

УДК 633.16:631.559:632.11(477.74)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.5>

## ЯЧМІНЬ ЯРИЙ: ВРОЖАЇ ЗА НАПРЯМАМИ АДАПТАЦІЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**Бурикiна С.І.** – к.с.-г.н., ст. досл.,

завiдувач вiддiлу агрохiмiї, ґрунтознавства та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства

Нацiональної академiї аграрних наук України

[orcid.org/0000-0002-5197-6586](https://orcid.org/0000-0002-5197-6586)

**Жук М.М.** – к.с.-г.н., ст. досл.,

ст. наук. співробітник вiддiлу агрохiмiї, ґрунтознавства

та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства

Нацiональної академiї аграрних наук України

[orcid.org/0009-0007-6651-6949](https://orcid.org/0009-0007-6651-6949)

**Ужєвська С.П.** – к.б.н., доцент,

пров. наук. співробітник вiддiлу агрохiмiї, ґрунтознавства

та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства

Нацiональної академiї аграрних наук України

[orcid.org/0009-0007-6651-6949](https://orcid.org/0009-0007-6651-6949)

**Руденко В.А.** – д.філ.н.,

спiвробітник вiддiлу агрохiмiї, ґрунтознавства та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства

Нацiональної академiї аграрних наук України

[orcid.org/0000-0002-8651-7689](https://orcid.org/0000-0002-8651-7689)

Особливості кліматичних змін потребують добору сортів, уточнення норм і способів використання добривальних речовин, параметрів вологості і тепла для формування врожаю ярих зернових культур у зв'язку із залежністю їхнього кількісного рівня від метеорологічних умов. Тому, розробка і дослідження різних схем живлення сільськогосподарських культур в умовах все більшої аридизації клімату південно-степової зони України залишається актуальним питанням і має наукове та практичне значення.

**Мета роботи** – дослідити вплив різних видів добривальних речовин на врожайність ячменю ярого в погодних умовах Південного Степу.

Методи досліджень – польовий з загальноприйнятими спостереженнями та вимірами. Роботу виконано у 2024/2025 роках на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично-орієнтованого сільського господарства НААН України, яке розташовано в сухо-степовій зоні Одеської області.

Встановлено: зростання ролі сорту як адаптаційного фактору до умов середовища; існування відмінностей в реакції сортів ячменю ярого на кліматичні зміни та види добривальних речовин; при інтенсивному виробництві ячменю ярого оптимальним є внесення  $N_{60}P_{30}K_{30}$  під передпосівну культивуацію (приріст врожаю 36,3%), або  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  у ранньовесняне підживлення – приріст 34,8% (в середньому за сортами); сорт Вакула

при вирощуванні з використанням мінеральних добрив дає більші прирости відносно сортів Еней та Адапт; для нього оптимальним є внесення  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  у ранньовесняне підживлення – приріст 49,3%, або  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{20} + N_{10}$  (ранньовесняне + початок виходу в трубку) – 53,6%, а при частковій заміні мінерального азоту на комплексне рідке добриво Smart Grow Зернові (2,0 л/га) ( $N_{30}P_{30}K_{30} + SG$  Зернові – налив зерна) приріст урожаю – 37,7%; для органічного виробництва ячменю ярого більше підійде сорт Еней, який при використанні препарату гумінової природи (Humistar) та витяжок з біогумусів (продукт переробки сировини мухою чорна львинка *Hermetia illucens*) забезпечив прирости врожаю 22,1% та 19,0–20,9%, відповідно; сорти Адапт та Вакула краще реагують на внесення витяжок з біогумусу № 1 (сировина – зерно ячменю) та перегною великої рогатої худоби підвищенням урожаю на 18,5%; 17,7% та 18,8% і 12,8%.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, удобрювальні речовини, погодні умови.

**Burykina S.I., Zhuk M.M., Uzhevska S.P., Rudenko V.A. Spring barley: yields under different nutrition system adaptation strategies in the context of climate change in the Southern Steppe of Ukraine**

Climatic changes necessitate the selection of varieties, refinement of fertilizer application rates and methods, and optimization of moisture and temperature parameters for forming the yield of spring grain crops, as their quantitative levels depend on meteorological conditions. Therefore, developing and studying various nutrition schemes for agricultural crops under the increasing aridity of the climate in Ukraine's southern steppe zone remains a relevant issue with both scientific and practical significance.

**Objective.** To investigate the impact of different types of fertilizers on the yield of spring barley under the weather conditions of the Southern Steppe.

**Research Methods** – Field experiments with standard observations and measurements. The study was conducted in 2024/2025 at the experimental field of the Odesa State Agricultural Experimental Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, located in the dry-steppe zone of Odesa Oblast.

**Findings:** The increasing role of variety as an adaptive factor to environmental conditions was established; differences in the response of spring barley varieties to climate change and types of fertilizers were identified; for intensive spring barley production, the optimal application is  $N_{60}P_{30}K_{30}$  during pre-sowing cultivation (yield increase of 36.3%) or  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  in early spring top-dressing (yield increase of 34.8%, averaged across varieties); the Vakula variety, when grown with mineral fertilizers, shows greater yield increases compared to the Enei and Adapt varieties. For Vakula, the optimal application is  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  in early spring top-dressing (yield increase of 49.3%) or  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{20} + N_{10}$  (early spring + beginning of stem elongation) – 53.6%. When partially replacing mineral nitrogen with the complex liquid fertilizer Smart Grow Cereals (2.0 l/ha) ( $N_{30}P_{30}K_{30} + SG$  Cereals – grain filling stage), the yield increase is 37.7%; for organic spring barley production, the Enei variety is more suitable, providing yield increases of 22.1% with the use of humic-based preparation (Humistar) and 19.0–20.9% with vermicompost extracts (processed by the black soldier fly, *Hermetia illucens*); the Adapt and Vakula varieties respond better to vermicompost extract No. 1 (raw material – barley grain) and cattle manure, with yield increases of 18.5%, 17.7%, and 18.8% and 12.8%, respectively.

**Key words:** spring barley, fertilizers, weather conditions.

**Актуальність теми дослідження.** Такі зернові, як пшениця та ячмінь, є третіми за обсягом виробництва в країнах Європейського Союзу і першими в Україні [1,2]. Роль цих видів у забезпеченні продовольчої безпеки має вирішальне значення, звідси необхідність розробки агрономічних схем для забезпечення стабільності врожайності цих сільськогосподарських культур в Україні і у всьому світі.

**Постановка проблеми.** Найбільшими виробниками зерна ячменю в Україні є Одеська, Миколаївська, Дніпропетровська, Херсонська області: у цих регіонах площа посіву культури становить 246–422 тис. га і збільшення його валових зборів завжди буде першочерговим завданням аграріїв, особливо для зони Південного Степу України, яка відома як сприятливий регіон для отримання зерна високої якості.

Стабільність виробництва тієї чи іншої культури визначається погодними умовами в період вегетації, які потерпають великі зміни, що обумовлені кліматичними флуктуаціями. Особливості цих змін потребують добору кращих сортів, постійного уточнення норм і способів використання удобрювальних речовин, оптимальних параметрів вологості і тепла для формування врожаю зернових культур, зокрема ячменю ярого, у зв'язку із залежністю їхнього кількісного рівня від метеорологічних умов [3].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Адаптація технологій вирощування до кліматичних змін є проблемою для науковців всього світу і вирішення її починається з вивчення реакції сільськогосподарських культур і технологій на коливання параметрів погоди. Так, при аналізуванні результатів 30-річних досліджень, науковцями Польщі показано, що урожайність ячменю ярого мала негативну кореляцію з кількістю опадів квітня місяця ( $r=-0,50-0,94$ ) та позитивну з опадами травня ( $r=0,56-0,75$ ) і хоча рівень впливу опадів залежав від технологічних прийомів, але погодні умови впродовж всього вегетаційного періоду пояснювали від 82,2% до 91,6% варіабельності врожайності цієї культури [4]. Дослідженнями у північній частині правобережного Лісостепу України встановлено, що найбільший вплив на формування продуктивності ячменю ярого за всіх технологій вирощування мала температура повітря травня, де коефіцієнт детермінації становив 18,5–39,3% [5, с. 35]. А. Панфілова із колегами виявили істотний вплив кількості опадів та температури повітря на продуктивність культури в умовах Степу України: за найбільшої кількості опадів (174,0 мм) та середньої температури  $+14,9^{\circ}\text{C}$ , було зафіксовано найвищу врожайність, тоді як за найменшої кількості опадів (67,4 мм) і температури  $+18,5^{\circ}\text{C}$ , врожайність була найнижчою. Автори зазначають, що вплив погодних факторів у різні фази росту та розвитку ярого ячменю був значним і більшою мірою залежав від кількості опадів [6, с. 1396].

К. Nakala та інші зазначили, що врожайність ярого ячменю значною мірою залежить від вологості ґрунту протягом вегетаційного періоду. Особливо важливими є умови в періоди колосіння та наливу зерна, коли нестача вологості може призвести до зниження врожайності. Зокрема, посухи в травні та червні мали негативний вплив на врожайність, тоді як опади в ці місяці сприяли її підвищенню [7].

В Латвії аналіз 24-річного ряду даних по ячменю ярому показав, що дедалі частіше нехарактерні погодні умови впливають на його фенологію: якщо посуха і спека прискорюють розвиток ячменю ярого, то часті опади та нижча температура повітря протягом періоду дозрівання перешкоджають настанню повної стиглості [8]. У статті Braziene Z. аналізувала вплив погодних умов і застосування азотних добрив на врожайність та якість ярого ячменю в Литві. Авторка виявила позитивний вплив травневих опадів на врожайність культури, тоді як опади в червні та липні негативно корелювали з врожаєм і застосування азотних добрив також було ефективним [9]. В північно-східній Німеччині визначили, що для ярого ячменю особливо важливими були погодні умови періодів формування колосу та цвітіння, коли підвищені температури і дефіцит вологості призводили до зниження врожаю, але адаптація технології вирощування зменшувала негативний вплив несприятливих метеофакторів [10].

Stupar V. та інші провели дослідження впродовж трьох років у регіоні Пожаревац, Сербія, з використанням чотирьох сортів дворядного ярого ячменю. Рік з найвищими опадами та сприятливим їх розподілом забезпечив найвищу середню врожайність, а через нестачу опадів і високі температури, врожайність знизилася на 26,1%. Науковці підкреслили важливість взаємодії генотипу рослин

з рівнем азотного удобрення [11, с. 86]. Аналогічні результати отримані в Чехії [12, с. 214–215; 13, с. 251], в Японії, де за сприятливих погодних умов, підвищення рівня азотного добрива на етапі колосіння призвело до значного збільшення врожайності ячменю ярого [14].

Hudzenko V.M. et al., підсумовуючи виявлені значні відмінності щодо врожайності та адаптивних реакцій серед 96 досліджених зразків ярого ячменю різного походження підкреслили важливість добору сорту залежно від його стабільності та стійкості до найпоширеніших абіотичних та біотичних стресів в умовах центральної частини Українського Лісостепу та визначили нові генетичні джерела щодо високої та стабільної врожайності зерна, відносної стійкості до посухи, стійкості до вилягання [15, с. 51].

Kurylchuk A. M. et al. виявлено, що погодні умови вирощування відповідної ґрунтово-кліматичної зони впливають не лише на рівень урожайності ячменю ярого, але й на однорідність зерна, яка в середньому за 2020–2021 роки становила 92,3% (Степ), 95,4% (Лісостеп) та 93,2% (Полісся) [16, с. 110].

Таким чином, результатами досліджень вчених різних країн підтверджено незаперечний вплив погодних умов на формування рівня врожаю ячменю ярого. Направленість та кількісні параметри впливу залежать від специфіки флуктуацій погодних умов конкретної ґрунтово-кліматичної зони у відповідь на глобальні кліматичні зміни.

Найбільші абіотичні стресові фактори зони Південного Степу, що посилюється кліматичними змінами, це посуха та підвищені температури повітря, які доповнюються лімітом ґрунтової вологості. Здебільшого, ця ситуація складається ранньою весною та під час колосіння ячменю. Загалом же, посуха є складним стресом і може мати дуже різний вплив на рослини, оскільки можуть бути різні комбінації її чинників, передбачити які неможливо, але проведення комплексу спостережень дозволить визначити адаптаційний потенціал ячменю ярого до змін клімату Південного Степу та його реакцію на елементи технології вирощування. Оскільки для вказаної зони існує обмежена кількість результатів щодо впливу погодних умов на врожай ячменю ярого, то це викликає необхідність вивчення актуальної проблеми з метою розробки науково-обґрунтованих заходів адаптації технології ярого ячменю до стресових умов вирощування та стабілізації його продуктивності.

**Мета роботи** – дослідити вплив різних видів удобрювальних речовин на врожайність ячменю ярого в погодних умовах Південного Степу.

**Матеріал, методика та умови проведення досліджень.** Дослідження проводилися на науково-технічній базі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН в селищі Хлібодарьке Одеського району Одеської області. Ґрунт дослідного поля – чорнозем південний малогумусний важко суглинковий на лесоподібних відкладах. Обробіток ґрунту – різноглибинний, загальноприйнятий для богарних умов південного степу.

Проведення польових досліджень, розміщення досліду в натурі проводилось у відповідності до стандартних методик. Дослід двофакторний: фактор А – 3 сорти ячменю ярого; фактор Б – добрива: мінеральні, органічні добрива, комплексні препарати із удобрювально-стимулюючою дією.

*Сорти ячменю ярого* (оригіатор – ННЦ «Селекційно-генетичний інститут» НААН): *Адапт* – ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare L.*), різновидність *medicum*; посухостійкий, жаростійкий, скоростиглий, колос дворядний;

*Еней* – ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.), різновидність *nutans*, посухостійкий, середньостиглий, колос дворядний; *Вакула* – ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.), різновидність *pallidum*, середньостиглий, колос шестирядний.

*Характеристика удобрювальних речовин. Мінеральні добрива (МД):* нітроаммофоска (16:16:16), амонійна селітра (34%) та сечовина (46%).

*Органічна добрива (ОД):* Humistar – натуральний продукт, виготовлений за сучасними технологіями з леонардиту, містить гумінові (165 г/л) та фульвокислоти (33 г/л); біогумус № 1 продукт переробки зерна ячменю мухою чорна львинка *Hermetia illucens*; біогумус № 2 – продукт переробки цією мухою суміші зерна ячменю з відходами овочів; двохрічний перегній відходів вирощування грибів (ВВГ) та перегній великої рогатої худоби (ПВРХ). В досліді використовували витяжки із вказаних органічних добрив (ВОД).

*Комплексні препарати із удобрювально-стимулюючою дією (КПУСД):* Smart Grow Alhum Plus органо-мінеральне добриво на основі екстракту морських водоростей (180г/л) і гумату калію (50 г/л); Smart Grow Зернові – комплексне рідке добриво: N – 132 г/л, K<sub>2</sub>O – 26 г/л, MgO – 39 г/л, SO<sub>3</sub> – 69 г/л, Fe – 6,5 г/л, Mn – 20 г/л, B – 2 г/л, Zn – 5,5 г/л, Cu – 11 г/л; Smart Grow Amino – рідке добриво, яке в 1 л містить 200 г амінокислот; Smart Grow Extra – органо-мінеральне добриво на основі фулерену (2 г/л).

Розмір елементарної ділянки – 15 м<sup>2</sup>; повторність трикратна; розміщення ділянок – систематичне; в таблиці 1 відображена схема досліді, яка є ідентичною для трьох досліджуваних сортів.

Таблиця 1

## Варіанти досліді

| № варіанту | Внесення добрив під передпосівну культивуцію    | Обробка насіння |      | Внесення у фази онтогенезу рослин ячменю ярого |                 |                  |                          |
|------------|-------------------------------------------------|-----------------|------|------------------------------------------------|-----------------|------------------|--------------------------|
|            |                                                 | препарат        | доза | кущіння                                        | вихід в трубку  | прапорцевий лист | налив                    |
| 1          | 2                                               | 3               | 4    | 5                                              | 6               | 7                | 8                        |
| 1          | контроль                                        |                 | -    | -                                              | -               | -                | -                        |
| 2          | N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 | -    | -                                              | -               | -                | -                        |
| 3          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      | N <sub>30</sub>                                |                 |                  | -                        |
| 4          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      | N <sub>20</sub>                                | N <sub>10</sub> |                  |                          |
| 5          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      | N <sub>20</sub>                                |                 | N <sub>10</sub>  |                          |
| 6          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      | N <sub>20</sub>                                |                 |                  | N <sub>10</sub>          |
| 7          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      |                                                | N <sub>20</sub> | N <sub>10</sub>  |                          |
| 8          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      |                                                | N <sub>20</sub> |                  | N <sub>10</sub>          |
| 9          | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 |      |                                                | N <sub>10</sub> | N <sub>10</sub>  | N <sub>10</sub>          |
| 10         | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> |                 | -    | -                                              | -               | -                | Stgr Зернові<br>2,0 л/га |
| 11         | -                                               |                 | -    | -                                              | -               | -                | Stgr Зернові<br>2,0 л/га |
| 12         | -                                               |                 | -    | *Alh +<br>Amino                                |                 |                  | Stgr Зернові<br>2,0 л/га |
| 13         | -                                               |                 | -    | ** Ex +<br>Amino                               | -               | -                | Stgr Зернові<br>2,0 л/га |

Закінчення табл. 1

| 1  | 2 | 3            | 4     | 5              | 6      | 7      | 8      |
|----|---|--------------|-------|----------------|--------|--------|--------|
| 14 | - |              | -     | *SGAlh + Amino | -      | -      | -      |
| 15 | - |              | -     | **Ex + Amino   | -      | -      | -      |
| 16 |   | Humistar     | 2 л/т | 5 л/га         | 5 л/га | 5 л/га | 5 л/га |
| 17 |   | Біогумус № 1 | 1:20  | 1:50           | 1:50   | 1:50   | 1:50   |
| 18 |   | Біогумус № 2 | 1:20  | 1:50           | 1:50   | 1:50   | 1:50   |
| 19 |   | ВВГ          | 1:20  | 1:50           | 1:50   | 1:50   | 1:50   |
| 20 |   | ПВРХ         | 1:20  | 1:50           | 1:50   | 1:50   | 1:50   |

Примітка – \*SG Alhym Plus 1.5 л/га + SG Amino 0.5 л/га; \*\*SG Extra 1.5 л/га + SG Amino 0.5 л/га

1 – контроль без внесення добрив і без підживлень;

2 –  $N_{60}P_{30}K_{30}$  вносили під передпосівну культивуацію (нітроамофоска та аміачна селітра);

3–10 –  $N_{30}P_{30}K_{30}$  вносили під передпосівну культивуацію (нітроамофоска); у фазу куціння підживлення проводили аміачною селітрою ( $N_{30}$ ) врозкид, в інші фази підживлення – позакоренево розчином сечовини відповідної концентрації за фазами онтогенезу ячменю ярого ( $N_{20}$  та  $N_{10}$ );

10 варіант – обробка посівів у фазі наливу SG Зернові (2,0 л/га) на фоні повного мінерального добрива  $N_{30}P_{30}K_{30}$  внесеного під передпосівну культивуацію;

10–15 – позакореневі підживлення комплексними препаратами, відповідно до регламентів їх застосування (див. примітку табл. 1);

16 – препарат Humistar. Передпосівний обробіток насіння із розрахунку 2,0 л/т, потім позакореневі підживлення із розрахунку 5 л/га у фазі куціння, вихід в трубку, прапорцевий лист, початок наливу;

17–20 – використовували витяжки з органічних добрив. Передпосівний обробіток насіння проводився витяжками, які готували із розрахунку 1:20 (на одну частину оргдобрива приходить 20 частин води). Далі був обробіток по вегетації у фазі куціння, виходу в трубку, прапорцевого листка, початку наливу зерна витяжками які готували із розрахунку 1:50.

Облік і збирання врожаю проводили 26 червня 2024 року та 04 липня 2025 року комбайном “Sampro-130” по ділянках з відбором зразків зерна для аналізу; маса зерна перераховували на стандартну вологість (14%) та 100% чистоту.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням загальноприйнятих в рослинництві методик, використовували математико – статистичні методи аналізу, кореляційний та логіко-теоретичний аналіз [17–19].

**Погодні умови.** Посів ячменю ярого здійснено 27 лютого 2024 року та 15 березня 2025 року. Погодні умови в роки проведення досліджень відрізнялися між собою і від багаторічних показників як за кількістю атмосферних опадів, їх розподілом, так і за температурним режимом. Якщо у 2024 році весь весняний період вегетації ячменю ярого проходив при опадах, що за кількістю перевищували середньо багаторічні (1991–2020 рр.), то в 2025 році ситуація дещо відрізнялася (рис. 1).

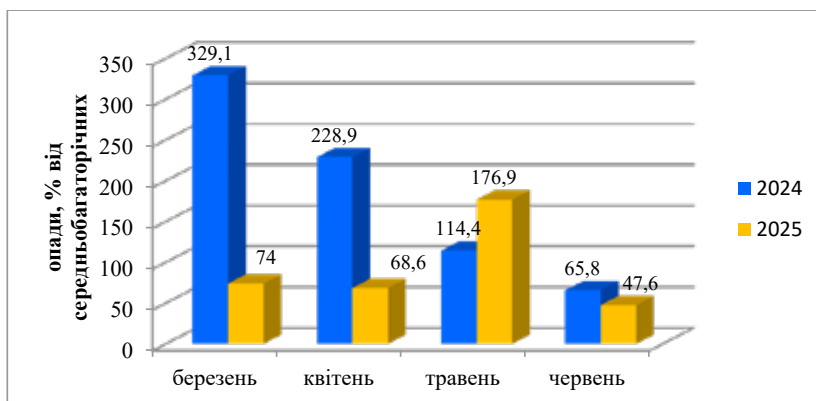


Рис. 1. Кількість опадів за місяцями вегетаційного періоду порівняно з середньо багаторічним показником

У березні 2025 року випало 21,6 мм або 74,0% від багаторічної норми, у квітні – 19,2 мм (68,6% від багаторічної норми) і лише травень відзначився рясними дощами: за цей місяць випало 176,9% вологи порівняно з багаторічною нормою (+32,0 мм до норми). Сума опадів за період вегетації ячменю ярого у 2024 році дорівнювала 242,8 мм, а у 2025 році – 139,7 мм, тобто на 42,5% менша. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см на момент посіву культури складали у 2024 році – 143 мм, а у 2025 році – 126 мм.

Роки досліджень розрізнялися і за температурним режимом (рис. 2).

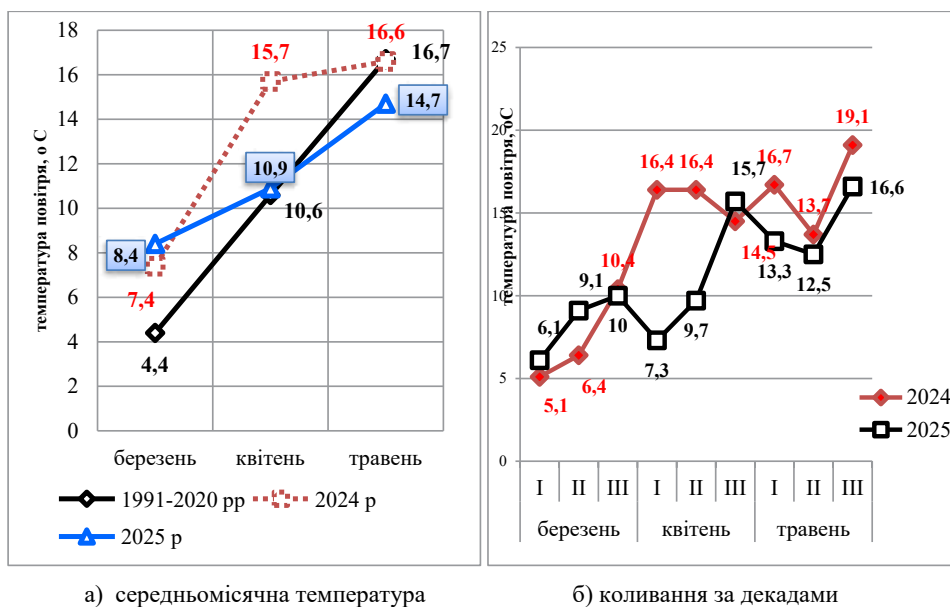


Рис. 2. Характеристика температурного режиму періоду весняної вегетації ячменю ярого

В березні 2025 року спостерігалось повільне збільшення температури повітря, яка в середньому за місяць становила 8,4 °С. Перевищення порівняно з багаторічною 1991–2020 рр. склало +4,0 °С. Перший весняний місяць 2024 року характеризувався стрімким наростанням температур і з 29 березня середньодобові температури перевищили 15,0 °С.

За даними Служби з питань зміни клімату імені Коперника (C3S), квітень 2024 року і у світі був найспекотнішим за всю історію спостережень із середньою температурою повітря 15,03 °С, а в нашому випадку – 15,7 °С, що на 5,1 °С вище середнього рівня квітня 1991–2020 років і на 0,14 °С вище попереднього максимуму, встановленого у квітні 2016 року. Квітень 2025 року був порівняно прохолоднішим: з першої декади простежувалося досить повільне наростання тепла. Якщо в останній декаді березня середня температура склала 8,4 °С, то в першій декаді квітня вона досягла лише 7,3 °С. Середня температура за місяць склала 10,9 °С, що лише на 0,3 °С вище багаторічної норми (рис. 26).

Середня температура травня 2024 року була практично на рівні багаторічної (16,6 °С проти 16,7 °С), а в 2025 році – на 2,0 °С нижче. Наростання температури у всіх декадах 2025 року йшло хвилеподібно: в 1-й декаді температура повітря склала 13,3 °С, в 2-й декаді – 12,6 °С, а в 3-й температура піднялася до 18,2 °С, а середня температура за місяць – 14,7 °С, що на 2,0 °С менше багаторічної норми 1991–2020 рр.

Червневі середньомісячні температури повітря дорівнювали 24,0 °С та 22,5 °С відповідно рокам досліджень і перевищували норму 1991–2020 рр. (21,5 °С) на 2,5 °С та 1,0 °С.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Погодні умови періоду досліджень по різному вплинули як в цілому на урожайність сортів ячменю ярого, так і на їх реакцію на види удобрення (табл. 2).

Погіршення погодних умов 2025 року до попереднього привели до зменшення врожаю в середньому на варіанті без внесення добрив на 22,6% з коливанням за сортами від 10,4% (Еней) до 32,2% (Вакула); з використанням мінеральних добрив – на 13,1%, витяжок з органо-мінеральних добрив – на 17,0% і КПУСД – на 22,4% (14,7–23,4%). Найбільш пластичним до змін погодних умов виявився сорт Еней, про що свідчать рівні врожаю, де втрати найменші на неудобреному варіанті та з використанням КПУСД, а мінеральні добрива та витяжки з органічних добрив у 2025 році навіть дали невеликий приріст до 2024 року (+10,1% – мінеральні та +1,9% – ВОД) і низький коефіцієнт кореляції між урожаєм та погодними умовами ( $r=0,18$ ). Урожайність сорту Вакула тісно корелювала з погодними умовами ( $r=0,87$ ), сорт Адапт займав проміжне місце ( $r=0,72$ ).

Вплив посухи, спричинений дефіцитом води – найпомітніший наслідок зміни клімату і за спостереженнями Benito-Verdugo P. та інш. в богарному землеробстві південних регіонів країн Європи, втрати врожаю зернових можуть зрости до 30%, що ми й підтверджуємо своїми дослідженнями [20].

Результати представленого дослідження свідчать про те, що сорти ячменю ярого мають різну стабільність врожайності, яка визначається і видом удобрення (рис. 3).

Максимальною реакцією на внесення мінеральних добрив відзначився сорт Вакула, де прирости врожаю за варіантами удобрення коливалися від 29,3% до 53,6%, а порівняно більш мінімальними приростами на міндобрива реагував сорт Еней (15,5–23,3%), сорт Адапт – 23,6–41,3%. Такий же ряд реакції спостерігався при використанні комплексних препаратів із удобрювально-стимулюючою дією:

Вакула > Адапт > Еней (див. рис. 36). Дещо іншою була реакція сортів на внесення ВОД: Еней > Адапт > Вакула.

Таблиця 2

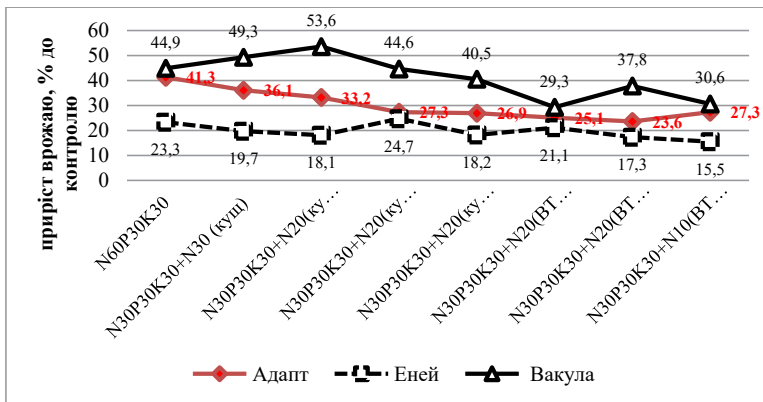
**Вплив погодних умов на врожайність ячменю ярого  
залежно від сорту та виду удобрення**

| Вид удобрення                        | Урожай,<br>т/га |      | В % до<br>2024 року | Приріст до варіанту<br>без удобрення, % |      |         |
|--------------------------------------|-----------------|------|---------------------|-----------------------------------------|------|---------|
|                                      | 2024            | 2025 |                     | 2024                                    | 2025 | середнє |
| Адапт (r=0,72; R=0,518)              |                 |      |                     |                                         |      |         |
| Без добрив                           | 4,34            | 3,28 | 75,6                | -                                       | -    | -       |
| Мінеральні                           | 5,23            | 4,69 | 89,7                | 20,5                                    | 43,0 | 30,2    |
| Органічні (ВОД)                      | 4,83            | 3,99 | 82,6                | 11,3                                    | 21,6 | 15,7    |
| КПУСД                                | 4,76            | 3,68 | 77,3                | 9,7                                     | 13,2 | 10,8    |
| Еней (r=0,18; R=0,032)               |                 |      |                     |                                         |      |         |
| Без добрив                           | 4,23            | 3,79 | 89,6                | -                                       | -    | -       |
| Мінеральні                           | 4,57            | 5,03 | 110,1               | 8,0                                     | 32,7 | 19,7    |
| Органічні (ВОД)                      | 4,69            | 4,78 | 101,9               | 10,6                                    | 26,1 | 18,1    |
| КПУСД                                | 4,68            | 3,99 | 85,3                | 10,6                                    | 5,3  | 8,1     |
| Вакула (r=0,87; R=0,757)             |                 |      |                     |                                         |      |         |
| Без добрив                           | 4,57            | 3,10 | 67,8                | -                                       | -    | -       |
| Мінеральні                           | 5,80            | 5,04 | 86,9                | 26,9                                    | 62,6 | 41,1    |
| Органічні (ВОД)                      | 5,16            | 3,41 | 66,1                | 12,9                                    | 10,0 | 11,6    |
| КПУСД                                | 5,26            | 3,87 | 73,6                | 15,1                                    | 24,8 | 18,9    |
| Середнє за сортами (r=0,66; R=0,436) |                 |      |                     |                                         |      |         |
| Без добрив                           | 4,38            | 3,39 | 77,4                | -                                       | -    | -       |
| Мінеральні                           | 5,66            | 4,92 | 86,9                | 29,2                                    | 45,1 | 36,2    |
| Органічні (ВОД)                      | 4,89            | 4,06 | 83,0                | 11,6                                    | 19,8 | 15,2    |
| КПУСД                                | 4,90            | 3,85 | 78,6                | 11,9                                    | 13,6 | 12,6    |

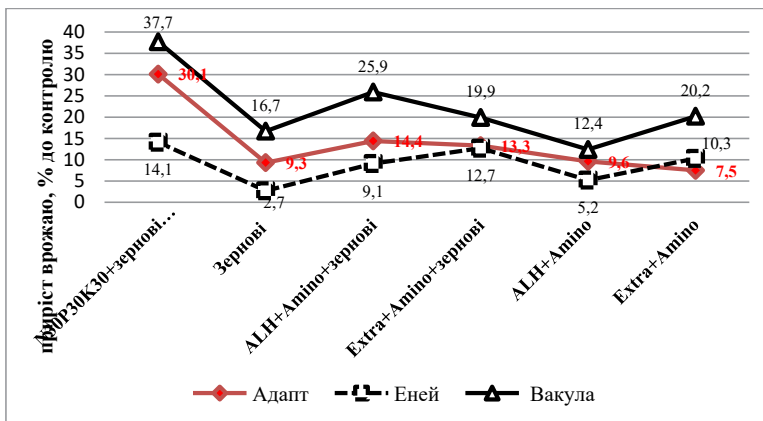
*Примітка:  $r$ -коефіцієнт кореляції між параметрами погодних умов та рівнем врожаю;  $R$ -коефіцієнт детермінації між цими показниками*

Отримані результати свідчать, що в умовах погіршення кліматичної ситуації, роль сорту зросла. Тому необхідно провести дослідження з більшим масивом сортів з метою підбору найбільш пластичних до різкої зміни погодних умов. Це по-перше, а по-друге слід підбирати сорти і за рівнями інтенсифікації виробництва. Прикладом, наші дослідження свідчать, що при інтенсивному землеробстві краще використовувати сорт Вакула, а в органічному – Еней.

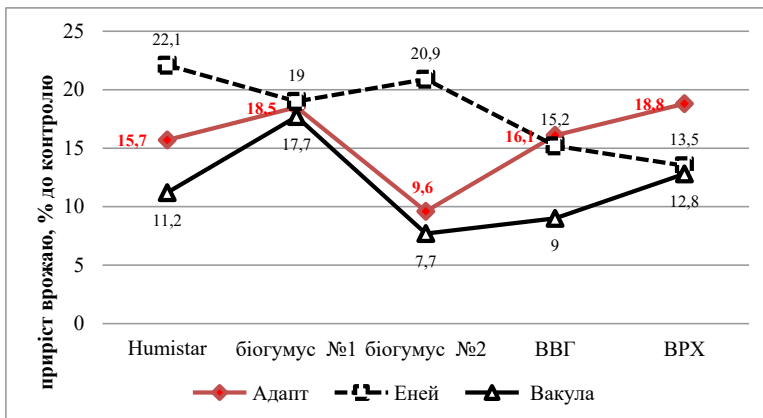
Роль сорту як фактору адаптації господарств до умов середовища, що постійно змінюються під впливом кліматичних флуктуацій, відмічають науковці і при дослідженнях з іншими культурами: пшениці [21, с. 100; 22, с. 158], нішевих овочевих культур [23, с. 197], винограду [24, с. 164].



а) – мінеральні добрива



б) – комплексні препарати із удобрювально-стимулюючою дією (КПУСД)



в) – витяжки з органічних добрив

Рис. 3. Реакція сортів на різні види удобрення приростами врожаю

Як загалом середні врожаї за період досліджень, так і за сортами показали, що максимальні прирости (36,3%) отримали при внесенні  $N_{60}P_{30}K_{30}$  під передпосівну культивуацію; перенесення 50% азотних добрив у ранньовесняне підживлення забезпечило приріст 34,8% врожаю, більш дробове внесення кушення + вихід в трубку та кушення + прапорцевий лист – знизило приріст врожаю в незначній мірі до 34,7 та 32,1%. Але підживлення у фазу кушення і при наливі зерна, а також комбінації підживлень починаючи з фази виходу в трубку дало прирости врожаю на рівні 24,3–28,4% (рис. 4).

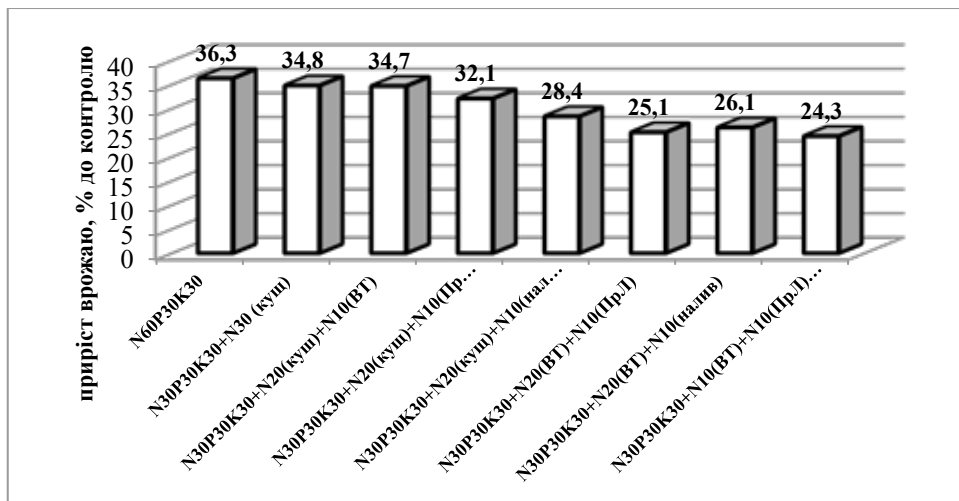


Рис. 4. Вплив мінеральних добрив і строків проведення підживлень на прирости врожаю ячменю ярого

Таким чином, в умовах сухостепової зони південного степу мінеральні добрива під ячмінь ярий краще вносити повною нормою ( $N_{60}P_{30}K_{30}$ ) під передпосівну культивуацію; рослини використовують поживні елементи добрива в будь-який етап розвитку «ловлячи вологу»; можливе перенесення 50% норми азотних добрив у підживлення на стадії кушення, що в середньому за два роки забезпечило врожаї ярого ячменю на рівні 5,39–5,19 т/га проти 3,81 т/га (сорт Адапт); 4,95–4,80 т/га проти 4,01 т/га (сорт Еней) та 5,56–5,73 т/га проти 3,84 т/га (сорт Вакула).

Одноосібне використання комплексного рідкого добрива SG Зернові при наливі зерна ячменю ярого забезпечило невелике підвищення врожайності (+9,5%), комбінація такого підживлення з припосівним внесенням  $N_{30}P_{30}K_{30}$  – дало зростання на 27,1%, а в комплексі з SG Alhum Plus + Amino та SG Extra + Amino – 16,4% та 15,3% (рис. 5).

Ефективність витяжок з органічних добрив порівнювали з дією органічного добрива Humistar (рис. 6).

Розчини витяжок з органічних добрив використовували впродовж всієї вегетації ячменю ярого за основними етапами розвитку і при обробітці насіння, що забезпечило прирости від 12,9% (біогумус № 1) до 18,4% (біогумус № 2). Названі препарати – продукти переробки сировини мухою чорна львинка *Hermetia illucens*. В літературі відсутні відомості щодо ефективності такого виду органічних добрив,

але результати дворічних досліджень показують, що такий вид біогумусів можна використовувати в якості сировини для виготовлення рідких органо-мінеральних добрив і вони можуть успішно використовуватися в системі органічного землеробства. Це ж відноситься і до відходів виробництва грибів (ВВГ) та перегною великої рогатої худоби (ВРХ).

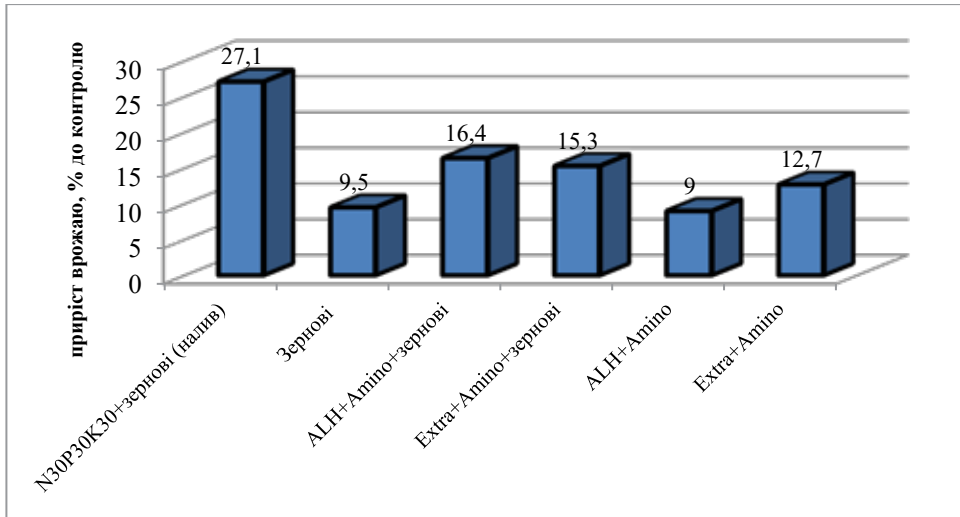


Рис. 5. Прирости урожаю ячменю ярого при використанні комплексних препаратів із удобрювально-стимулюючою дією (КПУСД)

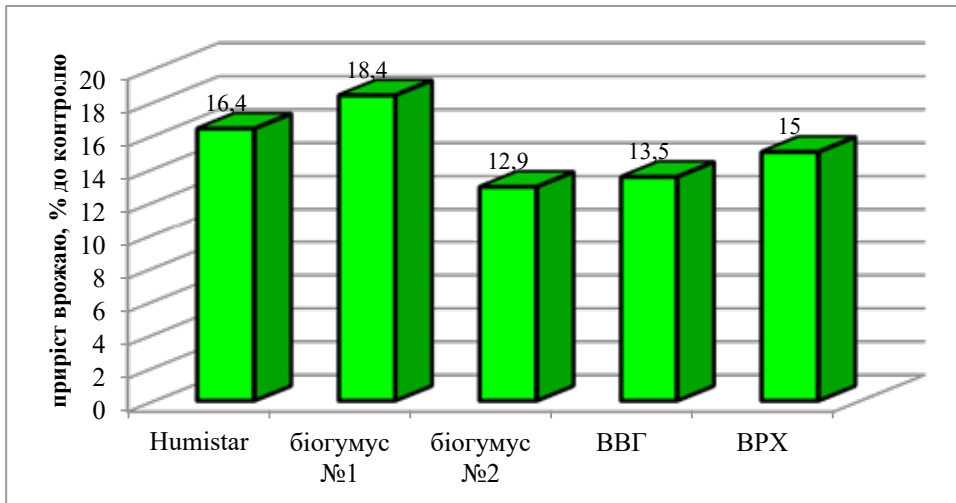


Рис. 6. Ефективність витяжок з органічних добрив

**Висновки.** Метеорологічні умови – одна з важливих проблем, пов’язаних з виробництвом ячменю ярого, мінливістю характеристик його продуктивності. Погіршення погодних умов: зменшення кількості опадів за вегетацію з 242,8 мм

до 139,7 мм (-42,5%) та запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на 11,9%, – привело до падіння рівня урожайності на варіанті без добрив на 22,6%, при використанні комплексних препаратів із удобрювально-стимулюючою дією – на 21,4%, витяжок з органічних добрив – на 17,0% та мінеральних добрив – 13,1%.

Дослідження продемонстрували відмінності в реакції сортів ячменю ярого на кліматичні зміни та види удобрювальних речовин. Максимальну залежність від погодних умов мали сорти Вакула ( $r=0,87$ ) та Адапт ( $r=0,72$ ), а найбільш пластичним – виявився сорт Еней, про що свідчив низький коефіцієнт кореляції між урожаєм та погодними умовами ( $r=0,18$ ).

В умовах кліматичних змін Південного Степу України при інтенсивному виробництві ячменю ярого оптимальним є внесення  $N_{60}P_{30}K_{30}$  під передпосівну культивування, що дало збільшення врожаю на 36,3%, або  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  у ранньовесняне підживлення – приріст 34,8% (в середньому за сортами). Сорт Вакула при вирощуванні з використанням мінеральних добрив дає більші прирости відносно сортів Еней та Адапт. Для цього сорту оптимальним є внесення  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$  у ранньовесняне підживлення – приріст 49,3%, або  $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{20} + N_{10}$  (ранньовесняне + початок виходу в трубку) – 53,6%, а при частковій заміні мінерального азоту на комплексне рідке добриво *Smart Grow* Зернові (2,0 л/га) ( $N_{30}P_{30}K_{30} + SG$  Зернові – налив зерна) приріст урожаю – 37,7%.

В органічному виробництві ячменю ярого більше підійде сорт Еней, який при використанні препарату гумінової природи (Humistar) та витяжок з біогумусів (продукт переробки сировини мухою чорна львинка *Hermetia illucens*) забезпечив прирости врожаю 22,1% та 19,0–20,9%, відповідно. Сорти Адапт та Вакула краще реагують на внесення витяжок з біогумусу № 1 (сировина – зерно ячменю) та перегною великої рогатої худоби підвищенням урожаю на 18,5%; 17,7% та 18,8% і 12,8%.

Отримані результати свідчать, що роль сорту як фактору адаптації господарств до умов середовища зростає. Тому є необхідність у проведенні більш тривалих досліджень з більшим масивом сортів з метою підбору найбільш пластичних до флуктуацій погодних умов та інтенсивності виробництва.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Cammarano D., Ceccarelli S., Grando S., Romagosa I., Benbelkacem A., Akar T., Al-Yassin A., Pecchioni N., Francia E., Ronga D. The Impact of Climate Change on Barley Yield in the Mediterranean Basin. *European Journal of Agronomy*. 2019. 106. 1–11. doi:10.1016/j.eja.2019.03.002.
2. FAO. 2024. *Agricultural production statistics 2010–2023. FAOSTAT Analytical Briefs*, No. 96. Rome. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd3755en>
3. Yawson D.O., Adu M.O., Armah F.A. Impacts of climate change and mitigation policies on malt barley supplies and associated virtual water flows in the UK. *Scientific Reports*. 2020. V. 10. 376 p. doi:10.1038/s41598-019-57256-3
4. Wijata M., Suwara I., Studnicki M., Perzanowska A., Ghafoor A. Z., & Leszczyńska R. Yield and Yield Components Stability of Winter Wheat and Spring Barley in Long-Term Experiment in Poland. *Sustainability*. 2025. 17(10). 4577. <https://doi.org/10.3390/su17104577>
5. Камінська В. В., Буслаєва Н. Г. Продуктивність ячменю ярого залежно від погодних умов і рівня інтенсифікації технології вирощування. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5(818). С. 30-37. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04>
6. Panfilova A., Mohylnytska A., Gamayunova V., Fedorchuk M., Drobitko, A. and Tyshchenko S. Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition

variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research*. 2020.18 (S2). 1388–1403. <https://doi.org/10.15159/AR.20.159>.

7. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala A. A., Jalli M., Kujala M., & Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Field Crops Research*. 2020.259. Article 107956. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107956

8. Dzedule L., Kalvane G. and Legzdina L. Impact of uncharacteristic weather conditions on the phenology and yield stability of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) in Latvia: a 24-year study (2000–2023). *EGU25-2233, updated on 03 Jun 2025*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-2233> EGU General Assembly 2025. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

9. Braziene Z. Spring barley yield and productivity components as affected by nitrogen fertilization and weather conditions. *Zemdirbyste*. 2007. 94.1: 89.

10. Yiğit A., & Chmielewski F.-M. A deeper insight into the yield formation of winter and spring barley in relation to weather and climate variability. *Agronomy*. 2024. 14.7: 1503. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071503>

11. Stupar V., Paunovic A., Madić M., Knezevic D. Influence of genotype, nitrogen fertilisation and weather conditions on yield variability and grain quality in spring malting barley. *Journal of Central European Agriculture*. 2021. 22(1). p.86-95. DOI:10.5513/JCEA01/22.1.2858

12. Vánová M., Palík S., Hajšlová J., Burešová I. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing conditions. *Plant soil environment*. 2006.52.5: 211-219.

13. Trnka M., Dubrovský M., Žalud Z. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Spring Barley Production in the Czech Republic. *Clim. Chang*. 2004. 64. 227–255.

14. Tanaka R., Nakano H. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Scientific Reports*. 2019. 9.1: 8477. doi: 10.1038/s41598-019-44876-y.

15. Hudzenko V.M., Demydov O. A., Polishchuk T. P., Fedorenko I. V., Lysenko A. A., Fedorenko M. V., Siroshstan A. A., Yurchenko T. V., Shevchenko T. V. Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021.11 (8). 48-55. doi: 10.15421/2021\_267

16. Kyrylchuk A. M., Chukhleb C. L., Shcherbynina N. P., Bezprozvana I. V., Liashenko S. O. & Shkliar V. D. Qualitative indicators of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) under different growing conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. 19(2). 110–117. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.2.2023.282554>

17. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковішін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: [навчальний посібник]. Херсон: Айлант, 2008. 372 с.

18. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ТОВ «ПоліграфКонсалтинг», 2007. 55 с.

19. Цибульник С.О., Лисікова К.О. Апроксимація функцій методом найменших квадратів. *Вісник інженерної академії України*. Київ, 2017. № 1. С. 106–111.

20. Benito-Verdugo P., Martínez-Fernández J., González-Zamora A., Almendra-Martín L., Gaona J., Herrero-Jiménez C.M. Impact of Agricultural Drought on Barley and Wheat Yield: A Comparative Case Study of Spain and Germany. *Agriculture*. 2023.13. 2111. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture13112111>

21. Чугрій Г.А. Адаптивні властивості сорту як фактор підвищення валового збору зерна пшениці озимої. *Зернові культури*. 2021.Том 5. № 1. С. 99–105. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0165>

22. Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Хоменко С.О., Гуменюк О.В., Харченко М.В. Індексний підхід до добору посухостійких сортів пшениці в умо-

вах нестійкого клімату. *Екологічні науки*. 2020. № 2(29). Т.2 С. 157-164. <http://dx.doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.24>

23. Василенко О.В., В. В. Фещенко В.В., Чубко О.П., Гнатюк Н.О. Диверсифікація господарств у напрямку вирощування нішевих культур – елемент стратегії адаптації до змін клімату. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 191–199. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.19>

24. Падалко Т. Вплив змін клімату на продуктивність технічних сортів винограду в умовах Правобережного Лісостепу. *Modern engineering and innovative technologies*. 2023. Issue 25. Part 2. С. 160-165. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-02-076>. URL: <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-076>

Дата першого надходження рукопису до видання: 04.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025