

УДК 631.527, 633.11

© 2022

ОЦІНЮВАННЯ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА СТАБІЛЬНОЮ ВРОЖАЙНІСТЮ ТА АДАПТИВНІСТЮ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЛІСОСТЕПУ

М.І. Штакал¹, Л.М. Голик², О.С. Левченко³,
І.В. Шпакович⁴, С.Ф. Іващенко⁵

¹доктор сільськогосподарських наук

²кандидат сільськогосподарських наук

³доктор філософії

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Машинобудівників, 2 б, смт Чабани Фастівського р-ну Київської обл., 08162, Україна

e-mail: ¹Shtakal@i.ua, ²holykselecioner@gmail.com,

³feniks1213@gmail.com, ⁴irunashpakovich@gmail.com, ⁵s.ivaschenko@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-9511-0290, ²0000-0002-7157-6520,

³0000-0003-1639-326X, ⁴0000-0003-2595-4620, ⁵0000-0001-6846-7422

Надійшла 17.01.2022

Мета. Оцінити сорти і лінії пшениці м'якої озимої за продуктивністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. **Методи.** Польовий (для визначення врожайності і біометричних показників), лабораторний (для визначення якості зерна), варіаційної статистики (для визначення достовірності отриманих результатів). **Результати.** За період 2010–2021 рр. середньодобова температура повітря за квітень–жовтень підвищилась на 2,2°C до норми, а сума опадів зменшилась на 27 мм. У цих умовах за енергоощадних технологій вирощування більшість сортів (Водограй, Полісянка, Миролюбна, Ефектна, Краєвид) у середньому забезпечували врожайність на рівні 5,8–6 т/га з коливаннями за роками 4–8 т/га ($V=21–32\%$), перевищуючи стандарти Лісова пісня на 0,2–0,4 т/га та Поліська 90 на 0,5–1,1 т/га. Це свідчить про те, що генотипи сучасних сортів пшениці озимої досить продуктивні, але навіть в зоні Лісостепу, за адаптивним потенціалом, не можуть ефективно протистояти погодним змінам за роками. У період осінньої вегетації між опадами і врожайністю існує середній кореляційний зв'язок ($r=0,32–0,55$). Дещо слабша залежність спостерігалася у сортів Водограй і Ефектна ($r=0,32$) і сильніша залежність у сортів Поліська 90, Аналог і лінії Еритроспермум 1428-3-15 ($r=0,46–0,55$). У період формування зерна практично всі сорти негативно реагували на підвищений температурний режим ($r=-0,12–0,24$). Проте найсильніше реагувала на це пізньостигла лінія Еритроспермум 1428-3-15 ($r=-0,5$). Зміна погодних умов впливає на вихід побічної продукції, якісні та біометричні показники пшениці озимої. **Висновки.** Кліматичні зміни в бік потепління та зменшення суми опадів за вегетаційний період пшениці в зоні Лісостепу наразі не є критичними для отримання високих урожаїв (5,8–6 т/га) сучасних сортів (Водограй, Полісянка, Миролюбна, Ефектна, Краєвид) за енергоощадних технологій вирощування. Однак за адаптивним

потенціалом вони не можуть ефективно протистояти погодним змінам за роками. Значною є залежність урожайності в період осінньої вегетації від опадів ($r=0,32-0,55$) і від підвищених температур у період формування зерна ($r=-0,12-0,5$). Проблематичним залишається створення високопродуктивних пізньостиглих сортів.

Ключові слова: температура, опади, коефіцієнти варіації і кореляції, якісні показники.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>

Пшениця є однією з найпоширеніших і найпродуктивніших культур у світі, а зростання та виробництво пшениці чутливі до зміни клімату. Зміна клімату впливає на фенологію пшениці, на строки посіву/дозрівання та тривалість стадій вирощування та зрештою — на врожайність зерна. Надійний прогноз змін урожайності пшениці є важливим для підтримки глобальної продовольчої безпеки [1]. Підвищення врожайності зернових потрібне для задоволення прогнозованого збільшення світового попиту на запаси продовольства. Підвищення врожайності може бути досягнуто завдяки збільшенню терміну дозрівання і, таким чином, поліпшенню захоплення та поділу ресурсів. Поточна адаптація пшениці до областей Європи зі спекотним і посушливим літом — це швидше дозрівання, яке дає можливість уникнути надмірного стресу, але призводить до зниження врожайності. Щоб збільшити потенціал врожайності та реагувати на зміну клімату, підвищення стійкості до спеки та посухи має залишатися пріоритетом для генетичного поліпшення пшениці [2]. Наразі на підставі даних метеорологічних спостережень можна говорити про незворотні погодні і навіть кліматичні зміни в бік потепління, що передбачає корективи в селекційному процесі зі створення сортів пшениці озимої м'якої універсального типу з ознаками стійкості до абіотичних чинників. Пшениця, що вирощується в умовах незрешуваного землеробства, в усьому світі часто страждає від посухи. Майбутні прогнози на основі імітаційної моделі клімату передбачають, що комбінований вплив підвищення температури та зміни характеру опадів посилить цей сценарій посухи і може значно знизити врожайність пшениці, якщо не буде прийнято відповідних сортів. Пшениця

адапована до широкого спектра довкілля завдяки різноманітності її фенологічних генів. Фенологія пшениці дає змогу боротися з посухою способом зміни фаз розвитку сільськогосподарських культур залежно від наявності води у цільових середовищах [3]. На думку ряду вчених, упровадження генотипів, адаптованих до вищих температур, (а також з урахуванням змін у рівні CO₂ та кількості опадів), може підвищити глобальну врожайність пшениці на 7% і вихід білка на 2%, але концентрація білка у зерні знизиться на 1,1% [4].

Слід зазначити, що такі проблеми в Степу виникли дещо раніше, оскільки клімат півдня України значно тепліший [5, 6]. Останнім часом проблеми впливу погодних умов на врожайність пшениці озимої все частіше виникають і в зоні Лісостепу [7]. Для пшениці озимої негативний вплив цих чинників може виявлятися в період сієви, зниження зимо- і морозостійкості, посухо- і жаростійкості в період росту та формування врожаю, підвищення інтенсивності ураження хворобами та ін. [8, 9]. Тому нашим завданням було виділення сортів і ліній стабільних за врожайністю по роках та адаптивністю до несприятливих погодних умов, як загалом за вегетацію, так і в окремі її періоди та етапи органогенезу.

Мета досліджень — оцінити сорти і лінії пшениці м'якої озимої за продуктивністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено у відділі селекції і насінництва зернових культур ННЦ «Інститут землеробства НААН», на Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» у 2011–2021 рр. на типових чорноземах. Площа облікової ділянки —

10 м², повторення — 4-разове. Дослідження проведено згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [10, 11], статистичну обробку одержаних експериментальних даних — за методикою Б.О. Доспехова [12]. Оцінку якісних показників зерна проводили на приладі SDS-30 та Infratec-1241.

Обробіток ґрунту включав дискування, оранку та культивуацію. Система удобрення та догляд за посівами були на рівні енерго-і ресурсоощадних технологій. Зокрема, під основний обробіток вносили: азоту, фосфору і калію — по 34 кг/га кожного, у весняне підживлення посівів — 51 кг/га азоту. Сівбу в різні роки проводили в період з 25.09 до 5.10. Догляд за посівами полягав у обробці гербіцидами, фунгіцидами й інсектицидами у фазі кушення — початку виходу в трубку. Стандартом під час оцінки врожайності сортів і ліній пшениці озимої був сорт Лісова пісня, під час оцінки показників якості — сорт Поліська 90.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналізуючи кліматичні зміни в останні десятиліття, слід зазначити, що змінилися погодні умови вегетаційного періоду

у напрямі підвищення температури повітря і зменшення суми опадів. Загалом за останні 11 років середньодобова температура повітря за період квітень — жовтень підвищилася на 2,2°C до норми, сума опадів відповідно зменшилася на 27 мм (табл. 1). Зміни погодних умов відбулися і в окремі періоди вегетації. Так, у період квітень — липень, коли формується основа врожаю, сума опадів зменшилася на 14 мм, а температура повітря підвищилася на 1,9°C. Однак істотні погодні зміни відбулися в період від сівби пшениці озимої до появи сходів та кушення (за вересень — жовтень). Якщо в середньому сума опадів була близькою до норми, то за роки досліджень вона істотно коливалася від 35 до 157 мм (V=57%). Практично в кожний 2-й рік сума опадів була значно меншою за норму, а середньодобова температура підвищилася на 2,5°C з коефіцієнтом варіації V=12%. У цих умовах майже через рік виникають проблеми з отриманням дружних сходів в оптимальні строки.

Часто критичним за температурним режимом ставав також період від молочної до повної стиглості зерна (червень—початок

1. Погодні умови в роки проведення досліджень

Роки	Сума опадів, мм				Температура повітря, оС			
	IV–VII	VI–VII	IX–X	IV–X	IV–VII	VI–VII	IX–X	IV–X
Норма*	226	141	71	350	15,2	18,7	9,5	14,0
2011	256	201	36	382	17,1	21,4	10,9	15,6
2012	221	124	72	406	18,3	21,4	13,0	17,0
2013	151	78	105	396	17,9	21,2	10,6	16,1
2014	215	51	157	287	16,9	20,1	10,7	16,6
2015	209	115	35	270	16,5	21,2	12,1	15,9
2016	247	93	59	352	17,5	21,1	10,6	16,0
2017	128	74	44	262	16,4	20,4	12,4	16,1
2018	185	140	111	240	17,5	20,1	13,4	16,9
2019	178	64	50	227	17,8	21,3	13,0	16,7
2020	228	99	32	313	16,0	21,1	15,1	16,4
2021	317	150	61	422	16,5	22,1	10,9	15,4
Середнє	212	109	69	323	17,1	21,0	12,0	16,2
± до норми	-14	-32	-2	-27	+1,9	+2,3	+2,5	+2,2
V, %	24	40	57	22	5	3	12	3

*Норма місячної кількості опадів (мм) і середньобагаторічна норма температури повітря (°С).

липня), коли температура повітря підвищувалася в середньому на 2,3°C, а в окремі роки — на 2,7–3,4°C, що негативно впливало на формування врожаю. Крім того, практично кожного 2-го року спостерігався дефіцит вологи. Для формування врожаю на рівні 5–7 т/га за період квітень–липень потрібно понад 400 мм продуктивної вологи [13]. За коефіцієнта зволоження 0,68 за цей період з опадами надходить у середньому 212 мм з коливаннями за роками 128–317 мм. І тому для формування повноцінного врожаю запасів продуктивної вологи в ґрунті часто не вистачає.

Зміна погодних умов не могла не позначитися на врожайності сортів і ліній пшениці озимої (табл. 2). На його формування істотно вплинули також екстремальні погодні умови. Зокрема, в 2011 і 2021 рр. у фазі воскової стиглості зерна випав сильний град. Так, у 2011 р. урожайність сортів і ліній пшениці озимої варіювала від 2,8 (Еритроспермум 1428-3-15) до 4,2 т/га (Миролюбна). У 2021 р. урожайність варіювала від 2,6 (Еритроспермум 1428-3-15) до 4,8 т/га (Ефектна). Відповідно у 2017 р. у травні в період початку виголошування спостерігалися приморозки (до –5–6°C), що призвело до зниження врожайності. За таких несприятливих умов урожайність варіювала від 3,6 (Бенефіс) до 5,9 т/га

(Полісянка). У сприятливі роки (2012, 2016) урожайність сортів і ліній пшениці озимої була найвищою та варіювала відповідно, від 6–6,2 (Еритроспермум 1428-3-15) до 8–8,2 т/га (Водограй, Миролюбна, Бенефіс).

У цих умовах сорти сучасної селекції на сортодільницях і демонстраційних полях забезпечують урожайність пшениці озимої до 8–10 т/га. Тому для розширення рекомендацій щодо ефективності запровадження сортів пшениці озимої у виробництво для фермерських господарств і приватних землевласників вивчали їхню продуктивність в умовах енергоощадних технологій.

Середньостиглий сорт інтенсивного типу Краєвид за енергоощадних технологій вирощування перевищує стандарт Лісова пісня на 0,2 т/га, але не має переваги над іншими сортами. Щодо впливу погодних умов в окремі роки, то більшість сортів (Водограй, Полісянка, Миролюбна, Ефектна) у середньому за 11 років забезпечували врожайність на рівні 5,9–6 т/га з коливаннями за роками 4–8 т/га. Це свідчить про те, що генотипи сучасних сортів пшениці озимої досить продуктивні, але навіть у зоні Лісостепу за адаптивним потенціалом не можуть ефективно протистояти погодним змінам за роками.

Однак стабільністю за врожайністю в роки досліджень вирізнялися сорти Полісянка,

2. Урожайність сортів і ліній пшениці озимої залежно від погодних умов за роками користування

Сорт/лінія	Урожайність сортів за роками, т/га											Середнє, т/га
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Лісова пісня	3,9	6,2	6,6	7,7	5,0	7,9	5,2	4,5	5,0	5,9	4,3	5,6
Поліська 90, St	3,1	6,4	5,5	7,3	4,9	6,0	4,3	3,6	4,7	4,5	4,0	4,9
Аналог	3,3	5,8	6,1	7,1	5,0	7,1	3,7	3,5	4,3	4,9	4,0	5,0
Водограй	4,0	8,2	6,0	7,6	5,1	7,7	4,2	4,7	7,3	6,3	4,7	6,0
Полісянка	3,8	7,2	6,3	7,9	5,5	7,7	5,9	4,8	6,8	5,9	3,9	6,0
Бенефіс	3,7	6,9	6,4	8,2	4,4	8,0	3,6	4,0	6,1	5,5	4,1	5,5
Ефектна	3,6	7,1	6,6	6,9	5,4	7,5	5,2	5,1	6,9	5,9	4,8	5,9
Миролюбна	4,2	8,0	6,4	7,7	5,6	7,7	4,9	5,4	5,7	6,3	4,0	6,0
Краєвид	4,0	7,8	6,5	7,8	5,6	6,6	4,3	4,7	6,8	4,6	5,1	5,8
Еритросперм. 1428-3-15	2,8	6,2	5,2	6,0	4,6	6,0	4,8	5,0	4,3	4,4	2,6	4,7
НІР ₀₅	0,22	0,30	0,28	0,35	0,38	0,31	0,27	0,24	0,31	0,32	0,33	

Ефектна і Водограй (коефіцієнт варіації $V=21-24\%$), у сортів Миролюбна і Красвид цей показник підвищувався (відповідно до 30 і 32%) за коефіцієнта варіації у Поліської 90—29%.

Під час аналізу впливу погодних умов в окремі періоди вегетації встановлено, що загалом за вегетаційний період між сумою опадів і врожайністю існує дуже слабкий кореляційний зв'язок ($r=0,04-0,21$). У період сівби між опадами і врожайністю існує середній кореляційний зв'язок ($r=0,32-0,55$). Дещо слабша залежність спостерігалася у сортів Водограй і Ефектна ($r=0,32$) і сильніша залежність у сортів Поліська 90, Аналог і лінії Еритроспермум 1428—3—15 ($r=0,46-0,55$).

Кореляційна залежність температури повітря та врожайності дуже слабка, що свідчить про стабільну достатню кількість теплових ресурсів зони Лісостепу України для проходження процесів росту і розвитку посівів пшениці м'якої озимої на 1—3-му етапах органогенезу.

У період квітень—липень (4—12-й етапи органогенезу), коли формується основа врожаю, між величиною опадів і врожайністю пшениці існував слабкий кореляційний зв'язок, який свідчить про те, що зона Лісостепу в усі роки досліджень відносно добре забезпечена вологою з урахуванням запасів води в 1 м шарі ґрунту. Між температурою повітря і врожайністю існував слабкий і середній кореляційний зв'язок ($r=0,22-0,55$). Краща врожайність за таких умов була у сортів Водограй, Ефектна, Бенефіс.

Як уже зазначалося, гострою проблемою формування високих урожаїв пшениці м'якої озимої є підвищений температурний режим у період формування зерна (червень — початок липня). У наших умовах практично всі сорти негативно реагували на підвищений температурний режим у цей період ($r=-0,12-0,24$). У сорту Полісянка, яка більше придатна для вирощування на Поліссі, цей коефіцієнт підвищувався до $r=-0,4$. Проте найсильніше реагувала на підвищений температурний режим пізньостигла лінія Еритроспермум 1428-3-15 ($r=-0,5$). Унікальність цієї гібридної лінії полягає в тому, що, маючи довжину колоса

до 15 см і за наявності в ньому 30—32 колоски, під дією високих температур у середині липня вона «підгорає» і формує приплюснуте зерно масою 1000 зерен 42,8 г. Вважаємо, за введення в геном цієї лінії гена термостійкості ZIP 4, за даними Грема Мура [14], у зоні Полісся і Лісостепу можна стабільно отримувати врожайність пшениці озимої на рівні 9—10 т/га.

Оцінюючи вплив несприятливих погодних умов на врожайність пшениці озимої, слід також враховувати результати досліджень Інституту фізіології рослин і генетики АН УРСР, проведені ще наприкінці минулого століття. Вони свідчать про істотний вплив високих температур і дефіцит вологи на продуктивність пшениці озимої та розкривають механізм такої взаємодії [15]. На основі проведених багаторічних досліджень на Півдні України виведено ряд сортів пшениці, що характеризуються підвищеною посухо- та жаростійкістю [16]. Зокрема, доведено, що умови дефіциту вологи в верхніх шарах ґрунту спонукають рослини глибше розвивати свою кореневу систему (до 2 м), при 120—140 см на контролі без такого дефіциту. Підвищення температури до 40—45°C упродовж 8 год у фазі цвітіння призводить до зниження врожаю сортів одеської селекції відповідно на 28 і 70% та сортів миронівської селекції — 47 і 85%. За температури 50°C урожаю не отримано взагалі. Причиною такого явища є комплекс впливу на фізіологічні процеси в рослинах. Так, під дією прогріву у фазі цвітіння пшениці озимої знижувався вміст хлорофілу в одеських сортах на 13%, миронівських — на 39%, у фазі формування зерна — відповідно на 34 і 60%. За високих температур відбувається стерилізація пилку. В ці фази розвитку під впливом температурного чинника відбувається порушення структурної організації пластид, що призводить до зміни стану хлорофілу та ін. Дію цих чинників також підтверджують уявлення про мембрани хлоропластів і мітохондрій, які найчутливіші в системах рослин, що насамперед реагують на посуху і підвищену температуру. Враховуючи наведене вище, вважаємо, що для виведення сортів, адаптованих до умов зміни клімату Лісостепу та Полісся, в селекційний процес потрібно

частіше залучати сорти одеської селекції та селекції південних регіонів світу [17].

Вирощування адаптивних сортів зернових культур є основним принципом екологічно чистого землеробства, даючи змогу знизити вплив негативних антропогенних чинників на довкілля та забезпечити населення екологічно безпечною продукцією. Завдяки багаторічному вивченню сортів пшениці ярої та ячменю в умовах Волго-Вятського регіону виявлено ступінь модифікаційної (39,2–55,1%) та генотипової (16,4–18%) мінливості врожайності. Врожайність ячменю достовірно позитивно корелювала з критеріями гомеостатичності, пшениця — з показниками пластичності [18, 19].

Для оцінки сортів і ліній пшениці озимої нами враховані, крім урожайності зерна, й інші показники продуктивності та якості продукції (табл. 3).

Одним із важливих показників є вихід побічної продукції (соломи). Слід зауважити, що коли раніше вважалося загальноприйнятним співвідношення зерна і соломи як 1:1,2, то в наших дослідженнях це співвідношення становило як 1:1–0,8. Це свідчить про те, що в сучасних сортах відбувся перерозподіл урожаю в бік збільшення виходу зерна. Однак і загальний вихід соломи також

збільшився в умовах значного збільшення продуктивності пшениці озимої і становив 4,6–5,9 т/га. А це має надзвичайно велике значення для її використання як органічного удобрення або цінного енергетичного продукту чи для використання в паперовій промисловості. Якщо врахувати, що 1 т соломи замінює 2,5–3 т органічних добрив, то її пріорювання забезпечує практично бездефіцитний вміст гумусу в ґрунті. Кращими для цієї мети є сорти Миролюбна, Полісянка. Низькорослі сорти Аналог, Водограй, Ефектна забезпечують дещо нижчий вихід побічної продукції (4,6–5,1 т/га).

За показниками якості зерна всі сорти відповідали показникам продовольчого зерна II класу, а сорт Аналог — I класу. Однак вищими показниками вмісту білка і клейковини вирізняються сорти Ефектна, Полісянка, Поліська 90 та Водограй. Важливим показником є також і маса 1000 зерен. Цей показник за посівними властивостями позитивно корелює з урожайністю культури. У наших умовах найвища маса зерна була у сортів Водограй, Аналог, Поліська 90.

На рівень урожайності впливає цілий комплекс чинників, що нами не висвітлено в цій публікації (вологозапаси ґрунту, зимо- і морозостійкість сортів, шкодочинність

3. Урожайність, біометричні та якісні показники пшениці озимої, середнє за 2011–2021 рр.

Сорт/лінія	Урожайність, т/га		Показники якості зерна, %			Маса 1000 зерен, г	Висота рослин, см
	зерна	соломи	білок	клейковина	крохмаль		
Лісова пісня	5,6	5,4	13,4	22,9	66,5	44,7	97
Поліська 90 St	4,9	4,8	14,6	25,7	67,0	45,6	95
Аналог	5,0	4,6	15,4	28,7	65,6	46,3	81
Водограй	6,0	4,8	14,5	25,2	67,4	48,6	87
Полісянка	6,0	5,8	14,8	24,9	65,6	41,6	96
Бенефіс	5,5	5,6	14,2	24,4	66,2	45,4	92
Ефектна	5,9	5,1	15,1	25,9	64,4	38,9	86
Миролюбна	6,0	5,9	13,7	23,8	66,1	42,9	109
Краєвид	5,8	5,5	13,5	23,2	65,2	44,0	85
Еритроспермум 1428-3-15	4,7	4,8	14,4	25,3	66,4	42,8	102

Примітка. Показники якості зерна, маси 1000 зерен і висоти рослин наведено в середньому за 2012–2018 рр.

хвороб і шкідників, унесення оптимальних доз добрив та ін.). В умовах запровадження інтенсивних технологій, коли за вегетаційний період проводять 3-разову обробку посівів фунгіцидами та інсектицидами, питання негативного впливу на врожайність

зернових шкідників і хвороб практично знімається. В умовах енергетичної кризи і різкого подорожчання мінеральних добрив лише великі агрохолдинги мають змогу внести під сівбу пшениці оптимальні дози мінеральних добрив.

Висновки

Кліматичні зміни в бік потепління та зменшення суми опадів за вегетацію в зоні Лісостепу наразі не є критичними для отримання високих врожаїв сучасних сортів пшениці озимої (Водограй, Полісянка, Мироліубна, Ефектна, Краєвид) за енергоощадних технологій вирощування (5,8–6 т/га). Однак за адаптивним потенціалом

вони не можуть ефективно протистояти погодним змінам у роки досліджень. Значною є залежність урожайності від опадів у період сівби ($r=0,32-0,55$) та від підвищених температур у період формування зерна ($r=-0,12-0,5$). Проблематичним залишається створення високопродуктивних пізньостиглих сортів.

Shtakal M.¹, Holyk L.², Levchenko O.³, Shpakovych I.⁴, Ivashchenko S.⁵

NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 2b Mashynobudivnykiv Str., Chabany village, Fastiv district, Kyiv oblast, 08162, Ukraine. E-mail: ¹Shtakal@i.ua, ²holykselecioner@gmail.com, ³feniks1213@gmail.com, ⁴irunashpakovich@gmail.com, ⁵s.ivashchenko@gmail.com. ORCID: ¹0000-0002-9511-0290, ²0000-0002-7157-6520, ³0000-0003-1639-326X, ⁴0000-0003-2595-4620, ⁵0000-0001-6846-7422

Assessment of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the conditions of Forest-Steppe climate change

Goal. To assess varieties and lines of soft winter wheat for productivity and adaptability to Forest-Steppe climate change. **Methods.** Field (to determine yields and biometrics), laboratory (to determine grain quality), and variation statistics (to determine the reliability of the results). **Results.** The average daily air temperature for the vegetation period 2010–2021 compared to the period 1938–2010 increased by 1.6°C, and the amount of precipitation during the same period decreased by 35 mm. In these conditions, with energy-saving cultivation technologies, most varieties (Vodohray, Polisiianka, Myroliubna, Efektna, Krayevyd) provided an average yield of 5.8–6 t/ha with fluctuations of 4–8 t/ha ($V=21-32\%$), exceeding the standard varieties Lisova Pisnia (by 0.2–0.4 t/ha) and Poliska 90 (by 0.5–1.1 t/ha). This indicates that the genotypes of modern varieties of winter wheat are quite productive, but even in the Forest-Steppe

zone, in terms of adaptive potential, can not effectively withstand weather changes over the years. During the autumn growing season, there was an average correlation between precipitation and yield ($r=0.32-0.55$). Slightly weaker dependence was observed in Vodohray and Efektna varieties ($r=0.32$) and stronger dependence in varieties Poliska 90, Analog and Erythrosperrum line 1428315 ($r=0.46-0.55$). During the period of grain formation, almost all varieties reacted negatively to elevated temperatures ($r=-0.12-0.24$). However, the late-ripening line Erythrosperrum 1428315 ($r=-0.5$) reacted most strongly to such conditions. Changes in weather conditions affect the yield of by-products, quality and biometric indicators of winter wheat. **Conclusions.** Climate changes in the direction of warming and reducing the amount of precipitation during the growing season of wheat in the Forest-Steppe zone are currently not critical for high yields (5.8–6 t/ha) of modern varieties (Vodohray, Polisiianka, Myroliubna, Efektna, Krayevyd) when using energy-saving growing technologies. However, in terms of adaptive potential, they cannot effectively withstand weather changes over the years. There is a significant dependence of yield during the autumn growing season on precipitation ($r=0.32-0.55$) and elevated temperatures during grain formation ($r=-0.12-0.5$). The creation of highly productive late-ripening varieties remains problematic.

Key words: temperature, precipitation, coefficients of variation and correlation, qualitative indicators.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>

Бібліографія

1. Yujie L., Qiaomin Ch., Jie Ch. et al. Plausible changes in wheat-growing periods and grain yield in China triggered by future climate change under multiple scenarios and periods. *Quarterly J. of the Royal Meteorological Society*. 2021. V. 147. Is. 741. P. 4371–4387. doi: 10.1002/qj.4184
2. Semenov M.A., Stratonovitch P., Alghabari F., Gooding M.J. Adapting wheat in Europe for climate change. *J. Cereal Sci.* 2014. V. 59 (3). P. 245–256. doi: 10.1016/j.jcs.2014.01.006
3. Dowlaa N., Edwards I., O'Hara G. et al. Developing Wheat for Improved Yield and Adaptation Under a Changing Climate: Optimization of a Few Key Genes. *Research Crop Genetics and Breeding*. 2018. V. 4. Is. 4. P. 514–522. doi: 10.1016/j.eng.2018.06.005
4. Asseng S., Martre P., Maiorano A., Ewert F. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology*. 2018. V. 25. Is. 1. P. 155–173. doi: 10.1111/gcb.14481
5. Литвиненко М.А. Удосконалення програм селекції сортів озимої м'якої пшениці універсального типу для умов Півдня України у зв'язку зі змінами клімату. *Зб. наук. праць СГП — НЦНС*. Одеса, 2010. Вип. 16. С. 9–22.
6. Коваленко А.М., Кіряк Ю.П. Урожайність та якість насіння різних сортів пшениці озимої залежно від агроприймів вирощування за умов зміни клімату. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. № 5(75). 10 с. doi: 10.31548/dopovid2018.05.021
7. Близнюк Б.В., Лось Р.М., Демидов О.А. та ін. Вплив погодних умов на тривалість окремих періодів вегетації та врожайність пшениці м'якої озимої у Лісостепу й Поліссі. *Миронієвський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 73–90.
8. Фоменко М.А., Грабовець А.И. Роль новых сортов озимой пшеницы в стабилизации производства зерна в условиях меняющегося климата. *Земледелие*. 2009. № 4. С. 36–38.
9. Блищик Д.В., Феоктистов П.О. Вплив змін клімату на строки сівби озимої пшениці на Півдні України. *Людина та довкілля*. 2014. № 1–2. С. 32–39.
10. *Методика* державного сортопробування сільськогосподарських культур. Вип. 1-й. Загальна частина. Київ, 2000. 100 с.
11. *Методика* проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С.О., Лещук Н.В., Присяжнюк О.І. Вінниця, 2016. 120 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Алпатьев С.М. Зрошення і осушення земель. Київ: Урожай, 1971. 320 с.
14. Moore G., Martin A., Alabdullah A. A separation-of-function ZIP4 wheat mutant allows crossover between related chromosomes and is meiotically stable. *Scientific Reports*. 2021. V. 11(1). P. 218–231.
15. Мусиенко Н.И. Жаростойкость и продуктивность озимой пшеницы. Київ: Вища школа, 1985. 197 с.
16. Уліч О.Л. Тенденції зміни строків сівби пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у південній частині Правобережного Лісостепу України за трансформації клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6 (783). С. 19–24. doi: 10.31073/agrovisnyk201806-03
17. Bento V.A., Ribeiro A.F.S., Russo A. et al. The impact of climate change in wheat and barley yields in the Iberian Peninsula. *Sci Rep*. 2021. V. 11. P. 154–164. doi: 10.1038/s41598-021-95014-6
18. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур. *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 3. С. 140–146. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146
19. Фоменко М.А., Грабовець А.И., Олейникова Т.А., Мельникова О.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 4 (32). С. 47–53.