (I декада травня)						
Сорт Слобожанка						
озиме жито	870	288	582	33,1	0,88	2,88
однорічні трави	875	265	610	30,3	0,83	2,65
НІР ₀₅						0,71
Сорт Ярославна						
озиме жито	859	263	596	30,6	0,84	2,63
однорічні трави	834	245	589	29,2	0,82	2,45
НІР ₀₅						0,81
строк сівби – оптимальний (III декада травня)						
Сорт Слобожанка						
озиме жито	850	271	542	33,0	0,87	2,71
однорічні трави	830	254	576	31,8	0,85	2,54
НІР ₀₅						0,68
Сорт Ярославна						
озиме жито	838	245	593	29,2	0,82	2,45
однорічні трави	321	230	591	24,4	0,80	2,30
НІР ₀₅						0,64

травня), а серед попередників більш ефективний вплив встановлено при вирощування після озимого жита на зелений корм.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що для гречки більш сприятливим для формування продуктивних посівів був ранній строк сівби по попереднику озиме жито, особливо у сорту Ярославна, в якого найбільш повно реалізувались потенційні можливості продуктивності. Формування репродуктивних органів було більш ефективним у сорту Слобожанка по попереднику озиме жито, де озерненість рослин була на рівні 30–33%. Максимальну врожайність отримали у сорту Слобожанка, яка по попереднику озиме жито варіювала від 2,71 до 2,88 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаврилянчик Р. Ю. Продуктивність гречки залежно від попередників та бактеріальних добрив. Збірник наукових праць Подільської державної аграрно-технічної академії. Кам'янець–Подільський: Абетка. 2001. Вип. 9. С. 140–142.
2. Троценко В. І., Кліщенко А. В. Адаптивний потенціал гречки в умовах північно–східного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ, серія «Агрономія і біологія». Суми, 2016. Вип. 9 (32), С. 192–196.
3. Кабанець В. М., Страхоліс І. М., Бердін С. І., Оничко В. І. Оцінка рівня вегетативного та генеративного розвитку рослин гречки на структурні показники продуктивності. Вісник СНАУ. Серія «Агрономія і біологія», 2017. Вип. 2 (33), С. 164–168.
4. Кабанець В. М., Страхоліс І. М. Агротехнічні прийоми вирощування круп'яних культур для умов північно–східного Лісостепу України. Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН. Сад. 2017. 20 с.
5. Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Ногін В. В. Важливість вирощування гречки як унікальної й екологічно орієнтованої культури. Scientific Progress & Innovations. 2022. Вип. 1. С. 69–76. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.08>
6. Sangma S. C., Chrungoo N. K. Buckwheat gene pool: potentialities and drawbacks for use in crop improvement programmes. Eur J lant Sci Biotechnol. 2010. № 4. P. 45–50.
7. Campbell C. Buckwheat crop improvement. Fagopyrum. 2003. № 20. P. 1–6.
8. Ляшенко В. В., Сахно Т. В., Тригуб О. В., Семенов А. О. Фізіологічна реакція рослин сортів гречки посівної *Fagopyrum esculentum moench* за умови різних режимів гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу. Scientific Progress & Innovations. 2022. № 2(2). P. 30–38. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.03>
9. Jiang P. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. Food Research International. 2007. Vol. 40. № 3. P. 356–364.
10. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Київ. 2003.
11. Царенко О. М., Злобін Ю. А., Скляр В. Г., Панченко С. М. Комп'ютерні методи в сільському госпо-

дарстві та біології: Навчальний посібник. Суми, Університетська книга. 2000. 203 с.

REFERENCES:

1. Havrylianchyk R. Yu. (2001). *Produktyvnist hrechky zalezhno vid poperednykiv ta bakterialnykh dobroyv* [Buckwheat productivity depending on precursors and bacterial fertilizers], Zbirnyk naukovykh prats Podilskoi derzhavnoi ahrarno–tekhnichnoi akademii. Kamianets–Podilskyi: Abetka, 9, 140–142 [in Ukrainian].
2. Trotsenko V. I., Klitsenko A. V. (2016). *Adaptyvnyi potentsial hrechky v umovakh pivnichno–skhidnoho Lisostepu Ukrainy* [Adaptive potential of buckwheat in the conditions of the northeastern forest–steppe of Ukraine], Visnyk Sumskoho NAU, seria "Ahronomiia i biolohiia". Sumy, 9 (32), 192–196 [in Ukrainian].
3. Kabanets V. M., Strakholis I. M., Berdin S. I., Onychko V. I. (2017). *Otsinka rivnia vehetatyvnoho ta heneratyvnoho rozvytku roslyn hrechky na strukturni pokaznyky produktyvnosti* [Evaluation of the level of vegetative and generative development of buckwheat plants on structural indicators of productivity]. Visnyk SNAU. Seriiia «Ahronomiia i biolohiia», 2 (33), 164–168 [in Ukrainian].
4. Kabanets V. M., Strakholis I. M. (2017). *Ahrotekhnichni pryomy vyroshchuvannia krupianykh kultur dlia umov pivnichno–skhidnoho Lisostepu Ukrainy* [Agrotechnical methods of growing cereal crops for the conditions of the northeastern forest–steppe of Ukraine], Instytut silskoho hospodarstva Pivnichnoho Skhodu NAAN. Sad, 20 [in Ukrainian].
5. Tryhub O. V., Kutsenko O. M., Liashenko V. V., Nohin V. V. (2022). *Vazhlyvist vyroshchuvannia hrechky yak unikalnoi y ekolohichno oriientovanoi kultury* [The importance of growing buckwheat as a unique and ecologically oriented crop], Scientific Progress & Innovations, 1, 69–76 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.08>
6. Sangma S. C., Chrungoo N. K. Buckwheat gene pool: potentialities and drawbacks for use in crop improvement programmes. Eur J lant Sci Biotechnol. 2010. № 4. P. 45–50.
7. Campbell C. Buckwheat crop improvement. Fagopyrum. 2003. № 20. P. 1–6.
8. Liashenko V. V., Sakhno T. V., Tryhub O. V., Semenov A. O. (2022). *Fiziolohichna reaktsiia roslyn sortiv hrechky posivnoi Fagopyrum esculentum moench za umovy riznykh rezhymiv hidroprainihu na rannikh etapakh ontogenezu* [Physiological reaction of plants of buckwheat varieties of seed Fagopyrum esculentum moench under conditions of different modes of hydropriming at early stages of ontogenesis], Scientific Progress & Innovations, 2(2), 30–38 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.03>
9. Jiang P. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. Food Research International. 2007. Vol. 40. № 3. P. 356–364.
10. *Metodyka provedennia ekspertyzy ta derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh kultur* [Methodology for examination and state testing of plant varieties of grain, grain and

leguminous crops] (2003). Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty rosllyn. Kyiv [in Ukrainian].

11. Tsarenko O. M., Zlobin Yu. A., Skliar V. H., Panchenko S. M. (2000). *Kompiuterni metody v silskomu hospodarstvi ta biologii: Navchalnyi posibnyk* [Computer methods in agriculture and biology: Training manual], Sumy, Universytetska knyha, 203 [in Ukrainian].

Мащенко О.А., Бутенко А.О. Агротехнічні прийоми підвищення реалізації генетичного потенціалу сортів гречки для умов північно-східного лісостепу України

Мета. В умовах зони нестійкого зволоження північно-східного лісостепу України дати оцінку стійкості апробованих генотипів до конкретних погодних умов вегетаційного періоду. Визначити сорти гречки різного морфотипу, які вирізнялись високим адаптивним потенціалом, встановити особливості формування структури врожаю в залежності від попередників та строків сівби в умовах лісостепової зони України. Удосконалити адаптивні технології вирощування гречки в умовах зони нестійкого зволоження.

Методи. При проведенні досліджень були використані загальнонаукові та спеціальні методи: польовий; кількісний; вимірально-ваговий; метод пробного снопа; метод суцільного поділяночного збирання. Статистична обробка врожайних даних проводилась методом дисперсійного аналізу з використанням пакету прикладних програм Statistica for Windows.

Результати. Рослини гречки сорту Слобожанка мали більш розвинену вегетативну масу в порівнянні із сортом Ярославна. Закономірність виявилась по обох попередниках і особливо по попереднику озиме жито, де маса зерна за раннього строку сівби становила 288 г/м², а при оптимальному – 271 г/м². Для сорту Слобожанка виявився гіршим попередник однорічні трави. При ранніх строках сівби зернова маса склала 265 г/м², а в оптимальній – 254 г/м². Також більш високою була озерненість сорту Слобожанка, цей показник становив в межах 30–33%, що по всіх варіантах перевищувала сорт Ярославна. Порівняльна оцінка продуктивності досліджуваних сортів гречки показала, що сорт Слобожанка мав кращі показники елементів структури врожаю як по строках сівби, так і по попередниках.

Одержані результати експериментальних даних врожайності гречки сформованої під впливом сорту, попередника та строків сівби (в середньому за роки досліджень) встановили, що по сорту Ярославна середня врожайність за раннього строку сівби після однорічних трав становила 2,45 т/га, а по попереднику озиме жито – 2,63 т/га. Оптимальний строк сівби сприяв формуванню дещо меншої врожайності. Вона в середньому за три роки становила 2,30 та 2,45 т/га. По сорту Слобожанка в цілому по досліді врожайність була дещо вищою, навіть між варіантами досліду в порівнянні із сортом Ярославна, перевищення було в межах 0,2 т/га. Різниця між однотипними варіантами в середньому за три роки становила: ранній строк сівби – 0,25 та 0,20 т/га; оптимальний строк сівби – 2,6 та 2,34 ц/га.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що для гречки більш сприятливим для формування продуктивних посівів був ранній строк сівби по попереднику озиме жито, особливо у сорту Ярославна, в якого найбільш повно реалізувались

потенційні можливості продуктивності. Формування репродуктивних органів було більш ефективним у сорту Слобожанка по попереднику озиме жито, де озерненість рослин була на рівні 30–33%. Максимальну врожайність отримали у сорту Слобожанка, яка по попереднику озиме жито варіювала від 2,71 до 2,88 т/га.

Ключові слова: врожайність, продуктивність, генотип, попередники, строки сівби, морфотип, структура врожаю, польова схожість.

Mashchenko O.A., Butenko A.O. Agrotechnical methods of increasing the realization of the genetic potential of buckwheat varieties for the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine

Purpose. In the conditions of the unstable moisture zone of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine, give an assessment of the resistance of the tested genotypes to specific weather conditions of the growing season. To determine buckwheat varieties of different morphotypes, which were distinguished by high adaptive potential, to establish the peculiarities of the formation of the crop structure depending on the predecessors and sowing dates in the conditions of the forest-steppe zone of Ukraine.

Methods. General scientific and special methods were used during the research: field; quantitative; measuring and weighing; test beam method; method of continuous partition assembly. Statistical processing of yield data was carried out by the method of variance analysis using the Statistica for Windows application program package.

Results. Buckwheat plants of the Slobozhanka variety had a more developed vegetative mass compared to the Yaroslavna variety. The regularity was revealed for both predecessors, and especially for the predecessor winter rye, where the mass of grain during the early sowing period was 288 g/m², and at the optimum – 271 g/m².

For the Slobozhanka variety, the predecessor of the annual grass turned out to be worse. At the early sowing times, the grain weight was 265 g/m², and at the optimal time – 254 g/m². Also, the grain size of the Slobozhanka variety was higher, this indicator was in the range of 30–33%, which in all variants exceeded the Yaroslavna variety. A comparative assessment of the productivity of the studied buckwheat varieties showed that the Slobozhanka variety had better indicators of the elements of the crop structure both in terms of sowing and in predecessors.

The obtained results of experimental data on the yield of buckwheat formed under the influence of the variety, predecessor and sowing dates (on average over the years of research) established that the average yield of the Yaroslavna variety during the early sowing period after annual grasses was 2.45 t/ha, and the predecessor of winter rye – 2.63 t/ha. The optimal sowing period contributed to the formation of a slightly lower yield. It averaged 2.30 and 2.45 t/ha over three years. According to the Slobozhanka variety, in general, according to the experiment, the yield was somewhat higher, even between the variants of the experiment in comparison with the Yaroslavna variety, the excess was within 0.2 t/ha. The difference between the same types of variants on average over three years was: early sowing time – 0.25 and 0.20 t/ha; the optimal sowing time is 2.6 and 2.34 t/ha.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was established that for buckwheat, the early sowing

period after the predecessor of winter rye was more favorable for the formation of productive crops, especially in the Yaroslavna variety, in which the potential productivity opportunities were most fully realized. The formation of reproductive organs was more effective in the Slobozhanka variety compared to its predecessor,

winter rye, where the grain size of the plants was at the level of 30–33%. The maximum yield was obtained from the Slobozhanka variety, which, according to its predecessor, winter rye, varied from 2.71 to 2.88 t/ha.

Key words: productivity, adaptability, genotype, agrometeorological resources, grain quality.

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ СКОРОСТИГЛИХ ГРУП В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

МОЛДОВАН Ж.А. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1180-5969

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кормів та сільського господарства Поділля
Національної академії аграрних наук України

МОЛДОВАН В.Г. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-3145-1686

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кормів та сільського господарства Поділля
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Ґрунтово-кліматичні умови України дозволяють не тільки забезпечити внутрішні потреби, а значно наростити експортний потенціал зерна кукурудзи. Однак досить часто зростання валового збору зерна кукурудзи відбувається не за рахунок підвищення врожайності, а внаслідок розширення площі посіву, хоча науковими дослідженнями доведено, що гарантією доброї врожаю кукурудзи є сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, висока культура землеробства, чітка технологічна дисципліна, високоврожайний гібрид із широким адаптивним потенціалом. Ми, на жаль, не можемо змінити природні фактори, але, маючи у розпорядженні низку агротехнічних і агрономічних прийомів, заходів, можемо істотно вплинути на імунітет рослин, збільшити стресостійкість, посухостійкість, оптимізувати використання доступних елементів живлення та вологи для формування вегетативної маси й генеративних органів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковими дослідженнями у різних ґрунтово-кліматичних зонах України встановлено, що одним з найбільших визначальних чинників, який сприяє досягненню високого рівня врожаю кукурудзи, є формування оптимальної густоти посіву, яка дасть змогу гібриду реалізувати свій потенціал. Традиційно саме густота посіву була основною вирішальною силою приросту врожаю зерна кукурудзи. Цей елемент технології залишається особливо актуальним з огляду на істотне потепління та пов'язану з ним часту повторюваність посух або нерівномірний розподіл опадів навіть в умовах Західного Лісостепу, який традиційно вважається зоною достатнього зволоження [1, 2].

Дані багатьох дослідників свідчать про те, що на початку росту і розвитку, коли кукурудза має слабо розвинену кореневу систему та невелику площу листової поверхні, рослини не реагують на загущеність посівів. Однак, надалі варіювання числа рослин на одиниці площі суттєво позначається на їх життєздатності у посівах, рості й розвитку, особливостях надходження і використання сонячної радіа-

ції, споживанні вологи, поживних речовин і в кінцевому результаті – на урожайності зерна.

У різних ґрунтово-кліматичних зонах встановлено, що по мірі наростання густоти рослин їх висота збільшувалася разом з висотою прикріплення качана [3, 4, 5]. Максимальні значення площі асиміляційної поверхні рослини кукурудзи формували за найменшої густоти стояння, тоді як максимальну величину фотосинтетичного потенціалу спостерігали за найбільшою густотою стояння рослин [6].

Разом з тим, в умовах лісостепу України густота стояння рослин майже не впливає на тривалість міжфазних і вегетаційного періодів росту й розвитку гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Ці показники змінювалися залежно від погодно-кліматичних умов років досліджень і гібридного складу [7, 8].

В умовах Північного Степу густота стояння рослин майже не впливала на вологість зерна та вихід зерна з качана, тоді як кращу озерненість качана рослини кукурудзи мали за найменшої густоти стояння [9].

Через збільшення густоти рослин від максимального до мінімального у досліджуваних гібридів спостерігалось зменшення лінійних розмірів. Крім того, загущення посіву спричинило зменшення маси зерна з качана у ранньостиглого гібрида на 12,1 %, середньораннього – на 15,6 % та середньостиглого – на 20,4 % [8]. Збільшення густоти стояння рослин призводить і до зменшення індексу урожайності або коефіцієнта господарської ефективності [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про актуальність питання площі живлення цієї культури, оскільки впроваджуються у виробництво нові гібриди різних груп стиглості, які вимагають вивчення окремих елементів технології в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Крім того, істотне потепління й нерівномірне випадання опадів, часта повторюваність посух зумовлюють необхідність визначення можливості протистояти цим явищам зокрема за рахунок визначення оптимальної густоти стояння рослин для кожного гібриду й ґрунтово-кліматичної зони вирощування [11–15].

Мета статті – встановити особливості формування урожайності гібридів кукурудзи скоростиглих груп шляхом оптимізації густоти стояння рослин в умовах Західного Лісостепу.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися Хмельницькою ДСГДС ІКСГП НААН впродовж 2021–2023 рр. на чорноземах опідзолених, середньосуглинкових. Ґрунт достатньо насичений основами – 39,8–42,0 мг екв. на 100 г, має гідролітичну кислотність 1,8–2,7 мг екв. на 100 г ґрунту. Вміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,2 %. Формами поживних речовин середньо забезпечений: вміст азоту, що легко гідролізується, – 14,4–16,6, фосфору рухомого – 11,0–12,0, калію обмінного – 7,8–8,0 мг на 100 г ґрунту.

Експеримент закладено та проведено у польовому двохфакторному досліді відповідно до методики дослідної справи в агрономії. В схему досліді були включені такі чинники: фактор А – гібриди кукурудзи, які різнилися за числом ФАО: ДН Атон (ФАО 190), ДН Астра (ФАО 270) та фактор Б – густина стояння рослин (70, 75, 80, 85, 90 тис. на 1 га).

Технологія вирощування кукурудзи, окрім досліджуваних чинників, є загальноприйнятною для зони західного лісостепу. Експериментальні роботи передбачали проведення польових досліджень з використанням польового, лабораторних, морфологічних, фізичних, порівняльно-розрахункових методів за відповідними методиками.

Результати досліджень. Погодні умови вегетаційного періоду за роками досліджень відрізнялися не тільки від багаторічних показників, але й між собою, що, безумовно, впливало на ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи, формування показників елементів структури, індивідуальної продуктивності та урожайності зерна. Зокрема, для отримання сходів найкращими вони були у 2021 році, найгіршими – у 2023 році. Гідротермічні умови у періоди росту та розвитку рослин кукурудзи, формування качанів, наливу зерна у роки проведення досліджень загалом були сприятливими з достатньою кількістю опадів, але нерівномірним їх розподілом та доволі

високими показниками середньодобової температури повітря. Найкращі умови для дозрівання зерна кукурудзи склалися у 2023 році, найгіршими вони були в 2022 році.

За результатами проведеного дослідження встановлено суттєву залежність показників елементів структури, урожайності із генетичними особливостями гібриду та густотою стояння рослин. Зокрема, на 100 рослинах кукурудзи, у середньому за роки досліджень, формувалося у ранньостиглого гібрида ДН Атон 97–102 продуктивних качанів, тоді як у середньораннього гібрида ДН Астра – 96–99 шт. залежно від густоти стояння. Відмічено, що у обох гібридів кукурудзи збільшення густоти стояння рослин зумовлювало зменшення числа продуктивних качанів на 100 рослинах. Найбільша ж їх кількість формувалася за найменшої густоти стояння (табл. 1).

За узагальненими даними встановлено, що зменшення або збільшення густоти стояння рослин у обох досліджуваних гібридів майже не впливало на формування таких показників як кількість рядів і зерен у ряду на качані.

Разом з тим, зменшення густоти стояння рослин зумовлювало збільшення довжини качана у ранньостиглого гібрида ДН Атон на 1,1%, середньораннього ДН Астра – на 3,6 %, вихід зерна з качана збільшувався, відповідно, на 0,4 та 0,3 %, озерненість качана – на 1,3 та 2,4 %, маса зерна з 1 качана – на 4,9 та 1,9 %, маса 1000 зерен – на 2,2 та 1,2 %.

Довжина качана у ранньостиглого гібрида ДН Атон зменшувалася з 18,3 см за густоти стояння 80 тис. рослин на 1 га до 17,8 см (або на 2,7 %) за збільшення цього показника до 90 тис. рослин на 1 га. У гібрида ДН Астра довжина качана зменшується з 20,4 см за густоти стояння 75 тис. рослин на 1 га до 18,6 см (або на 5,6 %) за густоти стояння 85 тис. рослин на 1 га.

У обох досліджуваних гібридів кукурудзи за збільшення густоти стояння рослин зменшувалися показники озерненості, маси зерна з 1 качана та

Таблиця 1 – Біометричні показники качана та елементи структури врожаю (середнє за 2021–2023 рр.)

Густина стояння рослин	Кількість продуктивних качанів на 100 рослинах, шт.	Довжина качана, см	Вихід зерна з качана, %	Озерненість качана, шт. зернин	Маса зерна з 1 качана, г	Маса 1000 зернин, г
ДН Атон						
75 тис. рослин на 1 га	102	18,5	82,5	640	149,0	242,3
80 тис. рослин на 1 га (контроль)	100	18,3	82,1	632	142,0	237,0
85 тис. рослин на 1 га	98	18,1	81,4	624	140,0	231,8
90 тис. рослин на 1 га	97	17,8	81,1	608	137,0	227,5
ДН Астра						
70 тис. рослин на 1 га	99	20,4	84,2	588	164,0	311,2
75 тис. рослин на 1 га (контроль)	98	19,7	83,9	574	161,0	307,5
80 тис. рослин на 1 га	97	19,4	83,7	560	154,0	294,7
85 тис. рослин на 1 га	96	18,6	82,8	532	140,0	289,2

Таблиця 2 – Урожайність зерна гібридів кукурудзи скоростиглих груп залежно від густоти стояння рослин, т/га

Густота стояння рослин (В)	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середнє	Відхилення	
					т/га	%
ДН Атон (А)						
75 тис. рослин на 1 га	8,91	8,84	9,17	8,97	-0,46	4,9
80 тис. рослин на 1 га (контроль)	9,43	9,21	9,64	9,43	-	-
85 тис. рослин на 1 га	10,07	9,77	10,22	10,02	+0,59	6,3
90 тис. рослин на 1 га	10,65	10,19	10,75	10,53	+1,10	11,7
У середньому по гібриду	9,76	9,50	9,94	9,73		
ДН Астра						
70 тис. рослин на 1 га	10,14	9,75	9,89	9,93	-0,42	4,1
75 тис. рослин на 1 га (контроль)	10,69	10,12	10,23	10,35	-	-
80 тис. рослин на 1 га	11,27	10,64	10,72	10,88	+0,53	5,1
85 тис. рослин на 1 га	11,86	10,97	11,06	11,30	+0,95	9,2
У середньому по гібриду	10,99	10,37	10,47	10,61		
НІР ₀₅	2021 рік	А – 0,11		В – 0,15	АВ – 0,21	
	2022 рік	А – 0,10		В – 0,14	АВ – 0,20	
	2023 рік	А – 0,09		В – 0,12	АВ – 0,17	

1000 насінин. У ранньостиглого гібрида ДН Атон за збільшення густоти стояння рослин до 85 та 90 тис. рослин на 1 га озерненість качана зменшується на 1,3 та 3,8 %, маса зерна з 1 качана – на 1,4 та 3,5 %, а маса 1000 насінин – на 2,2 та 4,0 % відповідно.

У середньораннього гібрида ДН Астра за збільшення густоти стояння рослин до 80 та 85 тис. рослин на 1 га озерненість качана зменшувалася на 2,4 та 7,9 %, маса зерна з 1 качана – на 4,3 та 13,0 %, а маса 1000 насінин – на 4,2 та 5,9 % відповідно.

Критерієм ефективності застосування технологічного прийому є урожайність. Слід зазначити, що урожайність гібридів кукурудзи також залежала від погодно-кліматичних умов років проведення досліджень. Зокрема, ранньостиглий гібрид кукурудзи ДН Атон вищу врожайність сформував у 2023 році, тоді як середньоранній ДН Атон – у 2021 році (табл. 2).

У середньому за три роки досліджень урожайність зерна ранньостиглого гібрида кукурудзи ДН Атон склала 8,97–10,53 т/га, середньораннього гібрида ДН Астра – 9,93 – 11,30 т/га залежно від густоти стояння рослин. Варто зазначити, що у обох досліджуваних гібридів кукурудзи зменшення густоти стояння рослин призводило до істотного зменшення урожайності зерна: на 0,46 т/га або 4,9 % – у ранньостиглого гібрида ДН Атон та 0,42 т/га або 4,1 % – у середньораннього гібрида ДН Астра. За збільшення густоти стояння рослин урожайність зерна зростала у ранньостиглого гібрида ДН Атон на 6,3 та 11,7 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 5,1 та 9,2 %.

Найвищі показники урожайності отримали у ранньостиглого гібрида ДН Атон за збільшення густоти стояння рослин до 90 тис. на 1 га – 10,53 т/га, у середньораннього гібрида ДН Астра за збільшення густоти стояння рослин до 85 тис. на 1 га – 11,30 т/га,

що, відповідно на 1,10 т/га або 11,7 % та 0,95 т/га або 9,2% більше порівняно до контролю.

Висновки. Погодні умови вегетаційного періоду за роками досліджень відрізнялися не тільки від багаторічних показників, але й між собою, що, безумовно, впливало на ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи, формування показників елементів структури, індивідуальної продуктивності та урожайності зерна. Обидва гібриди кукурудзи, що досліджувалися, найкращі показники елементів структури врожаю (озерненість качана, вихід зерна з качана, маса зерна з качана та 1000 зернин) формують за густоти стояння рослин для ранньостиглого гібрида ДН Атон 75 тис. на 1 га, для середньораннього гібрида ДН Астра – 70 тис. на 1 га. Найменші – за збільшення густоти стояння рослин ранньостиглого гібрида ДН Атон до 90 тис. на 1 га, середньораннього ДН Астра – до 85 тис. на 1 га.

Найвищі показники урожайності ранньостиглий гібрид кукурудзи ДН Атон (10,53 т/га) сформував за збільшення густоти стояння рослин до 90 тис. на 1 га, середньоранній гібрид ДН Астра (11,30 т/га) – за збільшення густоти стояння рослин до 85 тис. на 1 га, що, відповідно, на 11,7 % та 9,2 % більше порівняно до контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 120–123.
2. Бомба М., Бомба М., Дудар І., Литвин О., Дудар О. Вирощування кукурудзи в Зональному землеробстві. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2021. № 25. С. 55–59. <http://dx.doi.org/10.31734/agronomy2021.01.055>
3. Дідур І. М. Телеватюк Б. І. Вплив норми висіву насіння та оптимізації системи удобрення на фор-

мування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25. С. 14–23. DOI:10.37128/2707-5826-2022-2-2.

4. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Сахацький Г. І. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. <http://dx.doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>

5. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 11–14.

6. Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Кобизева Л. Н., Міщенко С. В., Грабовський М. В. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 41–47. <http://dx.doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.7>

7. Глупак З. І., Бутенко А. О. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості та густоти стояння в умовах Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 2. С. 5–10. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-5-10>

8. Куценко О. М., Ляшенко В. В., Кеда Л. Ю. Ріст, розвиток та формування продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(4). С. 29–35. doi: 10.31210/spi2023.26.04.06

9. Дудка М. І., Якунін О. П. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в Північному Степу України. 2023. *Зернові культури*. Том 7. № 1. С. 76–84. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0261>

10. Каленська С. М., Таран В. А. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and protection*. 2018. Vol. 14. № 4. Р. 415–421. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909>

11. Красенков С. В., Дудка М. І., Чабан В. І. та ін. Реакція гібридів кукурудзи на густоту стояння рослин у північній підзоні Степу України. *Бюлетень Інституту зернових культур НААН України*. 2015. № 8. С. 81–86.

12. Бомба М., Дудар І., Литвин О., Тучапський О., Кацюба А., Гринда Ю. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2017. № 21. С. 48–52.

13. Минкін М. В., Берднікова О. Г., Минкіна Г. О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. № 106. С. 103–109.

14. Андрієнко О. О., Васильковська К. В., Андрієнко А. Л. Реакція гібридів кукурудзи на зміну густоти стояння рослин у Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. Випуск 96. Частина 1. С. 635–650. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-635-651

15. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В. Маса 1000 зерен та урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву та обробітку біопрепаратами. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3>

REFERENSES:

1. Rudavska, N. M., Hlyva, V. V. (2018). Formuvannya produktyvnosti hibrydiv kukurudzy v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Formation of productivity of maize hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo – Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*, 64, 120–123 [in Ukrainian].

2. Bomba, M., Bomba, M., Dudar, I., Lytvyn, O., Dudar, O. (2021). Formuvannya produktyvnosti hibrydiv kukurudzy v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Growing maize hybrids in zonal agriculture]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahromoho universytetu: Agronomia – Bulletin of Lviv National University: Agronomy*, 25, 55–59. <http://dx.doi.org/10.31734/agronomy2021.01.055> [in Ukrainian].

3. Didur, I. M., Televatyuk, B. I. (2022). Vplyv normy vysivu nasinnia ta optymizatsii systemy udobrennia na formuvannya produktyvnosti hibrydiv kukurudzy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Influence of seed sowing rates and fertilization system optimization on formation of maize hybrid productivity in Forest-Steppe conditions]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 25, 14–23. DOI:10.37128/2707-5826-2022-2-2 [in Ukrainian].

4. Vozhegova, R. A., Lavrinenko, Y. O., Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., Zabara P. P., Sakhatsky G. I. (2021). Morfolohichni pokaznyky hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezno vid elementiv tekhnolohii za umov zroshennia [Morphological parameters of maize hybrids of different FAO groups depending on the elements of technology under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 8, 91–99. <http://dx.doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14> [in Ukrainian].

5. Masliiov S. V. Vplyv hustoty roslyn na urozhainist kremenystoi kukurudzy v umovakh skhidnoi chastyny Stepu Ukrainy [Influence of the plant density on the yield of flint corn in conditions of the eastern part of the Steppe of Ukraine]. *VISNYK Poltavskoi derzhavnoi ahromoi akademii – Bulletin of Poltava state agrarian academy*, 3, 11–14 [in Ukrainian].

6. Lavrinenko, Y. O., Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., Kobyzeva, L. N., Mishchtnko, S. V., Grabovskiy, M. V. (2022). Fotosyntetychni pokaznyky hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty posivu i obrobittu biopreparatamy za umov zroshennia [Photosynthetic indicators of maize hybrids depending on the density of sowing and treatment with biological products for irrigation]. *Ahrarni innovatsii– Agrarian innovations*, 12, 41–47. <http://dx.doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.7> [in Ukrainian].

7. Hlupak, Z. I., Butenko, A. O. (2022). Urozhainist hibrydiv kukurudzy na zerno zalezno vid hrupy styhlosti ta hustoty stoiannia v umovakh Lisostepu Ukrainy. [The grain yield of maize hybrids depending on the ripeness group and stand density in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Bulletin of Uman national uni-*

versity of horticulture, 2, 5–10. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-5-10> [in Ukrainian].

8. Kutsenko, O., Liashenko, V., Keda, L. (2023). Rist, rozvytok ta formuvannya produktyvnosti roslyn hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid hustoty stoiannia [Growth, development and formation of corn hybrids plants of different ripening groups depending on plant stand density]. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 29–35. doi: 10.31210/spi2023.26.04.06 [in Ukrainian].

9. Dudka, M. I., Yakunin, O. P. (2023). Formuvannya vrozhaivosti zerna kukurudzy zalezno vid sposobu sivby ta hustoty stoiannia roslyn v Pivnichnomu Stepu Ukrainy. [The formation of maize grain yield depends on the method of sowing and the density of the plants standing in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Grain Crops*, 7(1), 76–84. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0261> [in Ukrainian].

10. Kalenska, S. M., Taran, V. N. (2018). Indeks urozhaivosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslyn, norm dobryv ta pohodnykh umov vyroshchuvannya [Harvest index of corn hybrids, depending on plant density, fertilizing doses and weather conditions of growing]. *Plant Varieties Studying and protection*, 14, 4, 415–421. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909> [in Ukrainian].

11. Krasniykov, S. V., Dudka, M. I., Chaban, V. I., Nosov, S. S., Berezovsky, S. V. (2015). Reaktsiia hibrydiv kukurudzy na hustotu stoiannia roslyn u pivnichnii pidzoni Stepu Ukrainy [The reaction of corn hybrids to plant stand density in the northern subzone of the Steppe of Ukraine]. *Biuletyn Institute zemovoykh kultur NAAN Ukrainy – Bulletin of the Institute of Grain Crops NAAS of Ukraine*, 8, 81–86 [in Ukrainian].

12. Bomba, M., Dudar, I., Lytvyn, J., Tuchapsky, O., Katsyuba, A., Hrynda, Y. (2017). Urozhaivnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid ploshchi zhyvlennia v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Productivity of maize hybrids depending on the nutrition area in the condition of western forest and steppe regions]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahronomiia – Bulletin of Lviv National University: Agronomy*, 21, 48–52 [in Ukrainian].

13. Mynkin M.V., Berdnikova O.G., Mynkina G.O. (2019). Formuvannya produktyvnosti kukurudzy na zerno zalezno vid zhyvlennia ta hustoty stoiannia v umovakh Pivdnia Ukrainy [Formation of grain corn productivity depending on nutrition and plant density in Southern Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky -Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 106, 103–109 [in Ukrainian].

14. Andrienko, O. O., Vasylykova, K. V., Andrienko, O. O. (2020). Reaktsiia hibrydiv kukurudzy na zminu hustoty stoiannia roslyn u Pivnichnomu Stepu Ukrainy. [Reaction of maize hybrids to the changes in crop density in the northern Steppe of Ukraine]. *Zbimyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 96, 1, 635–649. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-635-651 [in Ukrainian].

15. Vozhegova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V. (2022). Masa 1000 zeren ta urozhaivnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty posivu ta obrobritku biopreparatamy [Weight of 1000 grains and yield of maize hybrids depending on

the density of sowing and treatment with biological products]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation of agriculture*, 77, 13–18. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3> [in Ukrainian].

Молдован Ж.А., Молдован В.Г. Вплив густоти стояння на формування продуктивності гібридів кукурудзи скоростиглих груп в умовах Західного Лісостепу

Мета. Встановити особливості формування урожайності гібридів кукурудзи скоростиглих груп шляхом оптимізації густоти стояння рослин в умовах Західного Лісостепу.

Методи. Експериментальні роботи передбачали проведення польових досліджень з використанням польового, лабораторних, морфологічних, фізичних, порівняльно-розрахункових методів за відповідними методиками.

Результати. За результатами проведеного дослідження встановлено суттєву залежність показників елементів структури, урожайності із генетичними особливостями гібриду та густотою стояння рослин. Відмічено, що у обох гібридів кукурудзи збільшення густоти стояння рослин зумовлювало зменшення числа продуктивних качанів на 100 рослинах. Найбільша ж їх кількість формувалася за найменшої густоти стояння. У обох досліджуваних гібридів за зменшення густоти стояння рослин спостерігалось покращення таких показників як: довжина качана, його озерненість, вихід зерна з качана та його маса, тоді як загущення посівів призводило до їх зменшення.

У середньому за три роки досліджень урожайність зерна ранньостиглого гібрида кукурудзи ДН Атон склала 8,97–10,53 т/га, середньораннього гібрида ДН Астра – 9,93–11,30 т/га залежно від густоти стояння рослин. У обох досліджуваних гібридів кукурудзи зменшення густоти стояння рослин призводило до істотного зменшення урожайності зерна: на 4,9 % – у ранньостиглого гібрида ДН Атон та 4,1 % – у середньораннього гібрида ДН Астра. За збільшення густоти стояння рослин урожайність зерна зростала у ранньостиглого гібрида ДН Атон на 6,3 та 11,7 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 5,1 та 9,2 %.

Висновки. Погодні умови вегетаційного періоду за роками досліджень відрізнялися не тільки від багаторічних показників, але й між собою, що, безумовно, впливало на ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи, формування показників елементів структури, індивідуальної продуктивності та урожайності зерна. Найвищі показники урожайності ранньостиглий гібрид кукурудзи ДН Атон (10,53 т/га) сформував за збільшення густоти стояння рослин до 90 тис. на 1 га, середньоранній гібрид ДН Астра (11,30 т/га) – за збільшення густоти стояння рослин до 85 тис. на 1 га, що, відповідно, на 11,7 % та 9,2 % більше порівняно до контролю.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, густота рослин, елементи структури врожаю, індивідуальна продуктивність, урожайність зерна.

Moldovan Zh.A., Moldovan V.G. Influence of planting density on the formation of productivity of early maturing maize hybrids in the Western Forest-Steppe

Purpose. To determine the peculiarities of yield formation of early maturing maize hybrids by optimizing plant density in the Western Forest-Steppe.

Methods. Experimental work included conducting field studies using Field, Laboratory, morphological, physical, comparative calculation methods according to the corresponding methods.

Results. According to the results of the study, a significant dependence of the indicators of structural elements and yield on the genetic characteristics of the hybrid and plant density was found. It was noted that in both maize hybrids, an increase in plant density led to a decrease in the number of productive cobs per 100 plants. The largest number of them was formed at the lowest plant density. In both studied hybrids, with a decrease in plant density, there was an improvement in such indicators as cob length, grain content, grain yield per cob and its weight, while the thickening of crops led to their reduction.

On average, over the three years of research, the grain yield of the early maturing maize hybrid DN Aton was 8.97–10.53 t/ha, and the medium early hybrid DN Astra was 9.93–11.30 t/ha, depending on the plant density. In both corn hybrids studied, a decrease in

plant density led to a significant decrease in grain yield: by 4.9% in the early maturing hybrid DN Aton and 4.1% in the mid-early hybrid DN Astra. With an increase in plant density, grain yield increased by 6.3 and 11.7% in the early-ripening hybrid DN Aton, and by 5.1 and 9.2% in the mid-early hybrid DN Astra.

Conclusions. The weather conditions of the growing season during the years of research differed not only from long-term indicators, but also from each other, which certainly affected the growth and development of maize hybrids, the formation of indicators of structural elements, individual productivity and grain yield. The highest yields of the early maturing maize hybrid DN Aton (10.53 t/ha) were formed by increasing the plant density to 90 thousand plants per 1 ha, and the medium-early hybrid DN Astra (11.30 t/ha) – by increasing the plant density to 85 thousand plants per 1 ha, which is, respectively, 11.7% and 9.2% more compared to the control.

Key words: corn, hybrid, plant density, elements of yield structure, individual productivity, grain yield.

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.522:[631.4+581.1]

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.81.7>

ПОДОЛАННЯ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ *CANNABIS SATIVA* L.: ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦІЙНИЙ АСПЕКТ

МІЩЕНКО С.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-1979-4002

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

Постановка проблеми. Задля реалізації цілей сталого розвитку, стійкого розвитку сільських територій, відновлення й оптимізації природноресурсного потенціалу, провайдингу екоінновацій в умовах глобалізації в аграрній та суміжній сферах широкі можливості може мати впровадження сортів високопродуктивних неспсихотропних промислових конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) в агровиборництво. Існує велика ймовірність, що саме вирощування даної культури (хоча б як нішевої) сприятиме розвитку сільських територій на засадах екологічності, енергонезалежності й енергоефективності.

Перш за все, промислові коноплі – це волокниста і біоенергетична культура, яка має високу теплотворну здатність та значну біомасу, характеризується біоремедіаційними властивостями, це культура безвідходного виробництва, бо усі частини рослин придатні для переробки і виготовлення широкого асортименту продукції. Використання її на енергетичні цілі сприятиме збільшенню частки лісів у структурі земельних ресурсів, а створення і впровадження сортів різних напрямів господарського використання сприятиме створенню сировинної бази для ефективної організації різновекторних виробництв, зокрема, біоенергетичних і текстильних виробів, продуктів корисного харчування, гігієнічних та косметичних засобів, ліків тощо. Слід зазначити, що промислові коноплі урізноманітнюють сівозміни, є добрим попередником для інших культур, поліпшують структуру ґрунту і сприяють зменшенню кількості бур'янів, знижуючи хімічне навантаження на довкілля, мають ґрунтозахисну здатність від водної ерозії тощо.

У зв'язку зі змінами клімату, які, перш за все, проявляються у глобальному потеплінні, під час вирощування коноплі зазнають негативного впливу посушливих умов, нетипового розподілу опадів протягом вегетаційного періоду і підвищеної температури середовища. Успішне вирішення проблеми забезпечення населення продуктами харчування, одягом та іншими товарами народного вжитку залежить від інтенсифікації аграрного виробництва, підвищення продуктивності агрокультур та використання земель, які до цього часу вважались малоприсадними для рослинництва, зокрема засоленних.

При цьому на засоленних ґрунтах доцільно вводити спеціальні сівозміни, що передбачають рослини-засвоювачі, використовувати адекватну систему неорганічного удобрення, обробку речовинами з антиоксидантними властивостями, впроваджувати спеціальні сорти, створені для вирощування на засоленних ґрунтах. Наявність толерантності до абіотичних стресів є невід'ємною складовою реалізації потенційної продуктивності сучасних промислових конопель. Створення високопродуктивних сортів агрокультур, стійких до стресових факторів середовища, зазвичай здійснюють протягом вегетаційного періоду традиційними методами селекції – гібридизації, добору тощо, однак важливу роль у цьому процесі може відіграти використання біотехнологічних методів.

Засоленість ґрунтів залежно від природи засолення поділяють на первинну та вторинну: перша виникає у результаті природного накопичення солей впродовж тривалого часу (наприклад, морської солі, принесеної вітром чи водою, вивільнення солей за ерозії гірських порід), а друга виникає внаслідок діяльності людини (наприклад, штучного зрошення [1]).

Слід пам'ятати, що сольовий стрес є одним з найсерйозніших абіотичних стресів, який впливає на ріст і розвиток рослин. Засолення ґрунту в багатьох випадках призводить до токсичних ефектів у рослин, негативно впливаючи на встановлення рослинним організмом адекватного балансу поживних речовин, тому існує чіткий негативний зв'язок між рівнем виробництва сільськогосподарської продукції та рівнем засоленням ґрунтів; продуктивність може бути потенційно збільшена за рахунок використання культур, що є стійкими до впливу надмірних концентрацій солей, однак цьому має передувати дослідження фізіологічних та молекулярних механізмів сольового стресу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазвичай вважають, що токсичними для рослин є вміст у ґрунті хлоридів вищий за 1%, сульфатів – за 2%, карбонатів – за 0,6%. Засоленість вважають відсутньою, якщо вміст відповідних солей у сухому залишку не перевищує 0,15% (хлоридно-карбонатний, сульфатно-карбонатний, карбонатно-хло-

ридний і карбонатно-сульфатний), 0,20% (сульфатно-хлоридний), 0,25% (хлоридно-сульфатний), 0,15% (хлоридний) чи 0,30% (сульфатний тип засолення). З рештою засоленість поділяють на слабку, середню, сильну та у крайньому разі ґрунти відносять до солончаків [2]. Наприклад, карбонати та деякі інші солі погіршують властивості ґрунту, його структуру та щільність, оскільки зменшується здатність колоїдів до коагуляції. Найтоксичнішим для сільськогосподарських рослин є натрій карбонат (Na_2CO_3), за вмісту більше 0,6% він робить ґрунт повністю неродючим, а за вмісту близько 0,1% – пригнічує рослини [2]. Водорозчинні солі підвищують осмотичний потенціал ґрунтового розчину, внаслідок чого й погіршується водопостачання рослин через недостатню всмоктувальну силу кореневих волосків. Волога в ґрунті є, але рослини не можуть її повною мірою використовувати. У результаті знижується інтенсивність транспірації, фотосинтезу і мінерального живлення. Все це призводить до пригнічення, або й загибелі рослин [3]. Сольовий стрес підвищує внутрішньоклітинний осмотичний тиск і може призвести до накопичення Cl^- й особливо Na^+ до токсичного рівня, таким чином, сольовий стрес викликає іонний стрес. Сольовий стрес також негативно впливає на мінеральний гомеостаз ряду поживних мікроелементів, а саме Ca^{2+} та K^+ [1, 4].

Рослини активно уповільнюють швидкість росту у відповідь на сольовий стрес (наприклад, через зниження ефективності фотосинтезу), що призводить до збільшення виживання. Рослини ведуть прикріпленій спосіб існування і тому повинні розробити відповідні фізіологічні механізми для пристосування до середовища з високим вмістом солі [4]. У відповідь на сигнали сольового стресу рослини адаптуються за допомогою регуляції іонного гомеостазу, активації шляху осмотичного стресу, опосередкування передачі сигналів рослинними гормонами, регулювання динаміки цитоскелету та складу клітинної стінки [4]. Солевитривалі рослини характеризуються більшим насінням і підвищеним вмістом у них іонів Cl^- , гідрофільністю цитоплазми, підвищеним вмістом хлорофілу й інтенсивним фотосинтезом, що дозволяє підтримувати підвищений осмотичний потенціал клітинного соку не за рахунок використання солей, а завдяки продуктам фотосинтезу – цукрам, низькою інтенсивністю дихання [5]. Саме розкриття механізмів, що лежать в основі цих фізіологічних та біохімічних реакцій на сольовий стрес, може дати цінні стратегії для підвищення врожайності сільськогосподарських культур [4].

У зв'язку з вищевикладеним актуальності набуває потреба в розробці методів (прийомів) тестування солетолерантності у сільськогосподарських культур Прогрес у транскриптоміці, геноміці та молекулярній біології дозволив виявити нові роди генів, що беруть участь у формуванні відповіді на сольовий стрес рослиною [1]. Отже, стійкість рослин до несприятливих факторів середовища є генетично детермінованою і проявляється на різних рівнях організації життя, зокрема на клітинному та тканинному. Це дає можливість для використання

біотехнологічних методів з метою виділення стійких генотипів при зменшенні матеріальних витрат за порівняно короткий період.

Мета – провести біоінформаційний аналіз методів (прийомів) тестування солетолерантності агрокультур загалом і непсихотропних конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) зокрема та здійснити обґрунтування можливостей такого тестування, штучно змодельованого в культурі *in vitro*.

Методи досліджень. Аналіз літератури (науково-методичних джерел, патентний пошук), загальнонаукові методи (аналіз, синтез, узагальнення).

Результати досліджень. Як свідчать джерела наукової літератури, оцінку на стійкість до сольового стресу здійснюють різними методами:

1) пророщування насіння на засоленому субстраті;

2) вивчення чутливості продихів до іонів Na (ввечері, коли продихи закриваються з рослин зривають листки і вміщують в розчин NaCl , через певний час перевіряють їх стан: чим менше розкриється, тим більш солевитривалим є сорт чи вид рослин) [5].

Останнім часом поширення набуло тестування з використанням біотехнологічних методів, яке полягає у додаванні різних концентрацій певної солі до живильного середовища та встановлення життєздатності експлантів, особливостей їх проходження за фазами росту і розвитку, за проявом морфологічних ознак тощо. У результаті виникає можливість проведення добору та розмноження стійких генотипів. Культивування *in vitro* є дієвим і швидким інструментом для вивчення відповіді рослин на сольовий стрес, у той час, як інші фактори (поживні речовини, освітлення, температура) залишаються постійними і контролюються оптимальним чином [6]. При цьому толерантність до сольового стресу визначають різними шляхами. Наприклад, у досліді з люцерною толерантними вважали проростки, які вижили у середовищі з найвищою концентрацією NaCl (200 мМ), а потім на основі випробування відібраних клонів в умовах помірного сольового стресу (75 мМ NaCl) [6].

Культура *in vitro* була успішно використана для оцінки впливу сольового стресу багатьох культур: пшениці, ячменю, тритикале [7, 8]; міскантусу [9]; баклажану [10]; люцерни [6]; кмину [11]; тополі, верби [12], пальми [13] та ін. До того ж встановлено, що адаптивну роль до засоленних умов відіграють накопичення проліну та цукрів, підвищення активності антиоксидантних ферментів [11] й аскорбінової кислоти [10], а окремі фізіологічно активні речовини виявляють захисний ефект в умовах сольового стресу, наприклад жасмонова кислота (0,1 і 10 мкМ) частково долає негативний сольовий вплив на основні фотосинтетичні пігменти та підтримує осмос клітин картоплі під час засолення [14]. Також було виявлено, що симптоми сольового стресу у конопель можна полегшити в старих листках саме за допомогою застосування Si (коноплі мають генетичну схильність до поглинання силікатної кислоти і накопичення її у вигляді кремнезему в клітинах епідермісу листків і трихомах) [15, 16] та біостимуляторів росту білкового походження [17].

Стойкі клітинні лінії, наприклад до NaCl, можна отримувати двома шляхами:

1) розвинену калюсну тканину відразу пересаджують на середовище з постійною концентрацією солі;

2) калюсну тканину піддають впливу ступінчастого збільшення концентрації солі [10].

Другий варіант є більш ефективним, оскільки калюси характеризуються компактим ростом, зеленим кольором, відсутністю некротичних зон [10].

З огляду на актуальність проблеми доцільним є дослідження реакції різних генотипів агрокультур на штучно змодельований сольовий стрес. При цьому виділяють наступні етапи дослідження:

1) визначення схожості насіння, ступеня виживаності пагонів, рівня розвитку мікроклонів, інтенсивності калюсоутворення, викликаного фітогормонами екзогенного походження, та частки морфогенних калюсів в умовах сольового стресу;

2) теоретичне узагальнення даних з реакції експлантів на штучно змодельований сольовий стрес в умовах *in vitro*, зокрема на стійкість до основних типів засолення ґрунтів (хлоридного, сульфатного, хлоридно-сульфатного, хлоридно-карбонатного, сульфатно-хлоридного, сульфатно-карбонатного, карбонатно-хлоридного і карбонатно-сульфатного) за різних концентрацій солей;

3) розробка й апробація тест-систем для проведення скринінгу генотипів на стійкість до сольового стресу в культурі *in vitro*, що забезпечуватимуть значну селективність при доборі, та рекомендацій з дослідження стійкості конопель до сольового стресу;

4) виділення вихідного селекційного матеріалу з підвищеною стійкістю до сольового стресу [18].

У розробленому нами способі добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель [19], який включає культивування експлантів в умовах дії стресового чинника, спрямованого проти нормального розвитку і виживання нестійких форм, добір окремих генотипів проводять на рівні регенованих з калюсів соматиклонів з додаванням до живильного середовища залежно від типу засолення 0,25% NaCl або 0,75% MgCl₂ · 6H₂O за хлоридного засолення, 0,5% MgSO₄ · 7H₂O або 1,0% Na₂SO₄ за сульфатного засолення, 0,15% Na₂CO₃ або 0,30% NaHCO₃ за карбонатного засолення. Саме такі концентрації сполук є селективними й виявляють сублетальний та летальний ефект та дають змогу провести добір солетолерантних генотипів конопель. Оцінка за умов додавання до живильного середовища різних типів солей (хлоридів, сульфатів чи карбонатів) дозволяє виділяти толерантні до сольового стресу генотипи для різних типів засолення ґрунтів [19].

Калюсну культуру отримують на основі гіпокотильних сегментів, інокульованих на середовищі Мурасіге і Скуга, доповненому 0,5 мг/л 2,4-дихлорофеноксоцтової кислоти, 0,3 мг/л кінетину, 0,5 мг/л гіберелової кислоти для калюсогенезу і морфогенезу [20, 21], а також залежно від типу засолення відповідною концентрацією солі. Потім проводять мікроклональне розмноження утворених соматиклонів (рослин-регенерантів з калюсної тканини),

зокрема пагони відокремлюють, за можливості ділять на сегменти, які містять латеральну меристему, і роблять пасаж на безгормональне середовище Мурасіге і Скуга, доповнене залежно від типу засолення вищевказаними концентраціями солей. Після укорінення мікроклони адаптують в умовах *in vivo*. Різну реакцію на сольовий стрес і толерантність (стійкість) до сольового стресу кожного окремого генотипу визначають за рівнем виживання калюсів, інтенсивністю калюсогенезу (приростом тканини) і частотою органогенезу, рівнем виживання рослин-регенерантів, морфометричними показниками мікроклонів за селективних умов в порівнянні з контрольним варіантом – середовищем без додавання солей [19].

Також можна провести ідентифікацію генотипів конопель, негативна реакція яких на сольовий стрес долається дією аскорбінової кислоти як антиоксиданта, оскільки в умовах *in vivo* її вплив аналогічний до *in vitro* [22].

Можлива сфера застосування даних наукових розробок – селекція конопель та інших агрокультур, оскільки використання нового способу дозволяє отримувати толерантний (стійкий) до сольового стресу вихідний матеріал конопель та прискорювати селекційний процес.

Висновки. Долати абіотичні стреси, зокрема сольовий, в агрокультур можна різними способами (методами), чільне місце серед яких займає генетично-селекційний. Стойкість рослин до несприятливих факторів середовища є генетично детермінованою і проявляється на різних рівнях організації життя, зокрема на клітинному та тканинному. Це дає можливість для використання біотехнологічних методів з метою виділення толерантних (стійких) генотипів при зменшенні матеріальних витрат за порівняно короткий період. У розробленому способі добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель, який включає культивування експлантів в умовах дії стресового чинника, спрямованого проти нормального розвитку і виживання нестійких форм, добір окремих генотипів проводять на рівні регенованих з калюсів соматиклонів з додаванням до живильного середовища залежно від типу засолення 0,25% NaCl або 0,75% MgCl₂ · 6H₂O за хлоридного засолення, 0,5% MgSO₄ · 7H₂O або 1,0% Na₂SO₄ за сульфатного засолення, 0,15% Na₂CO₃ або 0,30% NaHCO₃ за карбонатного засолення. Використання нового способу дозволяє отримувати толерантний (стійкий) до сольового стресу вихідний матеріал конопель та прискорювати селекційний процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Isayenkov S. V. Physiological and molecular aspects of salt stress in plants. *Cytol Genet.* 2012. Vol. 46, No. 5. P. 302–318. doi: 10.3103/S0095452712050040
2. Ґрунтознавство / за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ, 2005. 703 с.
3. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство. Чернівці, 2004. 400 с.
4. Zhao S., Zhang Q., Liu M., Zhou H., Ma C., Wang P. Regulation of plant responses to salt stress.

Int. J. Mol. Sci. 2021. Vol. 22, Iss. 9. 4609. doi: 10.3390/ijms22094609

5. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

6. Campanelli A., Ruta C., Morone-Fortunato I., de Mastro G. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) clones tolerant to salt stress: *in vitro* selection. *Cent. Eur. J. Biol.* 2013. Vol. 8, Iss. 8. P. 765–776. doi: 10.2478/s11535-013-0194-1

7. Пикало С. В., Дубровна О. В., Демидов О. А. Клітинна селекція тритикале озимого на стійкість до сольового стресу. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 20. С. 247–251. doi: 10.7124/feeo.v20.773

8. Пикало С. В., Демидов О. А., Юрченко Т. В., Прокіп Н. І., Харченко М. В., Рибка К. М. Розроблення способів добору *in vitro* генотипів зернових культур на стійкість до несприятливих чинників довкілля. *Екологічні науки*. 2021. № 4 (37). С. 90–97. doi: 10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.13

9. Коцар М. О. Вплив сольового стресу *in vitro* на розвиток пагонів міскантусу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 221–225.

10. Hannachi S., Werbrouck S., Bahrini I., Abdelgadir A., Siddiqui H. A., van Labeke M. C. Obtaining salt stress-tolerant eggplant somaclonal variants from *in vitro* selection. *Plants*. 2021. Vol. 10, Iss. 11. 2539. doi: 10.3390/plants10112539

11. Razavizadeh R., Adabavazeh F., Chermahini M. R. Adaptive responses of *Carum copticum* to *in vitro* salt stress. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 11, No. 1. P. 37–42. doi: 10.5281/zenodo.1128905

12. Хома Ю., Худолєєва Л., Куцоконь Н. Вплив сольового стресу на рослини тополі клону 'INRA 353-38' та верби клону 'Житомирська-1' в умовах культури *in vitro*. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Біологія*. 2020. Т. 83, № 4. С. 43–49. doi: 10.17721/1728_2748.2020.83.43-49

13. Ibraheem Y. M., Pinker I., Böhme M., Al-Hussain Z. Screening of some date palm cultivars to salt stress *in vitro*. *Acta Hort.* 2012. Vol. 961. P. 359–365. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.961.47

14. Efimova M. V., Mukhamatdinova E. A., Kovtun I. S., Kabil F. F., Medvedeva Yu. V., Kuznetsov V. V. Jasmonic acid enhances the potato plant resistance to the salt stress *in vitro*. *Dokl Biol Sci.* 2019. Vol. 488, Iss. 1. P. 149–152. doi: 10.1134/S0012496619050077

15. Berni R., Mandlik R., Hausman J.-F., Guerriero G. Silicon-induced mitigatory effects in salt-stressed hemp leaves. *Physiol. Plant.* 2021. Vol. 171, Iss. 4. P. 476–482. doi: 10.1111/ppl.13097

16. Dabravolski S. A. Isayenkov S. V. The physiological and molecular mechanisms of Silicon action in salt stress amelioration. *Plants*. 2024. Vol. 13. 525. doi: 10.3390/plants13040525

17. Di Mola I., Cozzolino E., Ottaiano L., Conti S., Roupael Y., Mori M. Performance of hemp grown under salt stress conditions? Sustainable Management of Cropping Systems: Proceedings of the 49th National Conference of the Italian Society for Agronomy (16–18 September 2020, Bari, Italy). Bari, 2020. P. 71–72.

18. Міщенко С. В., Лайко І. М., Марченко Т. Ю., Мачульський Г. М. Теоретичне обґрунтування тестування стійкості конопель до сольового стресу в культурі *in vitro*. *Таверійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 128. С. 341–346. doi: 10.32851/2226-0099.2022.128.47

19. Міщенко С. В., Лайко І. М., Ткаченко С. М. Спосіб добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель посівних: пат. 151514 UA. № у 2022 01227; заявл. 14.04.2022; опубл. 03.08.2022, Бюл. № 31.

20. Міщенко С. В. Індукція калусогенезу в технічних (промислових) конопель в умовах *in vitro*. *Луб'яні та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 21–28. doi: 10.48096/btc.2018.6(11).21-28

21. Міщенко С. В. Модифікація живильного середовища для культивування неспихотропних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоевропейського еколого-географічного типу *in vitro*. *Луб'яні та технічні культури*. 2019. Вип. 7 (12). С. 15–23. doi: 10.48096/btc.2019.7(12).15-23

22. Міщенко С. В. Вплив аскорбінової кислоти екзогенного походження на *Cannabis sativa* L. в умовах *in vitro* та *in vivo*. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2019. Вип. 26. С. 67–74.

REFERENCES:

1. Isayenkov, S.V. (2012). Physiological and molecular aspects of salt stress in plants. *Cytol Genet*, 46(5), 302–318. doi: 10.3103/S0095452712050040

2. Tikhonenko, D.G. (ed.). (2005). *Hruntoznavstvo* [Soil Science]. Kyiv, 703 p. [in Ukrainian].

3. Nazarenko, I.I., Polchyna, S.M., & Nikorych, V.A. (2004). *Hruntoznavstvo* [Soil Science]. Chernivtsi, 400 p. [in Ukrainian].

4. Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *Int. J. Mol. Sci.*, 22(9). 4609. doi: 10.3390/ijms22094609

5. Zlobin, Yu.A. (2004). *Kurs fiziologii i biokhimii roslyn* [Course of Physiology and Biochemistry of Plants]. Sumy, 464 p. [in Ukrainian].

6. Campanelli, A., Ruta, C., Morone-Fortunato, I., & de Mastro, G. (2013). Alfalfa (*Medicago sativa* L.) clones tolerant to salt stress: *in vitro* selection. *Cent. Eur. J. Biol.*, 8(8), 765–776. doi: 10.2478/s11535-013-0194-1

7. Pykalo, S.V., Dubrovna, O.V., & Demidov, O.A. (2017). Klitynna selektsiia trytykale ozymoho na stiikist do solovoho stresu [Cellular selection of winter triticale for resistance to salt stress]. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*, 20, 247–251. doi: 10.7124/feeo.v20.773 [in Ukrainian].

8. Pykalo, S.V., Demidov, O.A., Yurchenko, T.V., Prokopik, N.I., Kharchenko, M.V., & Rybka, K.M. (2021). Rozroblennia sposobiv doboru in vitro henotypiv zernovykh kultur na stiikist do nespriyatlyvykh chynnykiv dovkillia [Development of methods for selection of *in vitro* genotypes of grain crops for resistance to adverse factors the environment]. *Environmental Sciences*, 4, 90–97. doi: 10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.13 [in Ukrainian].

9. Kotsar, M.O. (2014). Vplyv solovoho stresu in vitro na rozvytok pahoniv miskantusu [The effect of salt stress *in vitro* on the development of miscanthus shoots].

Scientific Works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, 21, 221–225. [in Ukrainian].

10. Hannachi, S., Werbrouck, S., Bahrini, I., Abdelgadir, A., Siddiqui, H.A., & van Labeke, M.C. (2021). Obtaining salt stress-tolerant eggplant somaclonal variants from *in vitro* selection. *Plants*, 10(11). 2539. doi: 10.3390/plants10112539

11. Razavizadeh, R., Adabavazeh, F., & Chermahin, M.R. (2017). Adaptive responses of *Carum copticum* to *in vitro* salt stress. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 11(1), 37–42. doi: 10.5281/zenodo.1128905

12. Khoma, Yu., Khudoleeva, L., & Kutsokon, N. (2020). Vplyv solovoho stresu na roslyny topoli klonu INRA 353-38 ta verby klonu Zhytomyrska-1 v umovakh kultury *in vitro* [Effect of salt stress on plants of poplar clone 'INRA 353-38' and willow clone 'Zhytomyrska-1' *in vitro* culture conditions]. *Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Series: Biology*, 83(4), 43–49. doi: 10.17721/1728_2748.2020.83.43-49 [in Ukrainian]

13. Ibraheem, Y.M., Pinker, I., Böhme, M., & Al-Hussin, Z. (2012). Screening of some date palm cultivars to salt stress *in vitro*. *Acta Hort*, 961, 359–365. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.961.47

14. Efimova, M.V., Mukhamatdinova, E.A., Kovtun, I.S., Kabil, F.F., Medvedeva, Yu.V., & Kuznetsov, V.V. (2019). Jasmonic acid enhances the potato plant resistance to the salt stress *in vitro*. *Dokl Biol Sci*, 488(1), 149–152. doi: 10.1134/S0012496619050077

15. Berni, R., Mandlik, R., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2021). Silicon-induced mitigatory effects in salt-stressed hemp leaves. *Physiol. Plant.*, 171(4), 476–482. DOI: 10.1111/ppl.13097

16. Dabravolski, S.A. & Isayenkov, S.V. (2024). The physiological and molecular mechanisms of Silicon action in salt stress amelioration. *Plants*, 13. 525. doi: 10.3390/plants13040525

17. Di Mola, I., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Conti, S., Roupael, Y., & Mori, M. (2020). Performance of hemp grown under salt stress conditions? Sustainable Management of Cropping Systems: Proceedings of the 49th National Conference of the Italian Society for Agronomy (16–18 September 2020, Bari, Italy), 71–72.

18. Mishchenko, S.V., Laiko, I.M., Marchenko, T.Yu., & Machulskyi, H.M. (2022). Teoretychne obgruntuvannya testuvannya stiihosti konopel do solovoho stresu v kulturi *in vitro* [Theoretical rationale for testing hemp resistance to salt stress *in vitro* culture]. *Taurian Scientific Herald. Series: Agricultural sciences*, 128, 341–346. doi: 10.32851/2226-0099.2022.128.47 [in Ukrainian].

19. Mishchenko, S.V., Laiko, I.M., & Tkachenko, S.M. (2022). Sposib doboru *in vitro* tolerantnykh do solovoho stresu henotypiv konopel posivnykh [Method of *in vitro* selection of salt stress tolerant hemp genotypes]. Pat. 151514 UA. No. U 2022 01227; statement 04/14/2022; published 08/03/2022, Bul. No. 31. [in Ukrainian].

20. Mishchenko, S.V. (2018). Induksiia kalusohenezu v tekhnichnykh (promyslovykh) konopel v umovakh *in vitro* [Induction of callusogenesis in technical (industrial) hemp under *in vitro* conditions]. *Bast and Technical Crops*, 6, 21–28. doi: 10.48096/btc.2018.6(11).21-28 [in Ukrainian].

21. Mishchenko, S.V. (2019). Modyfikatsiia zhyvlynoho seredovyshcha dlia kultyvuvannia nepсыkhotropykh konopel (*Cannabis sativa* L.) serednoieuropeiskoho ekoloho-heohrafichnogo typu *in vitro* [Modification of the nutrient medium for the cultivation of non-psychoactive hemp (*Cannabis sativa* L.) of the Central European ecological and geographical type *in vitro*]. *Bast and Technical Crops*, 7, 15–23. doi: 10.48096/btc.2019.7(12).15-23 [in Ukrainian].

22. Mishchenko, S.V. (2019). Vplyv askorbinovoi kysloty ekzohennoho pokhodzhennia na *Cannabis sativa* L. v umovakh *in vitro* ta *in vivo* [Effect of ascorbic acid of exogenous origin on *Cannabis sativa* L. *in vitro* and *in vivo* conditions]. *Bulletin of the Center for Scientific Support of APV of Kharkiv Region*, 26, 67–74. [in Ukrainian]

Міщенко С.В. Подолання сольового стресу *Cannabis sativa* L.: генетико-селекційний аспект

Мета. Провести біоінформаційний аналіз методів (приймів) тестування солетолерантності агрокультур загалом і непси́хотропних конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) зокрема та здійснити обґрунтування можливостей такого тестування, штучно змодельованого в культурі *in vitro*. **Методи.** Аналіз літератури (науково-методичних джерел, патентний пошук), загальнонаукові методи (аналіз, синтез, узагальнення). **Результати.** Долати абіотичні стреси, зокрема сольовий, в агрокультур можна різними способами (методами), чільне місце серед яких займає генетично-селекційний. Сольовий стрес є одним з найсерйозніших абіотичних стресів, який впливає на ріст і розвиток рослин. Стійкість рослин до несприятливих факторів середовища є генетично детермінованою і проявляється на різних рівнях організації життя, зокрема на клітинному та тканинному. Це дає можливість для використання біотехнологічних інструментів з метою виділення стійких генотипів при зменшенні матеріальних витрат за порівняно короткий період. У даній статті проведено біоінформаційний аналіз методів (приймів) тестування солетолерантності сільськогосподарських культур загалом і конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) зокрема та здійснено обґрунтування можливостей такого тестування, штучно змодельованого в культурі *in vitro*. У розробленому способі добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель, який включає культивування експлантів в умовах дії стресового чинника, спрямованого проти нормального розвитку і виживання нестійких форм, добір окремих генотипів проводять на рівні регенованих з калюсів соматоклонів з додаванням до живильного середовища залежно від типу засолення 0,25% NaCl або 0,75% MgCl₂ · 6H₂O за хлоридного засолення, 0,5% MgSO₄ · 7H₂O або 1,0% Na₂SO₄ за сульфатного засолення, 0,15% Na₂CO₃ або 0,30% NaHCO₃ за карбонатного засолення. Саме такі концентрації сполук є селективними й виявляють сублетальний та летальний ефект та дають змогу провести добір солетолерантних генотипів конопель. **Висновки.** Використання нового способу дозволяє отримувати толерантний (стійкий) до сольового стресу вихідний матеріал конопель і прискорювати селекційний процес.

Ключові слова: ґрунт, абіотичні фактори, сольовий стрес, ріст і розвиток рослин, *in vitro*, конопль, спосіб, модель.

Mishchenko S.V. Inhibition of salt stress in *Cannabis sativa* L.: genetic and breeding aspects

Purpose. To carry out a bioinformatic analysis of the methods (techniques) of salt tolerance testing of agricultural crops in general and of non-psychotropic hemp (*Cannabis sativa* L.) in particular and to substantiate the possibilities of such testing, artificially simulated in an *in vitro* culture. **Methods.** Literature analysis (scientific and methodical sources, patent search), general scientific methods (analysis, synthesis, generalization). **Results.** Abiotic stresses, in particular salt stress, in agricultural crops can be overcome by various methods (methods), among which genetic and breeding methods occupy an important place. The successful provision of global food security depends on the intensification of agricultural production, increasing the productivity of agricultural crops and the use of land that until now was considered unsuitable for crop production, in particular, saline land. Salt stress is one of the most serious abiotic stresses that affects plant growth and development. The resistance of plants to adverse environmental factors is genetically determined and manifests itself at various levels of life organization, in particular at the cellular and tissue levels. This makes it possible to use biotechnological methods for the purpose of selecting resistant genotypes while

reducing material costs in a relatively short period. In this article, a bioinformatic analysis of methods (techniques) for testing salt tolerance of agricultural crops in general and industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in particular is carried out. A theoretical substantiation of the possibilities of such testing, artificially simulated in an *in vitro* culture, was carried out. In the developed method of *in vitro* selection of hemp genotypes tolerant to salt stress, which includes the cultivation of explants under the influence of a stress factor directed against the normal development and survival of unstable forms, the selection of individual genotypes is carried out at the level of somatic clones regenerated from the callus with addition to the nutrient medium depending on the type salting 0.25% NaCl or 0.75% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ for chloride salting, 0.5% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ or 1.0% Na_2SO_4 for sulfate salting, 0.15% Na_2CO_3 or 0.30% $NaHCO_3$ for carbonate salting. Such concentrations of compounds are selective and show a sublethal and lethal effect and make it possible to select salt-tolerant hemp genotypes. **Conclusions.** Application of the new method makes it possible to obtain tolerant (resistant) to salt stress starting material of hemp and speed up the breeding process.

Key words: soil, abiotic factors, salt stress, plant growth and development, *in vitro*, hemp, method, model.

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ НОВИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ОРЕХІВСЬКИЙ В.Д. – доктор історичних наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-3216-0514

Інститут фізіології рослин і генетики НАНУ

КРИВЕНКО А.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-2133-3010

Одеський державний аграрний університет

КОНОНЕНКО Ю.М. – кандидат біологічних наук
orcid.org/0000-0002-5724-9101

Одеський державний аграрний університет

ВАКУЛЕНКО В.В. – аспірант
orcid.org/0000-0002-8460-4148

Одеський державний аграрний університет

Постановка проблеми. На сьогодні світ працює над вирішенням глобальних викликів, з яких один із головних – як прогнати планету вже у найближчому майбутньому! Населення Землі зростає, чого не скажеш про придатні площі для вирощування сільгоспкультур. А тому діяльність усіх селекціонерів світу зосереджується на тому, аби на наявній площі виростити більше.

За прогнозами ООН, до 2050 року світ опиниться перед загрозою голоду. Новим чинником, який останнім часом суттєво впливає на рівень продуктивності рослин, стали глобальні зміни клімату. Осимі посіви в останні роки зазнають жорсткої посухи. Підвищення середньорічної температури на 1 °C призводить до зниження урожайності на 21%. Експерти ООН прогнозують, якщо до 2050 року не стримати глобальне потепління, урожай зернових культур знизяться на 25%, а потім упадуть ще значніше. Окремі землеробські регіони можуть стати непридатними для агровиробництва. Щоб прогнати зростаючу чисельність населення, потрібно подвоїти врожайність зернових [1].

Землеробство країн світу також значно потерпає від природних катаклізмів – посух, екстремальних температур, повеней, буревіїв, епіфітотій та інших стресових факторів. Згідно з дослідженнями, посухи й сильні спеки призводять до зменшення валових зборів зерна на глобальному рівні в середньому на 9–10 %. Вчені зазначають, що їх вплив стає ще сильнішим в останні десятиліття, особливо в розвинених країнах з масштабними посівними площами, де цей показник досягає 20 %.

Прогнозується, що до 2050 року попит на пшеницю зросте на 50 відсотків від сьогоднішнього рівня. Тим часом, урожай знаходиться під загрозою через нових та більш агресивних шкідників та збудників хвороб, зменшення водних ресурсів, обмеженість доступної землі та нестабільні погодні умови. Вчені зазначають, що для забезпечення продовольчої безпеки населення в 9,6 млрд осіб, а саме таким ФАО прогнозує показник до 2050 року, виробництво продуктів харчування необхідно збільшити мінімум на 60 % [2, 3].

Протягом останніх десятиліть урожайність зернових культур значно зросла. Збільшення урожайності відбувалось переважно за допомогою селекційно-генетичних поліпшень сортів, підвищення потенціалу продуктивності генотипів та адаптивності до мінливості агроекологічних чинників, толерантності до стресових факторів біотичного та абіотичного походження. Фундаментальним напрямом підвищення урожайності зернових культур є впровадження сортів інтенсивного та високоінтенсивного типів. Хоча не всі зареєстровані сорти, зокрема озимої пшениці, мають генетичну здатність до високої продуктивності, тільки окремі можуть гарантувати за належної технології отримання високих урожаїв – 100 ц/га і більше [1].

У людства для виживання існує єдиний вихід – збільшення урожайності сільськогосподарських культур, головною серед яких є пшениця. Резерви пшеничного поля та перспективи здолання майбутньої світової продовольчої кризи демонструють нам програми отримання рекордних урожаїв. Наприклад, у Новій Зеландії зафіксовано світовий рекорд урожайності пшениці 167,91 ц/га, який перевершив попередній у 165,2 ц/га, що належав Великій Британії. Слід наголосити, що ці врожаї були отримані за надзвичайно високих рівнів мінерального живлення, зокрема азотного, та доброго вологозабезпечення, зумовленого особливостями місцевого клімату.

Програми рекордних урожаїв покликані забезпечити базу знань для пошуку шляхів збільшення потенціалу врожайності пшениці до 20 т/га протягом найближчих 20 років. Так, рекордний урожай зерна сорту озимої пшениці Фаворитка 200–350 ц/га вже 15 років поспіль збирали на родючих і добре зволжених ґрунтах узбережжя Каховського водосховища Запорізької області. На відміну від багатьох регіонів, Україна ще зберігає можливість подвоїти урожайність зернових. Вона має скористатися світовим дефіцитом продуктів харчування на користь власної економіки [4].

Пшениця озима є вимогливою культурою до умов живлення. Щоб забезпечити оптимальний

розвиток і високий урожай, все більш поширеним стає використання позакореневих підживлень препаратами, що містять макро- і мікроелементи. Для отримання високих і стабільних врожаїв важливо створити сприятливу морфологічну структуру рослин та структуру посіву, які ефективно використовуватимуть оптимальні умови забезпечення вологою та елементами живлення. Це створюється за допомогою відповідної технології вирощування. Тому для досягнення максимального потенціалу продуктивності рослин пшениці озимої важливо вивчати вплив окремих елементів технології вирощування на формування продуктивності рослин. Це дозволить розробити оптимальні прийоми, спрямовані на максимальне використання потенціалу продуктивності сорту, і відповідно дозволить раціонально використовувати добрива і засоби захисту рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження багатьох науковців свідчать про суттєвий вплив рівня мінерального живлення рослин на зростання врожайності та вмісту білка і клейковини в зерні пшениці озимої у зоні лісостепу. Одним із головних елементів підвищення продуктивності вітчизняного рослинництва є зростання рівня внесення збалансованих за елементами мінеральних, органічних, сучасних комплексних та мікробіологічних добрив. Впровадження нових сортів пшениці озимої, підвищення їх продуктивності за різних технологій вирощування, попередників, зміни строків сівби і норм висіву призводить до підвищення продуктивності, порівняно з попередніми десятиліттями. Необхідно використовувати індивідуальний підхід до кожного поля, враховуючи біологічні особливості сортів та ґрунтово-кліматичні умови зон вирощування [4–9].

В Україні середні показники внесення мінеральних добрив значно скоротилися у порівнянні з 1990 р. Хоча в останні роки спостерігається тенденція до їх підвищення, вони все ще залишаються нижчими від зафіксованих в розвинених країнах.

Зазначимо, що низькі рівні внесення добрив в Україні не узгоджуються із технологічними можливостями національної промисловості. Країна має потужні підприємства з виробництва азотних добрив і знаходиться серед провідних експортерів добрив у світі. Водночас, не задіяні великі поклади калію, сірки, фосфору та мікроелементів (насамперед заліза, марганцю). Очевидно, що середня врожайність пшениці в Україні, яка не гірше цього показника в США, Канаді, Індії чи Аргентині, де мінеральних добрив вноситься в 2–3 рази більше, обумовлена високою родючістю українських ґрунтів, які без перебільшення можна назвати національним надбанням. Загальносвітовою проблемою належного забезпечення зернових колосових культур елементами живлення є значне (по окремих позиціях у десятки разів) зростання вартості добрив, зокрема, що спостерігається в Україні в останні роки [1].

Недостатнє та часто непрофесійне застосування засобів захисту посівів від бур'янів, шкідників та хвороб призводить до втрати від 15 до 80 % врожаю, унеможливує отримання якісної продукції,

що перешкоджає реалізації експортного потенціалу вітчизняного сільського господарства.

Реакція сортів на одні й ті ж умови вирощування є різною, тому за врахування біологічного потенціалу сучасних сортів та науково обґрунтованого їх добору аграрій має всі можливості забезпечити постійне зростання виробництва зернової продукції – як кількісно, так і якісно. Досвід багатьох господарств України ще раз засвідчує, що за оптимізації умов живлення, водозабезпечення та правильного вибору сорту можливо і необхідно вирощувати високі врожаї.

Світові технології високих урожаїв включають:

- внесення в ґрунт високих збалансованих доз добрив. Стосовно азоту – до 300 кг/га діючої речовини;

- застосування 7 листових підживлень, які включають азот, кальцій та комплекс мікроелементів. Основне правило – годувати пшеницю необхідно часто і по trochu;

- дві обробки восени і чотири навесні ефективними фунгіцидами (інгібітори сукцинатдегідрогенази – солатенол тощо, азоксистробін – фунгіцид зі стимулюючою дією на процеси росту та інші сучасні фунгіциди) та інсектицидами (похідні неонікотиноїдів тощо) з метою максимального подовження вегетації рослин і кращого росту коренів;

- застосування понижених, до 105 кг/га, норм висіву насіння;

- використання, як правило, не окремих сортів, а правильно складених сортових сумішей.

Обов'язковою умовою високих урожаїв також є оптимальне вологозабезпечення та достатня кількість сонячного світла.

Світова тенденція нарощування валових зборів зерна базується на принципі інтенсифікації виробництва. Збільшення продуктивності зернового лану – це єдиний шлях нарощення валових зборів зерна. Альтернативи не існує. Вислів «нас цікавить рентабельність, а не урожайність» – перспектив не має. Адже тоді амбітна мрія України стати світовою житницею буде утопією. Треба вирощувати високі та рентабельні урожаї, як це робить Європа [1].

Мета. Метою досліджень було визначення особливостей формування продуктивності й реалізації генетичного потенціалу продуктивності сучасних сортів пшениці озимої м'якої залежно від інтенсифікації технології вирощування в умовах правобережної частини лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Вивчали моделі технологій вирощування, які відрізнялися рівнем застосування добрив та системою захисту посівів. Добрива мінеральні вносили під основний обробіток ґрунту, азотними підживлювали в IV і VII етапах органогенезу. Система захисту, крім протруювання насіння, передбачала комплекс заходів проти бур'янів, хвороб та шкідників з урахуванням економічних порогів шкодочинності.

Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України двох груп: інтенсивні сорти універсального використання та сорти високоін-

тенсивного типу. Дані сорти вирощували за двома технологіями вирощування – базовою та енергонасиченою (табл. 1). Енергонасичена технологія базувалася на внесенні вищої норми мінеральних добрив.

Сорт «Подільянка» забезпечує отримання високих і стабільних по роках урожаїв на різних фонах мінерального живлення, невибагливий до умов вирощування, має високу екологічну пластичність. Подільянка займає значні посівні площі у всіх зонах України і є унікальним за високою надійністю у виробництві [1].

Сорт «Богдана» забезпечує отримання високих і стабільних по роках урожаїв на різних фонах мінерального живлення. Сорт невибагливий до умов вирощування, має високу екологічну пластичність. Сильна пшениця. Заслуговує на значне розширення посівних площ у всіх зонах України.

Сорт «Даринка Київська», придатний для всіх зон вирощування. Сильна пшениця, відрізняється високою врожайністю, посухостійкістю і морозостійкістю. Потенціал врожайності може сягати вище 100 ц/га.

«Астарта» є сортом, генетика якого забезпечує при належній технології, отримання унікальних рекордних урожаїв. Сорт заслуговує на значні площі і є високонадійним у виробництві.

Сорт «Перлина Поділля» – сильна пшениця, придатний для всіх зон вирощування, має високу екологічну пластичність. Стійкий до вилягання, ураження основними хворобами та шкідниками, до стікання, осипання та проростання зерна в колосі. Має відмінні борошномельні та хлібопекарські показники.

Сорт «Борія» – сорт західноєвропейського екологічного типу, універсального використання. Має високу зимостійкість та вищесередню посухостійкість. Стійкий до вилягання, ураження основними хворобами та шкідниками, до стікання, осипання та проростання зерна в колосі.

Дослідження виконані упродовж 2020–2023 років на полях наукової сівозміни Дослідного сільськогос-

подарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, з типовим для зони Північного Лісостепу чергуванням культур та загальноприйнятими методиками і агротехнікою [10, 11].

Результати досліджень. Основною вимогою виробництва до сорту є його висока продуктивність в широкому ареалі екологічних умов. Нерозривно пов'язаними факторами у підвищенні й стабілізації урожайності є «генотип сорту – насіння – технологія вирощування». Лише за правильного добору сорту для певної зони, підзони, рівня технологічного забезпечення господарства можна одержати високу урожайність та якість продукції. Аналізуючи цей найважливіший господарський показник у наших дослідах, слід відмітити, що зернова продуктивність сортів залежала від процесу формування елементів продуктивності, дії технологічних елементів та погодних факторів (табл. 2).

Пластичність сорту є складною генетичною ознакою, яка забезпечується спадковою нормою реакції, різною широтою спектру генів відповідальних за адаптацію до зовнішнього середовища. Через механізми акліматизації сорти набувають нових ознак, тому важливою є кількісна характеристика їх взаємодії – генотип-середовище. У сучасних умовах різких гідротермічних коливань, пов'язаних із глобальним потеплінням та посухою, сорти пшениці озимої різного типу інтенсивності мають велику розбіжність між потенційною і реальною урожайністю та по-різному реагують на рівень агротехнології.

За результатами наших досліджень, сорти високоінтенсивного типу за базової технології у 2021 році за рівнем урожайності дещо перевищували або були майже на рівні з сортами інтенсивного типу. Тоді, коли за енергонасиченої технології суттєво перевищили рівень урожайності сортів інтенсивного типу.

Урожайність зерна за базової технології вирощування універсальних сортів Подільянка (контроль), Богдана, Даринка Київська у 2021 році за несприятливих погодних умов коливалася від 5,50 до 5,80 т/га. За енергонасиченої технології вирощування показ-

Таблиця 1 – Схема захисту у технологіях вирощування пшениці озимої, 2020–2023 рр.

Базова технологія	Енергонасичена технологія
передпосівне протруювання насіння:	
КС Флутріафол 37,5 г/л, тіабендазол 25 г/л, імазаліл 15 г/л. (1,0 л/т)	КС Флутріафол 37,5 г/л, тіабендазол 25 г/л, імазаліл 15 г/л. (1,0 л/т)
внесення мінеральних добрив:	
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ під посів та поетапне внесення азоту N ₃₄ у IV і VII етапах органогенезу	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ з поетапним внесенням більшої дози азоту N ₆₈ у IV і VII етапах органогенезу
хімічний захист:	
гербіциди – МД 45 г/л Піроксулам 90 г/л клоквінтосет-мексил (0,3 л/га) + СЕ 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д, 452,4 г/л + флорасулам, 6,25 г/л (0,5 л/га), фунгіцид – КС тебуконазол, 200 г/л + азоксистробін, 120 г/л (1,0 л/га), МЕ пропіконазол 300 г/л + тебуконазол 200 г/л (0,5 л/т), інсектицид – КС 141 г/л тіаметоксаму+106 г/л лямбда-цигалотрина (0,4 л/га).	гербіциди – МД 45 г/л Піроксулам 90 г/л клоквінтосет-мексил (0,3 л/га) + СЕ 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д, 452,4 г/л + флорасулам, 6,25 г/л (0,5 л/га), фунгіцид – КС тебуконазол, 200 г/л + азоксистробін, 120 г/л (1,0 л/га), МЕ пропіконазол 300 г/л + тебуконазол 200 г/л (0,5 л/т), інсектицид – КС 141 г/л тіаметоксаму+106 г/л лямбда-цигалотрина (0,4 л/га).

Таблиця 2 – Урожайність пшениці озимої залежно від технології вирощування, т/га, 2021–2023 рр.

Сорт	Технологія вирощування					
	Базова (контроль)			Енергонасичена		
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Сорти інтенсивні універсального використання						
Поділька (контроль)	5,50	4,76	6,80	5,81	5,44	7,20
Богдана	5,56	4,80	7,10	6,11	5,72	7,40
Даринка Київська	5,50	4,53	6,50	6,34	5,25	7,00
Середнє	5,52	4,69	6,8	6,08	5,47	7,2
Сорти високоінтенсивного типу						
Астарта	5,80	4,88	7,90	6,98	5,40	8,80
Перлина Поділля	5,74	4,56	7,50	6,76	5,98	8,50
Борія	5,62	4,89	7,70	6,93	5,60	8,30
Середнє	5,72	4,77	7,70	6,83	5,66	8,53

ник урожайності склав від 5,81 до 6,98 т/га. Відповідно і прирости врожаю до сорту стандарту Поділька за базової технології вирощування були меншими (від 0 до 0,30 т/га), ніж за енергонасиченої (від 0,30 до 1,17 т/га). Збільшення урожайності сортів становило від 0,31–0,84 т/га (універсальні) до 1,02–1,31 (високоінтенсивні).

У 2022 році, за базової технології, урожайність високоінтенсивних сортів була на рівні з сортами універсального типу: 4,56–4,89 т/га (високоінтенсивні) та 4,53–4,80 т/га (універсальні). За рахунок несприятливих погодних умов генетичний потенціал високоінтенсивних сортів не міг бути реалізований повною мірою.

За енергонасиченої технології урожайність сортів високоінтенсивного типу дещо перевищувала показники сортів універсального типу і становила 5,40–5,98 т/га і 5,25–5,72 т/га відповідно. Урожайність сортів високоінтенсивного типу дещо перевищувала показники сортів універсального типу і становила 0,7–0,92 т/га (універсальні) та 0,52–1,42 т/га (високоінтенсивні).

2023 рік за погодними умовами був найбільш сприятливим для росту та розвитку пшениці озимої. Сорти високоінтенсивного типу за сприятливих умов забезпечили високий рівень урожайності та значно перевищили сорти універсального типу як за базової так і за енергонасиченої технології вирощування. Дослідження впливу двох технологій вирощування на зернову продуктивність 6 сортів показало, що за базової технології вирощування пшениці озимої урожайність зерна коливалася від 6,50 до 7,10 т/га, тоді як за енергонасиченої була вище – від 7,50 до 7,90 т/га (табл. 1). Збільшення урожайності сортів високоінтенсивного типу дещо перевищувала показники сортів універсального типу і становила 0,3–0,5 т/га (універсальні) та 0,6–1 т/га (високоінтенсивні).

В середньому за роки досліджень прибавка урожаю становила 0,59 т/га у сортів універсального використання та 0,96 т/га у сортів високоінтенсивного типу, що свідчить про ефективність їх вирощування.

У середньому за роки досліджень, найвищу врожайність за базової технології в універсальних сортах забезпечив сорт Богдана – 5,82 т/га, а високоінтенсивного типу сорт Астарта – 7,9 т/га. За енергонасиченої технології показники були дещо вищими – 6,41 т/га (сорт Богдана) і 7,08 т/га (сорт Астарта).

Порівняно з контролем (сорт Поділька) сорт Богдана показав збільшення врожаю на 0,04–0,3 т/га (базова система вирощування) та 0,2–0,3 т/га (енергонасичена система вирощування). Сорт Астарта характеризувався підвищенням урожаю від контролю 0,3–1,1 т/га (базова система вирощування) та 0,04–1,6 т/га (енергонасичена система вирощування).

Сучасні сорти високоінтенсивного типу забезпечили більшу реалізацію свого генетичного потенціалу зернової продуктивності за високих адаптивних властивостей до умов вирощування у зоні Правобережного Лісостепу України. Дані розбіжності між урожайністю пшениці озимої вказують, що сорти по-різному реагують на рівень технологічного процесу їх вирощування.

За базової (контроль) технології вирощування різниця за урожайністю зерна сортів пшениці озимої різного типу інтенсивності становила 5–6 %, а за високоінтенсивної технології – від 5 до 17 %.

Висновки. Дослідження впливу двох технологій вирощування на зернову продуктивність пшениці озимої показали, що використання енергонасиченої технології сприяє значному збільшенню урожайності сортів високоінтенсивного типу порівняно з сортами універсального типу. За обома технологіями, сорти високоінтенсивного типу виявились більш продуктивними, забезпечуючи значне зростання урожайності в порівнянні з універсальними сортами. Найвищу урожайність насіння сформували сорти у 2023 р. Залежно від технології вирощування, різниця за врожайністю насіння між сортами універсального використання і високоінтенсивного типу в середньому варіювала від 4,69 до 7,70 т/га за базової; від 5,47 до 8,53 т/га – енергонасиченої.

Найвищу врожайність за базової технології встановлено для універсального сорту Богдана – 7,10 т/га та високоінтенсивного сорту Астарта – 7,9 т/га. За енергонасиченої технології показники були дещо вищими – 7,40 т/га (сорт Богдана) та 8,80 т/га (сорт Астарта).

Аналіз врожайності сортів за різними технологіями вирощування та різницями від контрольного сорту підтверджує, що високоінтенсивні сорти дуже добре реагують на збільшені норми мінеральних добрив. Це важливий аспект для розробки індивідуальних підходів до кожного сорту та врахування його реакції на умови вирощування. Сорти інтенсивного та високоінтенсивного типу пшениці озимої, такі як Подолянка, Богдана, Даринка Київська, Астарта, Перлина Поділля і Борія, особливо при використанні енергонасиченої технології, виявили високий потенціал у забезпеченні стабільно високих урожаїв, що робить їх привабливими для виробників у сільському господарстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Моргун В. В., Санін Є. В., Швартау В. В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. ІФРГ НАН України, компанія «Сингента» (Швейцарія). Київ: Логос, 2014. 150 с.
2. Climate change: Cereal harvests across the world 'fall by 10% in 50 years'. 2016. URL: <http://www.independent.co.uk/environment/climate-change-cereal-harvests-across-the-world-fall-by-10-in-50-years-a6799666.html>.
3. CIMMYT: Дослідження пшениці. 2023. URL: <https://www.cimmyt./work/wheat-research>.
4. Тимошенко Т. З сортами української селекції вирощувати більше можливо. 2017. URL: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2557-z-sortamy-ukrainskoi-selektcii-vyroshchuvaty-bilshе-mozhlyvo.html>.
5. Михальська Л. М., Швартау В. В. Сучасна система живлення пшениці. Журнал Агроном. 2021. URL: <https://www.agronom.com.ua/suchasna-systema-zhyvlennya-pshenytsi/>.
6. Хаблак С. Фактори впливу на якість зерна пшениці в умовах України та роль азоту. 2023. URL: <https://superagronom.com/blog/934-faktori-vplivu-na-yakist-zerna-pshenitsi-v-umovah-ukrayini-ta-rol-azotu>.
7. Волощук І. С., Виробництво базового насіння пшениці озимої залежно від технології вирощування в умовах Західного Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 66. С. 50–63.
8. Олійник К. М., Блажевич Л. Ю., Буслаєва Н. Г., Вплив технологій вирощування на урожайність пшениці озимої в Північному Лісостепу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Випуск 1. 2018. С. 15–22.
9. Aula L., Omara P., Oyebiyi F. B., Eickhoff E., Carpenter J., Nambi E., Fornah A., Raun W. R. Improving winter wheat grain yield and nitrogen use efficiency using nitrogen application time and rate. *Agrosystem, Geosciences & Environment*. 2021. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agg.2.20148>
10. Ушкаренко В. О., Коковіхін С. В., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Методика польового

дослідю (зрошуване землеробство): навч. посіб. Херсон: Грін Д. С., 2014. 448 с.

11. ДСТУ 4138-2002. Київ, Держспоживстандарт України. 2003. 170 с.

REFERENCES:

1. Morgun V. V., Sanin E. V., Shvartau V. V. (2014). Klub 100 tsentneriv. Suchasni sorty ta systemy zhyvlennia i zakhystu ozymoї pshenytsi [Club of 100 centners. Modern varieties and systems of nutrition and protection of winter wheat]. IFRG NAS of Ukraine, «Syngenta» company (Switzerland). Kyiv: Logos, 150 [in Ukrainian].
2. Climate change: Cereal harvests across the world 'fall by 10% in 50 years' URL: <http://www.independent.co.uk/environment/climate-change-cereal-harvests-across-the-world-fall-by-10-in-50-years-a6799666.html>
3. CIMMYT: Wheat Research. URL: <https://www.cimmyt./work/wheat-research>.
4. Tymoshenko T. (2017). Z sortamy ukrainskoi selektcii vyroshchuvaty bilshе mozhlyvo [It is possible to grow more with varieties of Ukrainian selection]. URL: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2557-z-sortamy-ukrainskoi-selektcii-vyroshchuvaty-bilshе-mozhlyvo.html> [in Ukrainian].
5. Mykhalska L. M., Shvartau V. V. (2021). Suchasna systema zhyvlennia pshenytsi [Modern wheat nutrition system]. *Agronomist magazine*. URL: <https://www.agronom.com.ua/suchasna-systema-zhyvlennya-pshenytsi/> [in Ukrainian].
6. Khablak S. (2023). Faktory vplyvu na yakist zerna pshenytsi v umovah Ukrainy ta rol azotu [Factors influencing the quality of wheat grain in the conditions of Ukraine and the role of nitrogen]. URL: <https://super-agronom.com/blog/934-faktori-vplivu-na-yakist-zerna-pshenitsi-v-umovah-ukrayini-ta-rol-azotu> [in Ukrainian].
7. Voloshchuk I. S. (2019). Vyrobnystvo bazovoho nasinnia pshenytsi ozymoї zalezno vid tekhnologii vyroshchuvannia v umovah Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Production of basic winter wheat seeds depending on cultivation technology in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine]. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*. 66, 50–63 [in Ukrainian].
8. Oliynyk K. M., Blazhevich L. Yu., Buslaeva N. G., (2018). Vplyv tekhnologii vyroshchuvannia na urozhainist pshenytsi ozymoї v Pivnichnomu Lisostepu [The influence of cultivation technologies on the productivity of winter wheat in the Northern Forest Steppe]. *Collection of scientific works of the NSC «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences»*. 1, 15–22 [in Ukrainian].
9. Aula L., Omara P., Oyebiyi F. B., Eickhoff E., Carpenter J., Nambi E., Fornah A., Raun W. R. (2021). Improving winter wheat grain yield and nitrogen use efficiency using nitrogen application time and rate. *Agrosystem, Geosciences & Environment*. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agg.2.20148>
10. Ushkarenko V. O., Kokovikhin S. V., Vozhegova R. A., Holoborodko S. P. (2014). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo): navch. posib. [Methodology of field experiment (irrigated agriculture): training manual]. Kherson: Grin D.S., 448 [in Ukrainian].
11. DSTU 4138-2002 (2003). [DSTU 4138-2002]. Kyiv, State consumer standard of Ukraine. 170 [in Ukrainian].

Орехівський В.Д., Кривенко А.І., Кононенко Ю.М., Вакулєнко В.В. Екологічна пластичність урожайності нових сортів пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України

Метою досліджень було визначення особливостей формування продуктивності й реалізації генетичного потенціалу продуктивності сучасних сортів пшениці озимої м'якої залежно від інтенсифікації технології вирощування в умовах правобережної частини лісостепу України.

Методи. Вивчали моделі технологій вирощування 6 сортів озимої пшениці, які відрізнялися рівнем застосування добрив та системою захисту посівів. Система захисту, крім протруювання насіння, передбачала комплекс заходів проти бур'янів, хвороб та шкідників з урахуванням економічних порогів шкодочинності. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої двох груп: інтенсивні сорти універсального використання та сорти високоінтенсивного типу. Дані сорти вирощували за двома технологіями вирощування – базовою та енергонасиченою.

Результати. Дослідження показали, що використання енергонасиченої технології сприяє значному збільшенню урожайності сортів високоінтенсивного типу порівняно з сортами універсального типу. За обома технологіями, сорти високоінтенсивного типу виявились більш продуктивними, забезпечуючи значне зростання урожайності в порівнянні з універсальними сортами. Залежно від технології вирощування, різниця за врожайністю насіння між сортами універсального використання та високоінтенсивного типу в середньому варіювала від 4,69 до 7,70 т/га за базової; від 5,47 до 8,53 т/га – енергонасиченої. Найвищу врожайність за базової технології встановлено для універсального сорту Богдана – 7,10 т/га та високоінтенсивного сорту Астарта – 7,9 т/га, за енергонасиченої технології показники були дещо вищими – 7,40 т/га та 8,80 т/га відповідно.

Висновки. Сорти інтенсивного та високоінтенсивного типу пшениці озимої, такі як Подолянка, Богдана, Даринка Київська, Астарта, Перлина Поділля і Борія, особливо при використанні енергонасиченої технології, виявили високий потенціал у забезпеченні стабільно високих урожаїв, що робить їх привабливими для виробників у сільському господарстві. Аналіз врожайності сортів за різними технологіями вирощування та різницями від контрольного сорту підтверджує, що високоінтенсивні сорти дуже добре реагують на збільшені норми мінеральних добрив. Це важливий аспект для розробки індивідуальних підходів до кожного сорту та врахування його реакції на умови вирощування.

Ключові слова: пшениця озима, сорти універсального використання, сорти високоінтенсивного

типу, енергонасичена технологія вирощування, урожайність.

Orehivskiy V.D., Kryvenko A.I., Kononenko Yu.M., Vakulenko V.V. Ecological plasticity of yield of new varieties of winter wheat in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine

The purpose of the research was to determine the features of productivity formation and the realization of the genetic potential of productivity of modern varieties of soft winter wheat depending on the intensification of cultivation technology in the conditions of the right-bank part of the Forest Steppe of Ukraine.

Methods. They studied models of technologies for growing 6 varieties of winter wheat, which differed in the level of fertilizer application and crop protection system. The protection system, in addition to seed poisoning, included a set of measures against weeds, diseases and pests, taking into account the economic thresholds of harmfulness. The object of research was modern varieties of winter wheat of two groups: intensive varieties of universal use and varieties of high-intensity type. These varieties were grown using two growing technologies – basic and energy-rich.

The results. Studies have shown that the use of energy-rich technology contributes to a significant increase in the yield of high-intensity varieties compared to universal varieties. According to both technologies, varieties of the high-intensity type turned out to be more productive, providing a significant increase in yield compared to universal varieties. Depending on the cultivation technology, the difference in seed yield between the varieties of universal use and high-intensity type varied on average from 4.69 to 7.70 t/ha for the base; from 5.47 to 8.53 t/ha – energy-rich. The highest yield according to the basic technology was established for the universal Bohdana variety – 7.10 t/ha and the highly intensive Astarta variety – 7.9 t/ha, with the energy-rich technology the indicators were slightly higher – 7.40 t/ha and 8.80 t/ha in accordance.

Conclusions. Varieties of intensive and high-intensity type of winter wheat, such as Podolyanka, Bohdana, Darinka Kyivska, Astarta, Perlyna Podillia and Boriya, especially when using energy-rich technology, have shown high potential in providing consistently high yields, which makes them attractive for producers in agriculture. The analysis of the yield of varieties according to different growing technologies and differences from the control variety confirms that high-intensity varieties respond very well to increased rates of mineral fertilizers. This is an important aspect for developing individual approaches to each variety and taking into account its reaction to growing conditions.

Key words: winter wheat, varieties of universal use, varieties of high-intensity type, energy-rich growing technology, productivity.

РЕАКЦІЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА РАННЬОЇ ГРУПИ СТИГЛОСТІ НА МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ ТА ҐРУНТОВІ УМОВИ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

ТИЩЕНКО А.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0003-1918-6223

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

СТЕПАНОВ С.С. – аспірант
orcid.org/0009-0001-8327-8870

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.
orcid.org/0000-0002-8095-9195

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

КОНОВАЛОВА В.М. – PhD (доктор філософії)
orcid.org/0000-0002-0655-9214

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ОЧКАЛА О.С. – PhD (доктор філософії)
orcid.org/0000-0002-1609-5679

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Соняшник (*Helianthus annuus*) – одна з найважливіших олійних культур у світі [13] та протягом останніх кількох десятиліть площі та виробництво соняшнику зросло через його нейтральність довжини дня, ширшу адаптивність та чутливість до додаткових ресурсів [17]. Виробництво та переробка насіння олійних культур в Україні є найбільш перспективним напрямом аграрно-продовольчого сектору. У структурі загальних посівних площ у 2021 р. соняшником було зайнято 6,51 млн га. Завдяки специфічній будові основних органів (корінь, стебло, листя, качан) соняшник успішно вирощується на маргінальних ґрунтах і в напівпосушливих умовах і є стійким до абіотичних стресів [30].

В останні десятиліття спостерігаються зміни клімату, так зване «глобальне потепління», внаслідок якого відбувається підвищення температурного режиму, частішають посушливі періоди та збільшується їх тривалість [39, 40, 42], що призводить до значних коливань урожайності сільськогосподарських культур як у просторі, так і в часі [1, 18, 35]. Підвищення температури в сільськогосподарських регіонах світу значно впливає на кількість опадів і їх перерозподіл протягом вегетаційного періоду, що призводить до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур [7, 32, 41, 43]. Посушливі умови є одним з основних абіотичних стрес-чинників, які спричиняють серйозні проблеми у всьому світі і призводять до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур [5, 22, 38]. Але також зазначено значну роль ґрунтових умов у зміні врожайності соняшника. Іон та ін. [15] дійшли висновку, що ґрунтово-кліматичні умови є одними з екологічних факторів, які мають найбільший вплив на врожайність соняшника. Серед властивостей ґрунту

першорядне значення мають гранулометрична структура ґрунту і що в умовах України соняшник досить чутливий до едафічних та кліматичних факторів, чим пояснюються коливання параметрів динаміки врожайності культури [14]. Проте слід зазначити, що соняшник пристосований до різноманітних ґрунтів і навіть успішно вирощується на піщаних, проте найкращі результати культура дає на добре окультурених ґрунтах [28].

Добрива є одним із основних ресурсів сільськогосподарства, і їх своєчасна доступність має вирішальне значення для сільськогосподарського виробництва [2, 26]. Але останнім часом при впровадженні високоврожайних сортів і зменшенні внесення добрив зафіксовано швидке зниження поживності ґрунту, та, відповідно, високоврожайні гібриди потребують більшої кількості поживних речовин для швидкого росту, високого накопичення біомаси та реалізації потенціальної продуктивності [25].

Зусилля селекціонерів сьогодні вже направлені не тільки на створення високопродуктивних сортів і гібридів, а й тих, що забезпечують стабільність продуктивності рослин за різних абіотичних чинників [31, 44, 45]. На сьогодні вченими вже досліджено агрономічні та фізіологічні механізми, що відповідають за стабільність урожаю [27, 19, 46, 47]. А отже, різні сорти і гібриди можуть демонструвати контрастні реакції на умови довкілля внаслідок їхньої взаємодії [33, 37, 49]. Тому класифікація сортів (гібридів) до абіотичних стрес-факторів є дуже актуальним та допоможе товаровиробникам більш якісно підбирати сорти чи гібриди до їхніх умов вирощування.

Метою наших досліджень було вивчення і аналіз реакції ранньостиглих гібридів соняшника на ґрунтові умови і мінеральне живлення на Півдні України.

Матеріали і методи досліджень. Реакцію гібридів соняшника на різні умови вирощування вивчали на ТОВ «Агропроект Юг» у с. Подовка, Херсонська область (46°39'25"N; 33°48'54"E; 39 м над рівнем моря) протягом 2020–2021 рр.

Вивчали 10 гібридів соняшника ранньої групи стиглості, що зазвичай вирощуються на півдні України та занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Гібриди були протестовані на ділянках площею 50 м² у трьох повтореннях методом рендомізованих повторень (блоків), норма висіву була скоригована до 55 тисяч життєздатного насіння на га. Дослідження проводилися за загальноприйнятною методикою, кількість хімічних обробок була скоригована відповідно до умов вирощування та наявності бур'янів та хвороб і шкідників. Досліджувані зразки були посіяні у другій декаді квітня, а збирання врожаю – у серпні.

Дослідження проводилися на двох ділянках на протязі 2020–2021 рр.: Ділянка 1 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабо-солонцюватий. В орному шарі міститься 2,5 % гумусу, мінерального азоту 3,3 мг в 100 г ґрунту, рухомого фосфору – 4,8 та обмінного калію 51 мг у 100 г ґрунту, рН водної витяжки 6,9–7,3, рівноважна щільність складення – 1,38 г/см³, пористість – 49,5%, водопроникність – 1,26 мм/хв. Попередники кукурудза і соя, добрива N₄₀P₂₀. Ділянка 2 – ґрунт темно-каштановий, середньо-суглинковий, залишково-слабо-солонцюватий. В орному шарі міститься 1,9 % гумусу, мінерального азоту 2,4 мг в 100 г ґрунту, рухомого фосфору – 3,9 та обмінного калію 37 мг у 100 г ґрунту, рН водної витяжки 6,3–6,7, рівноважна щільність складення – 1,43 г/см³, пористість – 43,6%, водопроникність – 1,12 мм/хв. Попередники озимий ріпак і соняшник, без добрив.

Середні температури, сума опадів та відносна вологість повітря для всіх експериментальних сезонів наведені у таблиці 1 разом із середніми довгостроковими значеннями.

Статистичний аналіз. Реакцію гібридів соняшника на рівень поживних речовин та до едафічного стресу проводили за допомогою індексів стресостійкості: *MP* – середньої врожайності [29], *D* – інтенсивності стресу [3], *SSI* – сприйнятливості до стресу [11], *TOL* – толерантності до стресу [29], *YSI* – стабільності врожаю [4], *YI* – врожайності [12, 23], *STI* – толерантності до стресу [10], *GMP* –

середньої геометричної (пропорційної) врожайності [10, 20], *RDI* – відносної стійкості до посухи [11], *DI* – посухостійкості [3, 21], *SSPI* – схильності до стресу [24], *MSTI*, *M₁STI*, *M₂STI* – модифікованих індексів толерантності до стресу [9], *ATI* – абіотичної толерантності [24], *HMP* – гармонічної середньої продуктивності [6, 16, 20], *ISR* – стійкості до стресу [37, 34, 48] та індексу умов зовнішнього середовища (екологічний індекс), отриманий як середнє значення всіх сортів у *j*-му середовищі мінус загальне середнє (*I_j*), коефіцієнту регресії сорту на середовище (*b_j*), дисперсії відхилення від лінії регресії (*s²_{gi}*) [8], показнику стійкості до стресу (*RS*), генетичної гнучкості (*Gf*) [29], загальної гомеостатичності (*Hom*), селекційної цінності (*Sc*), коефіцієнта адаптивності (*CA*), ефектів загальної адаптаційної здатності (*GAC_i*), специфічної адаптаційної здатності (*SAC_i*), варіанси взаємодії генотипу та середовища (*σ²_{(G×E)gi}*), варіанси специфічної адаптаційної здатності (*σ²_{SAC_i}*), відносної стабільності генотипу (*s_{gi}*), селекційного значення генотипу (*SVG_i*), коефіцієнта компенсації-дестабілізації генотипу (*K_{gi}*), коефіцієнта нелінійності реакції генотипу на навколишнє середовище (*I_{gi}*) [35].

Проведено кореляційний та кластерний аналізи між індексами врожайності насіння та стресостійкості і показниками адаптивності для визначення найкращих стресостійких гібридів, індексів та показників адаптивності. Аналіз головних компонентів (PCA) проводили на основі спостережень. Кореляційний, кластерний аналізи, так і PCA проводили за допомогою Microsoft® Excel 2016/XLSTAT® -Pro (Version 2016.02.28451, 2016, Addinsoft, Inc., Бруклін, Нью-Йорк, США), Statistica data analysis software system v.8. (Sta Stof Inc., North Melbourne, Australia) та SPSS 20.00 statistical software (SPSS/PC-20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Результати дослідження та їх обговорення.

Отримані експериментальні дані дозволили виділити гібриди соняшника, що істотно перевищують середньогібридну за урожайністю в стресових умовах: *Bella* 1,905 т/га, а за умов достатнього рівня забезпечення поживними елементами: *Bella* і *Niagara* з урожайністю 2,534–2,692 т/га (табл. 2).

За індексами середньої врожайності *MP* зі значенням 2,299, урожайності *YI* – 123,3, толерантності до стресу *STI* – 1,03, середньої геометричної

Таблиця 1 – Погодні умови проведення досліджень

Період	Середньобагаторічні			2020			2021		
	T (°C)	P (мм)	φ (%)	T (°C)	P (мм)	φ (%)	T (°C)	P (мм)	φ (%)
квітень	9,6	28,0	73	9,5	7,5	54	8,9	41,4	71
травень	15,6	38,0	68	14,9	32,4	66	16,9	97,7	69
червень	20,0	46,0	64	22,2	49,3	64	20,7	89,2	77
липень	22,4	42,0	59	24,7	44,2	53	25,3	76,7	62
серпень	21,6	35,0	59	23,1	36,4	51	24,4	25,3	61
вересень	16,4	28,0	67	20,4	21,5	55	16,9	1,1	61
квітень – серпень	17,8	189,0	65	18,9	169,8	58	19,2	330,3	68
квітень – вересень	17,6	217,0	65	19,1	191,3	57	18,8	331,4	67

Таблиця 2 – Урожайність гібридів насіння соняшника за різних ґрунтових умов та живлення і математичні індекси (2020, 2021 рр.)

Гібрид	Позначення	Y_{opt}	Y_{lim}	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M_1STI	M_2STI	MSTI	ATI	HMP	ISR	
<i>Agora</i>	G1	2,313	1,654	1,984	0,93	0,659	0,72	107,0	0,77	1,96	1,03	0,77	14,8	0,83	0,88	0,73	0,89	1,93	20,4	
<i>Agraris</i>	G2	1,982	1,385	1,684	0,98	0,597	0,70	89,6	0,55	1,66	1,01	0,63	13,4	0,44	0,44	0,19	0,69	1,63	15,3	
<i>Andromeda</i>	G3	2,270	1,494	1,882	1,11	0,776	0,66	96,7	0,68	1,84	0,95	0,64	17,4	0,71	0,64	0,45	0,99	1,80	12,8	
<i>Bella</i>	G4	2,692	1,905	2,299	0,95	0,787	0,71	123,3	1,03	2,26	1,02	0,87	17,6	1,50	1,57	2,35	1,23	2,23	22,3	
<i>Cabana</i>	G5	2,496	1,751	2,124	0,97	0,745	0,70	113,3	0,88	2,09	1,01	0,79	16,7	1,10	1,13	1,24	1,08	2,06	19,7	
<i>Niagara</i>	G6	2,534	1,762	2,148	0,99	0,772	0,70	114,0	0,90	2,11	1,00	0,79	17,3	1,16	1,17	1,35	1,13	2,08	19,0	
<i>Regata</i>	G7	1,870	1,309	1,590	0,98	0,561	0,70	84,7	0,49	1,56	1,01	0,59	12,6	0,35	0,35	0,12	0,61	1,54	14,5	
<i>LG 5377</i>	G8	1,859	1,223	1,541	1,11	0,636	0,66	79,1	0,46	1,51	0,95	0,52	14,3	0,32	0,29	0,09	0,66	1,48	10,4	
<i>Латимуда</i>	G9	2,138	1,468	1,803	1,02	0,670	0,69	95,0	0,63	1,77	0,99	0,65	15,0	0,58	0,57	0,33	0,82	1,74	14,9	
<i>Раптор</i> <i>HCX7258</i>	G10	2,149	1,501	1,825	0,98	0,648	0,70	97,1	0,65	1,80	1,01	0,68	14,5	0,60	0,61	0,37	0,81	1,77	16,5	
Середнє		2,230	1,545	1,888	1,00	0,685	0,69	100,0	0,70	1,86	1,00	0,69	15,4	0,76	0,76	0,72	0,89	1,83	16,6	
Інтенсивність посухи, D		0,307																		
V, %		12,76	14,09	13,25	6,15	11,68	2,82	14,10	26,70	13,32	2,75	15,62	11,59	51,08	54,07	100,19	23,72	13,47	22,40	
$Sx_{абс.}$		0,09	0,07	0,08	0,02	0,02	0,01	4,46	0,06	0,08	0,01	0,03	0,56	0,12	0,13	0,23	0,07	0,08	1,17	
$Sx_{віднос.}$		4,03	4,45	4,19	1,94	3,69	0,89	4,46	8,44	4,21	0,87	4,94	3,66	16,15	17,10	31,68	7,50	4,26	7,08	
HIP ₀₁		0,28	0,22	0,25	0,06	0,08	0,02	14,13	0,19	0,25	0,03	0,11	1,78	0,39	0,41	0,72	0,21	0,25	3,72	
HIP ₀₅		0,21	0,16	0,18	0,04	0,06	0,01	10,21	0,14	0,18	0,02	0,08	1,29	0,28	0,30	0,52	0,15	0,18	2,69	

урожайності *GMP* – 2,26, стресостійкості *DI* – 0,87, модифікованими індексами толерантності до стресу *MSTI*, *M₁STI* і *M₂STI* – 1,50; 1,57 і 2,35, гармонійної продуктивності *HMP* – 2,23 та стійкості до стресу *ISR* – 22,3 був виділений гібрид *Bella*.

За індексами чутливості до стресу (*SSI*) зі значенням 0,93, стабільності врожаю (*YSI*) – 0,72 та відносної стресостійкості (*RDI*) – 1,03 був виділений гібрид *Agora*.

За індексом толерантності до стресу (*TOL*) – 0,561 і 0,597 виділені гібриди *Regata* і *Agraris*, а за

індексами схильності до стресу (*SSPI*) – 12,6 та абіотичної толерантності (*ATI*) – 0,61 виділений гібрид *Regata*.

Гібрид *Bella* виділений за десятьма індексами, як найбільш стресостійкий.

Індекс стресового середовища становив -0,343, а за оптимальних умов 0,343. Найбільшою середньою врожайністю (*Y_{mean}*) характеризувався гібрид *Bella* – 2,299 т/га (табл. 3).

Найбільшим рівнем стійкості досліджуваних гібридів до стресових умов (*RS*), а відповідно

Таблиця 3 – Гомеостатичність, екологічна пластичність і адаптивність гібридів соняшника за ознакою урожайності насіння (2020, 2021 рр.)

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності					
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	Y_{mean}	RS	Sc	Gf	b_i	CA	Hom
<i>Agora</i>	G1	1,654–2,313	1,984	0,659	1,42	1,98	0,96	105,1	28,4
<i>Agraris</i>	G2	1,385–1,982	1,684	0,597	1,18	1,68	0,87	89,2	22,5
<i>Andromeda</i>	G3	1,494–2,270	1,882	0,776	1,24	1,88	1,13	99,7	21,7
<i>Bella</i>	G4	1,905–2,692	2,299	0,787	1,63	2,30	1,15	121,8	31,9
<i>Cabana</i>	G5	1,751–2,496	2,124	0,745	1,49	2,12	1,09	112,5	28,7
<i>Niagara</i>	G6	1,762–2,534	2,148	0,772	1,49	2,15	1,13	113,8	28,4
<i>Regata</i>	G7	1,309–1,870	1,590	0,561	1,11	1,59	0,82	84,2	21,4
<i>LG 5377</i>	G8	1,223–1,859	1,541	0,636	1,01	1,54	0,93	81,6	17,7
<i>Латимуда</i>	G9	1,468–2,138	1,803	0,670	1,24	1,80	0,98	95,5	23,0
<i>Раптор НСХ7258</i>	G10	1,501–2,149	1,825	0,648	1,27	1,83	0,95	96,7	24,4
Середнє		1,545–2,230	1,888	0,69	0,685	1,89	1,00	100,0	24,8
$V, \%$		12,76–14,09	13,25	11,73	14,81	13,28	11,68	13,26	17,61
$S\bar{x}_{абс.}$		0,09–0,07	0,08	0,02	0,06	0,08	0,04	4,19	1,38
$S\bar{x}_{віднос.}$		4,03–4,45	4,19	3,71	4,68	4,20	3,69	4,19	5,57
HIP_{01}		0,28–0,22	0,25	0,08	0,19	0,25	0,12	13,30	4,38
HIP_{05}		0,21–0,16	0,18	0,06	0,14	0,18	0,08	9,61	3,16

Таблиця 4 – Параметри адаптивних властивостей гібридів соняшника за ознакою урожайності насіння (2020, 2021 рр.)

Гібрид	Позначення	Урожайність, т/га		Параметри адаптивності						
		$Y_{lim} - Y_{opt}$	Y_{mean}	GAC_i	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	$\sigma^2_{SAC_i}$	s_{gi}	SVG_i	K_{gi}	I_{gi}
<i>Agora</i>	G1	1,654–2,313	1,984	0,10	0,00003	0,024	7,8	1,08	0,93	0,0012
<i>Agraris</i>	G2	1,385–1,982	1,684	-0,20	0,00042	0,020	8,4	0,86	0,76	0,0214
<i>Andromeda</i>	G3	1,494–2,270	1,882	-0,01	0,00045	0,033	9,7	0,82	1,28	0,0135
<i>Bella</i>	G4	1,905–2,692	2,299	0,41	0,00057	0,034	8,1	1,22	1,32	0,0165
<i>Cabana</i>	G5	1,751–2,496	2,124	0,24	0,00019	0,031	8,3	1,10	1,18	0,0062
<i>Niagara</i>	G6	1,762–2,534	2,148	0,26	0,00041	0,033	8,5	1,09	1,27	0,0124
<i>Regata</i>	G7	1,309–1,870	1,590	-0,30	0,00085	0,017	8,3	0,82	0,67	0,0485
<i>LG 5377</i>	G8	1,223–1,859	1,541	-0,35	0,00013	0,022	9,7	0,67	0,86	0,0056
<i>Латимуда</i>	G9	1,468–2,138	1,803	-0,08	0,00000	0,025	8,8	0,88	0,96	0,0002
<i>Раптор НСХ7258</i>	G10	1,501–2,149	1,825	-0,06	0,00007	0,023	8,4	0,94	0,89	0,0029
Середнє		1,545–2,230	1,888	0,00	0,000	0,026	8,6	0,95	1,01	0,0129
$V, \%$		12,76–14,09	13,25	25075	81,53	23,24	7,37	17,83	23,04	111,64
$S\bar{x}_{абс.}$		0,09–0,07	0,08	0,08	0,0001	0,002	0,20	0,05	0,07	0,004
$S\bar{x}_{віднос.}$		4,03–4,45	4,19	7929	25,78	7,35	2,33	5,64	7,29	35,30
HIP_{01}		0,28–0,22	0,25	0,25	0,0003	0,006	0,64	0,17	0,23	0,014
HIP_{05}		0,21–0,16	0,18	0,18	0,0002	0,004	0,46	0,12	0,17	0,010

Таблиця 5 – Матриця кореляційних зв'язків між урожайністю насіння гібридів соняшника за різних ґрунтових умов та живлення і математичними індексами (2020, 2021 рр.)

	Y_{opt}	Y_{lim}	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M_1STI	M_2STI	$MSTI$	ATI	HMP	ISR
Y_{opt}	1,000	0,984	0,997	-0,408	0,878	0,409	0,985	0,994	0,995	0,356	0,950	0,876	0,984	0,975	0,927	0,985	0,994	0,830
Y_{lim}	0,984	1,000	0,995	-0,561	0,781	0,561	1,000	0,995	0,997	0,513	0,990	0,777	0,980	0,983	0,932	0,941	0,998	0,914
MP	0,997	0,995	1,000	-0,477	0,839	0,477	0,995	0,998	1,000	0,426	0,971	0,836	0,986	0,983	0,933	0,970	0,999	0,870
SSI	-0,408	-0,561	-0,477	1,000	0,075	-0,994	-0,561	-0,486	-0,493	-0,998	-0,671	0,081	-0,446	-0,503	-0,452	-0,253	-0,505	-0,841
TOL	0,878	0,781	0,839	0,075	1,000	-0,073	0,781	0,828	0,828	-0,131	0,685	1,000	0,836	0,795	0,764	0,944	0,820	0,463
YSI	0,409	0,561	0,477	-0,994	-0,073	1,000	0,560	0,485	0,493	0,991	0,671	-0,078	0,442	0,499	0,444	0,252	0,505	0,840
YI	0,985	1,000	0,995	-0,561	0,781	0,560	1,000	0,995	0,997	0,513	0,990	0,778	0,980	0,983	0,932	0,941	0,998	0,914
STI	0,994	0,995	0,998	-0,486	0,828	0,485	0,995	1,000	0,998	0,435	0,972	0,825	0,993	0,992	0,952	0,966	0,998	0,877
GMP	0,995	0,997	1,000	-0,493	0,828	0,493	0,997	0,998	1,000	0,443	0,975	0,825	0,984	0,982	0,931	0,964	1,000	0,879
RDI	0,356	0,513	0,426	-0,998	-0,131	0,991	0,513	0,435	0,443	1,000	0,628	-0,136	0,394	0,453	0,405	0,198	0,455	0,808
DI	0,950	0,990	0,971	-0,671	0,685	0,671	0,990	0,972	0,975	0,628	1,000	0,681	0,951	0,964	0,909	0,884	0,978	0,962
SSPI	0,876	0,777	0,836	0,081	1,000	-0,078	0,778	0,825	0,825	-0,136	0,681	1,000	0,834	0,792	0,761	0,942	0,817	0,459
M_1STI	0,984	0,980	0,986	-0,446	0,836	0,442	0,980	0,993	0,984	0,394	0,951	0,834	1,000	0,997	0,978	0,966	0,985	0,850
M_2STI	0,975	0,983	0,983	-0,503	0,795	0,499	0,983	0,992	0,982	0,453	0,964	0,792	0,997	1,000	0,981	0,946	0,984	0,882
$MSTI$	0,927	0,932	0,933	-0,452	0,764	0,444	0,932	0,952	0,931	0,405	0,909	0,761	0,978	0,981	1,000	0,910	0,934	0,828
ATI	0,985	0,941	0,970	-0,253	0,944	0,252	0,941	0,966	0,964	0,198	0,884	0,942	0,966	0,946	0,910	1,000	0,961	0,725
HMP	0,994	0,998	0,999	-0,505	0,820	0,505	0,998	0,998	1,000	0,455	0,978	0,817	0,985	0,984	0,934	0,961	1,000	0,886
ISR	0,830	0,914	0,870	-0,841	0,463	0,840	0,914	0,877	0,879	0,808	0,962	0,459	0,850	0,882	0,828	0,725	0,886	1,000

Примітка: * – Confidence interval (%): 95

Таблиця 6 – Матриця кореляційних зв'язків між максимальною і мінімальною урожайністю насіння гібридів соняшника та гомеостатичністю, екологічною пластичністю і параметрами адаптивності (2016–2020 рр.)

	Y_{lim}	Y_{opt}	Y_{mean}	b_i	RS	Sc	Gf	CA	Hom	GAC _i	$\sigma^2_{(G \times E)_{ij}}$	σ^2_{SACi}	S_{gi}	SVG _i	K_{gi}	I_{gi}
Y_{lim}	1,000	0,984	0,995	0,783	0,781	0,998	0,995	0,995	0,970	0,996	0,000	0,791	-0,535	0,967	0,784	-0,267
Y_{opt}	0,984	1,000	0,997	0,880	0,878	0,972	0,997	0,997	0,913	0,996	-0,009	0,886	-0,379	0,908	0,881	-0,312
Y_{mean}	0,995	0,997	1,000	0,841	0,834	0,987	1,000	1,000	0,941	1,000	-0,004	0,848	-0,449	0,937	0,842	-0,293
b_i	0,783	0,880	0,841	1,000	0,999	0,743	0,841	0,841	0,609	0,836	-0,035	0,998	0,103	0,600	0,999	-0,386
RS	0,781	0,878	0,834	0,999	1,000	0,735	0,834	0,834	0,600	0,830	-0,037	0,998	0,115	0,590	0,998	-0,390
Sc	0,998	0,972	0,987	0,743	0,735	1,000	0,987	0,987	0,983	0,988	0,004	0,752	-0,585	0,981	0,745	-0,249
Gf	0,995	0,997	1,000	0,841	0,834	0,987	1,000	1,000	0,941	1,000	-0,002	0,848	-0,449	0,937	0,842	-0,291
CA	0,995	0,997	1,000	0,841	0,834	0,987	1,000	1,000	0,941	1,000	-0,004	0,848	-0,449	0,937	0,842	-0,293
Hom	0,970	0,913	0,941	0,609	0,600	0,983	0,941	0,941	1,000	0,944	0,013	0,620	-0,721	1,000	0,612	-0,192
GAC _i	0,996	0,996	1,000	0,836	0,830	0,988	1,000	1,000	0,944	1,000	-0,012	0,843	-0,456	0,940	0,837	-0,298
$\sigma^2_{(G \times E)_{ij}}$	0,000	-0,009	-0,004	-0,035	-0,037	0,004	-0,002	-0,004	0,013	-0,012	1,000	-0,004	-0,078	0,014	0,011	0,927
σ^2_{SACi}	0,791	0,886	0,848	0,998	0,998	0,752	0,848	0,848	0,620	0,843	-0,004	1,000	0,086	0,610	0,999	-0,356
S_{gi}	-0,535	-0,379	-0,449	0,103	0,115	-0,585	-0,449	-0,449	-0,721	-0,456	-0,078	0,086	1,000	-0,730	0,098	-0,130
SVG _i	0,967	0,908	0,937	0,600	0,590	0,981	0,937	0,937	1,000	0,940	0,014	0,610	-0,730	1,000	0,602	-0,186
K_{gi}	0,784	0,881	0,842	0,999	0,998	0,745	0,842	0,842	0,612	0,837	0,011	0,999	0,098	0,602	1,000	-0,344
I_{gi}	-0,267	-0,312	-0,293	-0,386	-0,390	-0,249	-0,291	-0,293	-0,192	-0,298	0,927	-0,356	-0,130	-0,186	-0,344	1,000

Примітка: * – Confidence interval (%): 95

і найменшим значенням характеризувався *Regata* – 0,56. Гібриди *Andromeda* і *Bella* зі значеннями 0,78 і 0,79 виявилися найбільш нестійкими до стресових умов.

За селекційною цінністю сорту (*Sc*) та генетичною гнучкістю (*Gf*) виділений гібрид *Bella* – 0,63 і 2,30.

За коефіцієнтом регресії (*b_i*), що є критерієм оцінки рівня екологічної пластичності і вказує на реакцію генотипу на зміну умов середовища, виділені гібриди інтенсивного типу (*b_i* > 1) *Bella* – 1,15 та *Niagara* – 1,13, стабільного типу (*b_i* < 1) *Regata* – 0,82. Якщо *b_i* = 1, то гібрид добре адаптований до різноманітних умов вирощування, найбільш наближеним є *Пантор HCX7258* – 0,98.

Найвищими значеннями коефіцієнту адаптивності (*CA*), гомеостатичності (*Hom*) характеризувався гібрид *Bella* – 121,8 і 31,9, відповідно.

Найвищим ефектом загальної адаптивної здатності (*GAC*) відзначився гібрид *Bella* – 0,41, найменшим значенням – *LG 5377* – -0,35 (табл. 4).

Стабільність реакції генотипу на зміни умов середовища за продуктивністю визначається величиною варіанси (σ^2_{CA3i}), встановлено найбільш стабільний гібрид *Regata* – 0,017. Гібриди *Bella* – 0,34, *Andromeda* та *Niagara* – 0,33 є нестабільними.

За показником відносної стабільності генотипу (*s_{gi}*), з найменшими його значеннями, був виділений гібрид *Agora* – 7,8, а за селекційною цінністю генотипу (*SVG_i*) виділився гібрид *Bella* – 1,22.

Гібриди *Agora* та *Латумуда* характеризувалися найменшими значеннями (0,00003 і 0,00000, відповідно) варіанси взаємодії генотипу та середовища ($\sigma^2_{(G \times E)gi}$), володіли лінійною реакцією (*l_{gi}*) на зміну умов середовища (0,0002–0,0012), та коефіцієнт компенсації-дестабілізації (*K_{gi}*) був менше 1 (0,93 і 0,96, відповідно), що свідчить про переважання компенсуючого ефекту. Найнижчим значенням коефіцієнту компенсації (*K_{gi}*) характеризувався гібрид *Regata* – 0,67, натомість гібриди *Bella*,

Andromeda та *Niagara* характеризувалися найвищими значеннями 1,32, 1,28 і 1,27.

Між врожайністю за різних едафічних умов має місце висока позитивна кореляційна залежність $r = 0,984$. Урожайність гібридів соняшника за обох умов середовища має високий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,777-0,999$) з – *MP* (*Y_{mean}*), *TOL*, *YI*, *STI*, *GMP*, *DI*, *SSPI*, *M₁STI*, *M₂STI*, *MSTI*, *HMP*, *ATI*, *ISR*, *b_i*, *RS*, *Sc*, *Gf*, *CA*, *Hom*, *GAC_i*, σ^2_{SACi} , *SVG_i* і *K_{gi}*, середню з – *SSI*, *YSI*, *RDI*, *s_{gi}* (табл. 5, 6).

За результатами GGE біплот-аналізу гібриди соняшника *Agora* (G1), *Bella* (G4), *Cabana* (G5) і *Niagara* (G6), що знаходяться на осі між векторами урожайності при стресі (*Y_{lim}*) та оптимальних умов вирощування (*Y_{opt}*) і найбільше віддалені від центру, формують високу урожайність за кращих умов і їх можна віднести до гібридів інтенсивного типу по відношенню до мінерального живлення та ґрунтових умов (рис. 1).

Гібриди соняшника *Agraris* (G2), *Regata* (G7) і *LG 5377* (G8), що знаходяться на осі між III і IV чвертями та максимально віддалені від центру характеризуються найменшим зниженням врожайності при покращенні умов середовища і їх можна характеризувати як гібриди стабільного типу. Гібрид соняшника *Andromeda* (G3), *Латумуда* (G9) і *Пантор HCX7258* (G10), що максимально наближені до центру, можна віднести до пластичних.

За агломеративним ієрархічним кластерним аналізом ранньостиглі гібриди соняшника були поділені на три кластера по відношенню до добрив та едафічного стресу (рис. 2).

Гібриди G2 – *Agraris*, G7 – *Regata* і G8 – *LG 5377*, що утворили кластер 2 на відстані 89 виявилися найбільш стабільними по відношенню до живлення і ґрунтових умов. Гібриди G3 – *Andromeda*, G9 – *Латумуда* і G10 – *Пантор HCX7258* є пластичними та на відстані 23 утворили 3 кластер. Останні чотири гібрида виявилися інтенсивними та об'єдналися у 1 кластер на відстані 219.

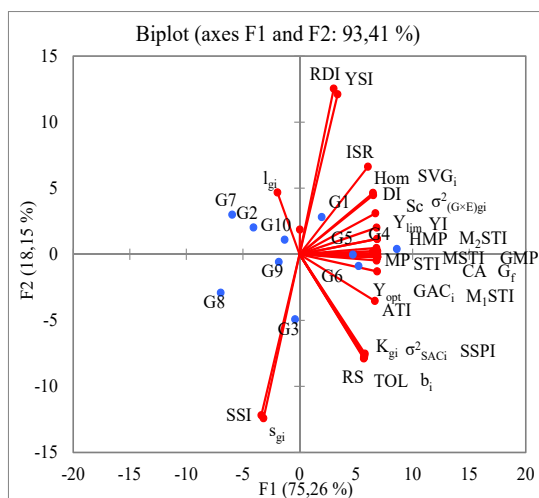
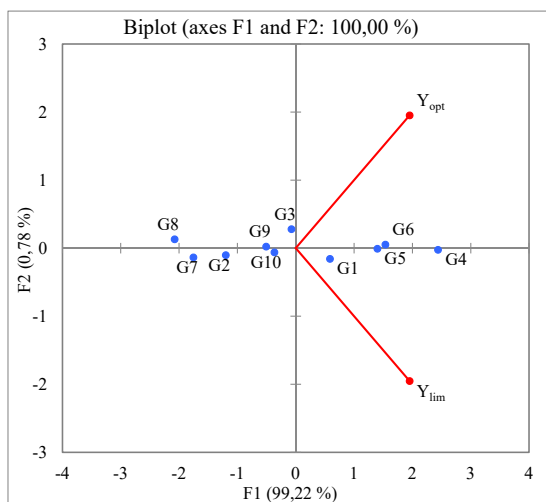


Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія гібридів соняшника і середовищ (метод біплот-аналіз). Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ: ● – умови зволоження; ● – гібриди

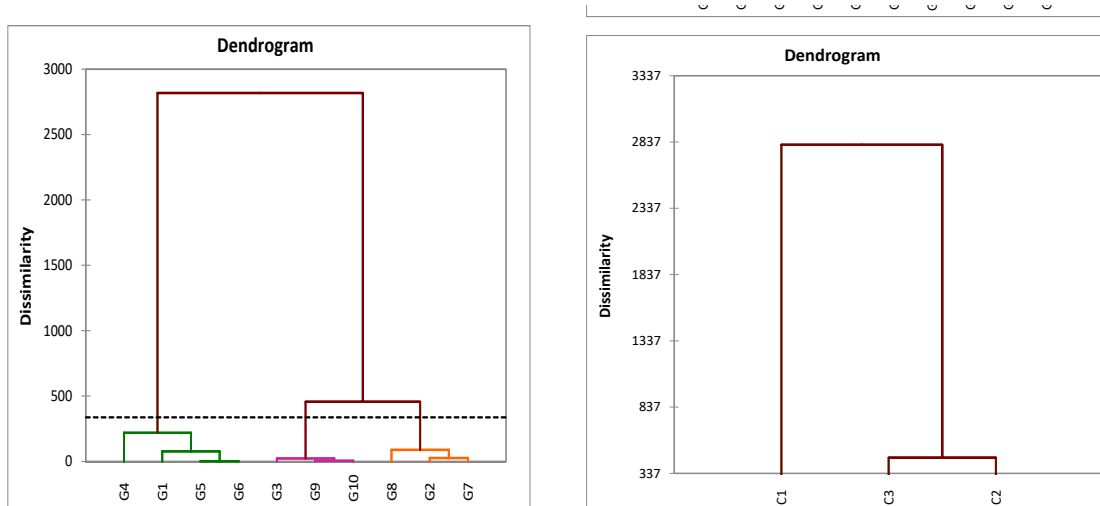


Рис. 2. Дендрограма кластеризації десяти гібридів соняшника за реакцією на добрива та едафічний стрес

Таблиця 7 – Кластеризації десяти гібридів соняшника за реакцією на добрива та едафічний стрес методом k-середніх і агломеративного ієрархічного кластерного аналізу

Гібрид	Позначення	Кластеризація k-середніх		Агломеративна ієрархічна кластеризація
		Кластер	Відстань до центру кластера	Кластер
<i>Agora</i>	G1	1	11,282	1
<i>Agraris</i>	G2	2	7,191	2
<i>Andromeda</i>	G3	3	3,906	3
<i>Bella</i>	G4	1	12,814	1
<i>Cabana</i>	G5	1	1,662	1
<i>Niagara</i>	G6	1	1,938	1
<i>Regata</i>	G7	2	1,904	2
<i>LG 5377</i>	G8	2	7,684	2
Латитуда	G9	3	2,309	3
Раптор НСХ7258	G10	3	2,775	3

Також був проведений кластерний аналіз гібридів соняшника методом k-середніх, який повністю співпадає з агломеративним ієрархічним. До 1 кластера увійшли чотири інтенсивних по відношенню до живлення і ґрунтових умов. Найменша відстань до центру кластера спостерігалася у гібрида G5 – *Cabana* на рівні 1,662, натомість найбільша 12,814 у гібрида G4 – *Bella* (табл. 7).

До 2 кластера увійшли три гібрида стабільного типу з найменшою відстанню до центру кластера у гібрида G7 – *Regata* на рівні 1,904 та найбільшою 7,684 у гібрида G8 – *LG 5377*. До 3 кластера увійшли три пластичних гібрида з найбільшою відстанню до центру кластера у гібрида G3 – *Andromeda* на рівні 3,906 та найменшою 2,309 у гібрида G9 – *Латитуда*.

Висновки. За математичними індексами, показниками адаптивності до едафічних факторів та біплот-аналізом, як найбільш стійкий виділений гібрид *Regata*, гібрид *Bella* виділений як пластичний, а гібрид *Niagara* як найбільш чутливий до погіршення ґрунтових умов та мінерального живлення.

За допомогою кластерного аналізу десять гібридів соняшника були розподілені на три кластера: стійкі до погіршення ґрунтових умов та мінерального живлення, середньої стійкості, не стійкі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Anderson W.K., Brennan R.F., Jayasena K.W., Micic S., Moore J.H., Nordblom T. Tactical crop management for improved productivity in winter-dominant rainfall regions: a review. *Crop & Pasture Science*. 2020, Vol. 71, P. 621–644. <https://doi.org/10.1071/CP19315>
- Ata-Ul-Karim S.T., Zhu Y., Cao Q., Rehmani M.I.A., Cao W. et al. In-season assessment of grain protein and amylose content in rice using critical nitrogen dilution curve. *European Journal of Agronomy*, 2017, Vol. 90. P. 139–151.
- Blum A. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 1988
- Bouslama M., Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 1984.

Vol. 24, № 5. P. 933–937. doi:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x

5. Ceglár A., Toreti A., Lecerf R., Van der Velde M., Dentener F. Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agric. For. Meteorol.* 2016, Vol. 216, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004>

6. Chakherchaman S.A., Mostafaei H., Imanparast L. and Eivazian M.R. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment.* 2009. Vol. 7. P. 283–288

7. Chawade A., Armoniené R., Berg G., Brazauskas G., Frostgård G., Geleta M., Gorash A., Henriksson T., Himanen K., Ingver A. A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiol. Plant.* 2018, Vol. 164, 442–451. <https://doi.org/10.1111/ppl.12726>

8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc.* 1966. Vol. 6. №1. P. 36–40.

9. Farshadfar E., Sutka J. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.* 2002. Vol. 31. P. 33–40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>

10. Fernandez C.J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Aug. 13–16. Shanhuai, Taiwan, 1992. P. 257–270.

11. Fisher R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research.* 1978. Vol. 29, № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897

12. Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M. et al. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science.* 1997. Vol. 77, № 4. P. 523–531.

13. González-Alonso A., Ramírez-Tortosa C., Varela-López A., Roche E., Arribas M. et al. Sunflower Oil but Not Fish Oil Resembles Positive Effects of Virgin Olive Oil on Aged Pancreas after Life-Long Coenzyme Q Addition. *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16. P. 23425–23445

14. Hamza M. & Safina S. Performance of sunflower cultivated in sandy soils at a wide range of planting dates in Egypt. *J Plant Prod.* 2015. Vol. 6, P. 821–835. <https://doi.org/10.21608/jpp.2015.49782>.

15. Ion V., Dicu G., Basa A. et al. Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agric Agric Sci Proc.* 2015. P. 6. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036>.

16. Jafari A., Paknejad F., Jami Al-Ahmadi M. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Inter J Plant Prod.* 2009. Vol. 3, Issue 4. P. 33–38.

17. Khatun M., Hossain T.M., Miah M.M., Khondoker S., Rashid M.A. Profitability of sunflower cultivation in some selected sites of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. Res.* 2016. Vol. 41. P. 599–623.

18. Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D. et al. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (Part 2 – drought years). *Аграрні інновації.* 2023. № 20. С. 82–92. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.13>

19. Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., et al. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Аграрні інновації.* 2023. №19. С. 140–150. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.22>

20. Kristin A.S., Serna R.R., Perez F.I., Enriquez B.C., Gallegos J.A.A., et al. Improving common bean performance under drought stress. *CropSci.* 1997. Vol. 37. P. 43–50.

21. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica.* 1998. Vol. 7. P. 85–87.

22. Lavrynenko Y., Tyshchenko A., Bazalii H., Konovalova V., Zhupyna A., et al. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of Southern Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy,* Vol. LXVI, No. 2, 2023. P. 294–301. ISSN 2285-5785

23. Lin C.S., Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci.* 1988. Vol. 68. P. 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>

24. Moosavi S.S., Yazdi-Samadi B., Naghavi M.R., Zali A.A., Dashti H., Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert.* 2008. Vol. 12, Issue 2. P. 165–178.

25. Nair K.P. Soil Fertility and Nutrient Management. Intelligent Soil Management for Sustainable Agriculture: The Nutrient Buffer Power Concept. Cham: Springer International Publishing. 2019. P. 165–189.

26. Nazir M.F., Sarfraz Z., Mangi N., Nawaz Shah M.K., Mahmood T. et al. Post-Anthesis Mobilization of Stem Assimilates in Wheat under Induced Stress. *Sustainability.* 2021. Vol. 13. P. 5940.

27. Ojha A. & Ojha B.R. Assessment of Morpho-Physiological, Yield and Yield Attributing Traits Related to Post Anthesis Drought in Wheat Genotypes Under Rain-fed Condition in Rampur, Chitwan. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 2020, Vol. 8, Issue 3, P. 323–335. DOI: 10.3126/ijasbt.v8i3.31609

28. Radanielson A.M., Lecoer J., Christophe A., Guilioni L. Use of water extraction variability to screen for sunflower genotypes well adapted to soil water limitation. *Funct Plant Biol.* 2012. Vol. 39, Issue 12, P. 999–1008.

29. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science.* 1981. Vol. 21, № 6. P. 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x

30. Škorić D. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. *Helia.* 2009. Vol.32(50). P. 1–16.

31. Subira J., Álvaro F., del Moral L.F.G., & Royo C. Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. *European Journal of Agronomy,* 2015, Vol. 68, P. 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.04.009>

32. Team B.A. Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. In *Regional Climate Studies;* Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015, Vol. 6, P. 131–144.

33. Tyshchenko A.V., Konovalova V.M., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D. et al. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the

Southern Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 190–200. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.19.29>

34. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the drought resistance of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" (May 19-20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC "InterConf". A.T. International, 2023. P. 343–361. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.030>*

35. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" (May 19-20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC "InterConf". A.T. International, 2023. P. 324–342. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029>*

36. Tyshchenko O., Tyshchenko A., Piliarska O., Kuts H., Lykhovyd P. Evaluation of drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, No. 2, P. 353–358. ISSN 2285-5718

37. Vozhehova R., Tyshchenko A., Tyshchenko O., Dymov O., Piliarska O., Lykhovyd P. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV, No. 2. P. 435–444.

38. Zhou Y., He R., Guo Y., Liu K., Huang G. et al. A novel ABA functional analogue B2 enhances drought tolerance in wheat. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 2887. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39013-8>

39. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяцій люцерни при вирощуванні на насіння. *Вісник СумНАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Випуск 2(44), С. 3–11. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1>

40. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Пілярська О.О. Оцінювання посухостійкості селекційного матеріалу люцерни за показниками водного режиму в умовах Півдня України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021, Vol. 17, No 1. С. 21–29. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204>

41. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 190–198. DOI <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.13.28>

42. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Насіннева продуктивність популяцій люцерни другого року життя та особливості прояву у них адаптивних ознак. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 94–103. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.16.15>

43. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Особливості прояву адаптивних ознак у популяції люцерни за кормового використання. *Аграрні іннова-*

ції. 2022. № 14. С. 135–144. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.14.20>

44. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Формування стійкості рослин насінневої люцерни в умовах різного екологічного градієнта. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 3 (840). С. 53–62. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08>

45. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни за насінневого використання в рік сівби. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 89–96. DOI <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.15.14>

46. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Посухостійкість популяцій люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 25–36. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.17.4>

47. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Фундират К.С., Коновалова В.М. Адаптивні ознаки та їх прояв у популяції люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 143–155. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.18.20>

48. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О. Оцінка генотипів люцерни за насінневою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ВД «Гельветика», 2021. № 120. С. 155–168. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21>

49. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О., Пілярська О.О. Адаптивна здатність – важлива ознака в селекції рослин. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 75, С. 101–109. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19>

REFERENCES:

- Anderson, W.K. et al. (2020). Tactical crop management for improved productivity in winter-dominant rainfall regions: a review. *Crop & Pasture Science*, 71, 621–644. <https://doi.org/10.1071/CP19315>
- Ata-Ul-Karim, S.T. et al. (2017). In-season assessment of grain protein and amylose content in rice using critical nitrogen dilution curve. *European Journal of Agronomy*, 90, 139–151.
- Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 9781351075718.
- Bousslama, M. & Schapaugh, W.T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5), 933–937. doi:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
- Ceglar, A. et al. (2016). Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agric. For. Meteorol.*, 216, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004>
- Chakherchaman, S.A., Mostafaei H., Imanparast L., & Eivazian, M.R. (2009). Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of food, agriculture & environment (JFAE)*, 7, 283–288.
- Chawade, A. et al. (2018). A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiol. Plant*, 164, 442–451. <https://doi.org/10.1111/ppl.12726>

8. Eberhart, S.A & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc.*, 6(1), 36–40.
9. Farshadfar, E., & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.*, 31, 33–40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>
10. Fernandez, C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Aug. 13–16. Shanhuai, Taiwan, P. 257–270.
11. Fisher, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research.*, 29(5), 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897
12. Gavuzzi, P. et al. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*, 77(4), 523–531.
13. González-Alonso, A. et al. (2015). Sunflower Oil but Not Fish Oil Resembles Positive Effects of Virgin Olive Oil on Aged Pancreas after Life-Long Coenzyme Q Addition. *Int. J. Mol. Sci.*, 16, 23425–23445
14. Hamza, M. & Safina, S. (2015). Performance of sunflower cultivated in sandy soils at a wide range of planting dates in Egypt. *J Plant Prod.*, 6, 821–835. <https://doi.org/10.21608/jpp.2015.49782>.
15. Ion, V. et al. (2015). Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agric Agric Sci Proc.*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036>.
16. Jafari, A., Farzad, P., & Jami Al-Ahmadi, M. (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 33–38.
17. Khatun, M., Hossain, T.M., Miah, M.M., Khandoker, S. & Rashid M.A. (2016). Profitability of sunflower cultivation in some selected sites of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. Res.*, 41, 599–623
18. Konovalova, V.M. et al. (2023). Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (Part 2 – drought years). *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 20, 82–92. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.13>
19. Konovalova, V.M. et al. (2023) Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 19, 140–150. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.22>
20. Kristin, A.S. et al. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *CropSci.*, 37, 43–50.
21. Lan, J. (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 7, 85–87.
22. Lavrynenko, Y. et al. (2023). Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of Southern Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXVI (2), 294–301. ISSN 2285-5785
23. Lin, C.S. & Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci.*, 68, 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
24. Moosavi, S.S. et al. (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert.*, 12(2), 165–178.
25. Nair, K.P. (2019). Soil Fertility and Nutrient Management. *Intelligent Soil Management for Sustainable Agriculture: The Nutrient Buffer Power Concept*. Cham: Springer International Publishing. 165–189.
26. Nazir, M.F. et al. (2021). Post-Anthesis Mobilization of Stem Assimilates in Wheat under Induced Stress. *Sustainability.*, 13, 5940.
27. Ojha, A. & Ojha, B.R. (2020). Assessment of Morpho-Physiological, Yield and Yield Attributing Traits Related to Post Anthesis Drought in Wheat Genotypes Under Rainfed Condition in Rampur, Chitwan. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.*, 8(3), 323–335. doi.org/10.3126/ijasbt.v8i3.31609
28. Radanielson, A.M., Lecoer, J., Christophe, A. & Guillioni, L. (2012). Use of water extraction variability to screen for sunflower genotypes well adapted to soil water limitation. *Funct Plant Biol.*, 39(12), 999–1008.
29. Rosielle, A.A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 943–946. [doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x](https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x)
30. Škorić, D. (2009). Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. *Helia*, 32(50), 1–16.
31. Subira, J., Álvaro, F., del Moral, L.F.G. & Royo, C. (2015). Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. *European Journal of Agronomy*, 68, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.04.009>
32. Team, B.A. (2015). Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. In *Regional Climate Studies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 6, 131–144.
33. Tyshchenko, A.V. et al. (2023). Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 19, 190–200. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.29>
34. Tyshchenko A.V. et al. (2023). Methods of determining the drought resistance of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" by the SPC "InterConf"*. (pp. 343–361) A.T. International. Vancouver, Canada. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.030> ISSN 2709-4685
35. Tyshchenko A.V. et al. (2023). Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" by the SPC "InterConf"*. (pp. 324–342) A.T. International. Vancouver, Canada. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029> ISSN 2709-4685
36. Tyshchenko, O. et al. (2020). Evaluation of drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2), 353–358. ISSN 2285-5718
37. Vozhehova, R. et al. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 435–444.

38. Zhou, Y. et al. (2019). A novel ABA functional analogue B2 enhances drought tolerance in wheat. *Scientific Reports*, 9:2887. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39013-8>

39. Vozhehova, R. A. et al. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptivnykh oznak u selektsiinykh populatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia. [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriya "Ahronomiia i biolohiia" – Bulletin of SumNAU. Agronomy and Biology Series*, 2(44), 3–11. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1> [in Ukrainian].

40. Vozhehova, R.A. et al. (2021). Otsiniuvannia posukhostiikosti selektsiinoho materialu liutserny za pokaznykamy vodnoho rehymu v umovakh Pivdnia Ukrainy [Evaluation of drought tolerance of alfalfa breeding material based on water regime indicators in Southern Ukraine.]. *Plant Varieties Studying and protection*, 17(1), 21–29. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204>. [in Ukrainian].

41. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Otsinka posukhostiikosti populatsii liutserny kormovoho vykorystannia v rik sivby za matematychnymi indeksamy [Assessment of drought resistance of fodder alfalfa populations in the year of sowing by mathematical indices]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 13, 190–198. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.28>. [in Ukrainian].

42. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Nasinnieva produktyvnist populatsii liutserny druhoho roku zhyttia ta osoblyvosti proiavu u nykh adaptivnykh oznak [Seed productivity of alfalfa populations in the second year of life and the peculiarities of the manifestation of adaptive traits in them]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 16, 94–103. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.15> [in Ukrainian].

43. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Osoblyvosti proiavu adaptivnykh oznak u populatsii liutserny za kormovoho vykorystannia [Peculiarities of the manifestation of adaptive traits in alfalfa populations under fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 14, 135–144. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.20>. [in Ukrainian].

44. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Vyznachennia posukhostiikosti populatsii liutserny nasinnievoho vykorystannia za matematychnymi indeksamy [Determination of drought resistance of alfalfa populations for seed use by mathematical indices]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 1(838), 40–48. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05>. [in Ukrainian].

45. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Otsinka posukhostiikosti populatsii liutserny za nasinnievoho vykorystannia v rik sivby [Assessment of drought resistance of alfalfa populations for seed use in the year of sowing]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 15, 89–96. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.14>. [in Ukrainian].

46. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Posukhostiikost populatsii liutserny druhoho roku za kormovoho vykorystannia [Drought resistance of second-year alfalfa populations for fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 17, 25–36. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4> [in Ukrainian].

47. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Adaptivni oznaky ta yikh proiavu u populatsii liutserny druhoho roku za kormovoho vykorystannia [Adaptive traits and their manifesta-

tion in alfalfa populations of the second year for fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 18, 143–155. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.20> [in Ukrainian].

48. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O. D. & Lyuta, Yu. O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiu produktyvnistiu na posukhostiikost. [Evaluation of alfalfa genotypes by seed productivity for drought resistance]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk. Kherson: VD "Helvetyka" – Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Helvetica*, 120, 155–168. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21>. [in Ukrainian].

49. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Liuta, Yu.O. & Piliarska, O.O. (2021). Adaptivna zdathnist – vazhlyva oznaka v selektsii roslyn [Adaptability is an important feature in plant selection]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated farming*, 75, 101–109. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19>. [in Ukrainian].

Тищенко А.В., Степанов С.С., Тищенко О.Д., Коновалова В.М., Очкала О.С. Реакція гібридів соняшника ранньої групи стиглості на мінеральне живлення та ґрунтові умови на півдні України

Метою досліджень було вивчення і аналіз реакції ранньостиглих гібридів соняшника на ґрунтові умови і мінеральне живлення на півдні України. **Матеріали і методи досліджень.** Реакцію десяти гібридів соняшника ранньої групи стиглості на різні умови вирощування вивчали в ТОВ «Агропроект Юг» Херсонської області протягом 2020–2021 рр. Дослідження проводилися на двох різних за показниками ґрунту ділянках. Аналіз стійкості гібридів соняшника до зміни ґрунтових умов і мінерального живлення проводили за допомогою різних математичних індексів, показників адаптивності, екологічної стійкості, GGE біplot-аналізу та кластерного аналізу. **Результати дослідження та їх обговорення.** Отримані експериментальні дані дозволили виділити гібриди соняшника, що істотно перевищують середньогібридну за урожайністю в стресових умовах: Bella 1,905 т/га, а за умов достатнього рівня забезпечення поживними елементами: Bella і Niagara з урожайністю 2,534–2,692 т/га. За індексами MP, Y1, ST1, GMP, DI, MST1, M₁ST1 і M₂ST1, HMP та ISR був виділений гібрид Bella, за SSI, YSI та RDI був виділений гібрид Agora, за TOL виділені гібриди Regata і Agraris, а за SSPI та ATI виділений гібрид Regata. За коефіцієнтом регресії (b) виділений гібрид інтенсивного типу Niagara і Bella, стабільного типу – Regata та гібрид добре адаптований до різноманітних умов вирощування і Раптор HCX7258. За результатами GGE біplot-аналізу гібриди соняшника Agora, Bella, Sabana і Niagara виділені як гібриди інтенсивного типу по відношенню до мінерального живлення та ґрунтових умов, Agraris, Regata і LG 5377 – стабільного типу, а Andromeda, Латитуда і Раптор HCX7258 – пластичні. За агломеративним ієрархічним кластерним аналізом ранньостиглі гібриди соняшника були поділені на три кластера по відношенню до добрив та едафічного стресу.

Висновки. За математичними індексами, показниками адаптивності до едафічних факторів та біplot-аналізом, як найбільш стійкий виділений гібрид Regata, гібрид Bella виділений як пластичний, а гібрид Niagara як найбільш чутливий до погіршення ґрунтових умов та мінерального живлення.

Ключові слова: соняшник, гібрид, урожайність, едафічний стрес, ґрунтові умови, мінеральне живлення, математичні індекси, адаптивність, екологічна стійкість.

Tyshchenko A.V., Stepanov S.S., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Ochkala O.S. Reaction of sunflower hybrids of the early maturity group to mineral nutrition and soil conditions in the south of Ukraine

The purpose of the research was to study and analyze the response of early-ripening sunflower hybrids to soil conditions and mineral nutrition in the South of Ukraine. **Research materials and methods.** The reaction of ten sunflower hybrids of the early maturity group to different growing conditions was studied at Agroproekt Yug LLC of the Kherson region during 2020–2021. The research was conducted on two sites with different soil parameters. Analysis of the resistance of sunflower hybrids to changes in soil conditions and mineral nutrition was carried out using various mathematical indices, indicators of adaptability, environmental stability, GGE biplot analysis and cluster analysis. **Research results and their discussion.** The obtained experimental data made it possible to identify sunflower hybrids that significantly exceed the average hybrid yield in stressful conditions: Bella 1.905 t/ha, and under the conditions of a sufficient level of provision of nutrients: Bella and

Niagara with a yield of 2.534–2.692 t/ha. According to the indices MP, YI, STI, GMP, DI, MSTI, M,STI and M₂STI, HMP and ISR, the Bella hybrid was selected, according to SSI, YSI and RDI, the Agora hybrid was selected, according to TOL, the Regata and Agraris hybrids were selected, and according to SSPI and ATI selected hybrid Regata. According to the regression coefficient (b_i), a hybrid of intensive type Niagara and Bella, stable type – Regata and a hybrid well adapted to various growing conditions and Raptor NSKH7258 were selected. According to the results of the GGE biplot analysis, the sunflower hybrids Agora, Bella, Cabana and Niagara are distinguished as hybrids of the intensive type in relation to mineral nutrition and soil conditions, Agraris, Regata and LG 5377 are of the stable type, and Andromeda, Latitude and Raptor NSKH7258 are plastic. According to agglomerative hierarchical cluster analysis, early-ripening sunflower hybrids were divided into three clusters in relation to fertilizers and edaphic stress. **Conclusions.** According to mathematical indices, indicators of adaptability to edaphic factors and biplot analysis, the Regata hybrid was selected as the most resistant, the Bella hybrid was selected as plastic, and the Niagara hybrid was selected as the most sensitive to the deterioration of soil conditions and mineral nutrition.

Key words: sunflower, hybrid, productivity, edaphic stress, soil conditions, mineral nutrition, mathematical indices, adaptability, environmental sustainability.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

БУТЕНКО А.О.....	32	МАРЧЕНКО Т.Ю.....	5
ВАКУЛЕНКО В.В.	50	МАЩЕНКО О.А.	32
ВЛАЩУК А.М.....	5	МІЩЕНКО С.В.	44
ВОЖЕГОВА Р.А.....	5, 12	МОЛДОВАН В.Г.	38
ГАДЗАЛО Я.М.....	12	МОЛДОВАН Ж.А.	38
ДРОБИТ О.С.....	5	ОРЕХІВСЬКИЙ В.Д.	50
ДРОЗДА О.В.	19	ОЧКАЛА О.С.....	56
КОНОВАЛОВА В.М.....	56	ПІЛЯРСЬКА О.О.....	5
КОНОНЕНКО Ю.М.	50	ПІЛЯРСЬКИЙ В.Г.	5
КРИВЕНКО А.І.	50	СТЕПАНОВ С.С.....	56
ЛИХОВИД П.В.	24	ТИЩЕНКО А.В.....	56
ЛІКАР Я.О.	12	ТИЩЕНКО О.Д.....	56

Наукове видання
ЗРОШУВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО

Збірник наукових праць

Випуск 81

Відповідальний за випуск – Пілярська О.О.

Підписано до друку 22.04.2024 р. Формат 60x84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно друк. арк. 8,14. Наклад 300. Зам. № 0424/249
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.