

РОЛЬ ДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ЗА СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кубрак Тетяна Михайлівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-5816-1972

tetanakubrak@gmail.com

Мельник Андрій Васильович

доктор сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-7318-6262

melnyk_ua@yahoo.com

За світовими посівними площами та обсягами виробництва ячмінь належить до основних зернових культур, є однією з найбільш стійких рослин до посухи та лужних ґрунтів, має найвищу ефективність використання води порівняно з іншими зерновими. Водночас він менш толерантний до кислих ґрунтів. Цю культуру вважають однією з основних у високогірних районах Азії, де переважають суворі зими та коротке літо.

У наведеній науковій роботі проведено огляд тенденцій виробництва зерна ячменю в світі та Україні. Здійснено аналіз сортового асортименту та комплексного використання добрив за сучасних технологій вирощування та змін клімату.

Сьогодні світові посівні площі ячменю ярого сягають близько 75 млн га. Ячмінь має високу стійкість до кліматичних змін упродовж вегетаційного періоду, що знижує ризик отримання низьких урожаїв у несприятливі роки. Ярий ячмінь є однією із ключових зернових культур, що вирощують в Україні. За виробництвом ячмінного зерна Україну можна віднести до 5 країн-лідерів. Більше виробляють лише країни ЄС та Австралія. Країна може забезпечити до 20% світового виробництва.

Державний реєстр сортів рослин України налічує 177 сортів ячменю ярого, із них більше 60% від загальної кількості – це сорти української селекції. Сучасні сорти за сприятливих умов та належного рівня агротехнічних прийомів здатні формувати від 8,0 т і більше зерна на 1 га. Такі високі врожаї зазвичай отримують в наукових установах та сортостанціях.

Розроблення та вдосконалення існуючих технологій вирощування ярого ячменю за сучасних умов змін клімату є на сьогодні основним пріоритетним напрямком сільськогосподарського виробництва. Для підвищення врожайності потрібно зосередитись на створенні сприятливих умов, що дозволяють культурі реалізувати свій потенціал.

З аналізу сучасних наукових публікацій очевидно, що ячмінь є і буде культурою світового землеробства багатовекторного використання. Україна входить до п'ятірки країн світу за виробництвом зерна ячменю. Ґрунтово-кліматичні умови дозволяють українським аграріям нарощувати виробничі потужності й бути конкурентоспроможними на світовому ринку.

Підвищення вартості енергоносіїв та добрив робить надзвичайно важливими питання оптимізації окремих складників технології вирощування ячменю ярого. Одним із них є дослідження комплексної дії та синергізму від внесення мінеральних добрив та регуляторів росту рослин. Зростання частоти виявлення стресових факторів підвищує актуальність вивчення стабілізуючої ролі регуляторів росту з антистресовою дією.

Ключові слова: ячмінь, продуктивність, сорти, технологія, добрива, позакореневе підживлення, врожайність, якість.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.5>

Вступ. Впродовж багатьох років найбільш ефективною та прибутковою галуззю як у світі, так і в Україні є сільське господарство. На сьогодні однією з найпоширеніших зернових культур агропромислового комплексу є ячмінь. Вирощують як яру, так і озиму форми культури. За умов сьогодення вирощування ячменю має деякі проблемні та невивчені питання, але, незважаючи на всі складнощі, культура залишається однією з найменш вибагливих до умов зростання. Ячмінь – добрий попередник, а сучасні сорти вітчизняної селекції дають високі врожаї та добре адаптовані до різних природно-кліматичних зон України.

Щоб найефективніше реалізувати продуктивний потенціал сортів ячменю ярого, наявних біокліматичних ресурсів не достатньо. Розроблення технологій вирощування, які забезпечують раціональне використання ресурсів, стає важливим завданням у контексті інтенсифікації виробництва зерна. Цього можна досягти за допомогою природних або синтетичних регуляторів росту, а також мінеральних добрив, дія яких спрямована на регулювання важливих фізіологічних процесів у рослинному організмі. Саме такі екологічнобезпечні технології є конкурентоспроможними в сучасному аграрному бізнесі. Основним резервом підвищення ефективності

виращування сільськогосподарських культур є раціональне використання біоенергетичних ресурсів ґрунту, умов середовища, елементів живлення та генетичного потенціалу культури (Demidov et al., 2017).

Формування високопродуктивних посівів ячменю ярого залежить від багатьох технологічних і природних факторів, тому всі агротехнічні заходи мають бути спрямовані на створення оптимальних умов функціонування культури. Технологія вирощування ячменю ярого передбачає дотримання ротації культур, розміщення посівів після кращих попередників, забезпечення рослин елементами живлення, інтегрований захист від шкідників, збудників хвороб, бур'янистих рослин та максимальне використання потенційних можливостей сортів. Важливим аспектом технології вирощування зернових культур є система агробіологічного контролю для виконання технологічних елементів та отримання інформації про формування продуктивності, врожайності й якості зерна, яка дозволяє вносити своєчасні корективи щодо догляду за посівами. З огляду на перспективу росту зерновиробництва виконання повного комплексу технологій вирощування ячменю ярого набуває надзвичайної важливості. Порушення або спрощення рекомендованих елементів агротехніки призводить до зниження врожайності, якості та рентабельності продукції (Zaiets et al., 2018).

Добрива є першочерговим і найбільш ефективним засобом для збільшення врожайності та управління якістю зерна ячменю ярого. Застосування мінеральних добрив має значний вплив на врожайність та якість цієї культури, також необхідно враховувати дози відповідно сортових особливостей та ґрунтово-кліматичних умов (Artemieva et al., 2017).

За сучасних змін кліматичних умов та зростання стресових факторів не менш важливим резервом є використання регуляторів росту рослин та антистресантів. Застосування цих препаратів дозволяє покращити ріст та розвиток рослин, зменшити негативний вплив навколишнього середовища, що також впливає на збільшення виробництва продукції.

Завданням цієї статті було опрацювати літературні джерела з вивчення стану та перспектив вирощування ячменю ярого, а також дослідити роль добрив та регуляторів росту рослин у сучасній технології вирощування культури.

1. Походження та систематика культури ячменю. Ячмінь ярий є однією з найстаріших культурних рослин, яку людство вирощує тисячі років. За даними археологів, він був відомий ще у кам'яну добу поряд із такою культурою, як пшениця. Походження ячменю відносять до Давнього Близького Сходу та Ірану. Окультурення ячменю почалось теж досить давно, приблизно у X, а за деякими даними, навіть у XV тисячолітті до н.е. На територію Європи та Малої Азії культура потрапила у IV–III тисячолітті до н. е. (Zohary et al., 2012).

На території сучасної України ячмінь почали вирощувати приблизно в цей період, а для країн Америки це досить молода культура, яку завезли європейські переселенці в XVI–XVIII ст. (Badr et al., 2000).

До роду ячмінь (*Hordeum* L.) належить близько 30 видів, але серед них лише один культурний – ячмінь посівний (*H. sativum* Jessen), усі інші є дикорослими однорічними та багаторічними формами. Ячмінь має свої унікальні ботанічні та біологічні особливості, які й роблять його важливою сільськогосподарською культурою.

2. Значення та стан виробництва ячменю. Ячмінь є важливою зерновою культурою в усьому світі і має велике значення для багатьох країн. Зерно використовують для приготування різних продуктів харчування, зокрема каші, супів, хлібобулочних виробів та печива. Насіння багате на білки, вуглеводи, вітаміни та мінерали, що робить його корисним для здорового харчування (Vakulenko, 2019).

Зерно ячменю ярого є основною сировиною для виробництва пива, використовується для приготування солоду як основного складника. Саме ячмінний солод надає пиву характерного смаку, аромату та кольору.

Варто відмітити, що ячмінь вирощують як кормову культуру та найбільше використовують на зернофуражні цілі. Зерно ячменю ярого є високопоживним та дієтичним кормом для худоби. Один кілограм зерна містить 1,2 кормові одиниці і 100 грам перетравного протеїну. На відміну від пшениці, ячмінь ярий має набагато кращі кормові властивості. Вміст лізину, необхідний для відгодівлі тварин, у зерні ячменю більший за пшеницю приблизно на 20% (Markov et al., 2011).

Фуражне зерно ячменю становить близько 35% від загального обсягу виробленого збіжжя. В Європі та Центральній Азії з кожним роком збільшується попит на загальний обсяг м'яса, тому саме тваринництво може стати пріоритетною галуззю, що приведе до збільшення виробництва зерна ячменю. Ячмінь ярий є не тільки універсальною культурою, а й альтернативою озимим культурам. У роки з масовими неврожайми озимих культур фермери розширюють посіви ячменю ярого (Blake et al., 2011).

За світовими посівними площами та обсягами виробництва ячмінь належить до основних зернових культур та вважається однією з найбільш стійких рослин до посухи та лужних ґрунтів, а також має найвищу ефективність використання води порівняно з іншими зерновими. Водночас він менш толерантний до кислих ґрунтів. Цю культуру вважають однією з основних у високогірних районах Азії, де переважають суворі зими та коротке літо.

Сьогодні світові посівні площі ячменю ярого сягають близько 75 млн га. Він має високу стійкість до кліматичних змін упродовж вегетаційного періоду, що знижує ризик отримання низьких урожаїв у несприятливі роки. За результатами багатьох наукових публікацій, найближчими роками слід очікувати значного зниження врожайності основних зернових культур через підвищення температури внаслідок зміни клімату. За таких умов однією з переваг ячменю ярого є здатність рослин зростати в досить несприятливих умовах, де більшості інших культур було б важко формувати стабільні врожаї (Nurminiemi et al., 2002).

Вирощування ячменю ярого має зовнішньоекономічне значення, оскільки експорт приносить значні прибутки та сприяє розвитку аграрного сектора (Pirerno et al., 2004).

Ярий ячмінь є однією з ключових зернових культур, що вирощують в Україні. За виробництвом ячмінного зерна Україна входить до 5 країн-лідерів. Більше виробляють лише країни ЄС та Австралія (Kaminskyi et al., 2014). Країна може забезпечити до 20% світового виробництва (Cheriyachukin et al., 2011).

Згідно з даними Інституту аграрної економіки НААН України, площі виробництва ячменю останніми роками стабілізувались та тримаються на рівні 2,6 млн га. Однак варто відмітити, що це вдвічі менше, ніж було засіяно до 2003 року. Інститут аграрної економіки прогнозує, що площі під ячменем ярим в Україні залишатимуться на досягнутому рівні, а обсяги виробництва будуть зростати за рахунок підвищення врожайності культури (Menziak, 2015). Хоча врожайність ячменю ярого в Україні значно нижча, ніж у країнах Євросоюзу, і не перевищує 3,3 т/га, його виробництво є прибутковим і забезпечує до 30% рентабельності.

3. Основні складові сучасної технології вирощування ячменю.

3.1. Сортовий асортимент ячменю. Державний реєстр сортів рослин України налічує 177 сортів ячменю ярого, з них більше 60% від загальної кількості – це сорти української селекції (Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini, 2023). Сучасні сорти за сприятливих умов та належного рівня агротехнічних прийомів здатні формувати від 8,0 т і більше зерна на 1 га. Такі високі врожаї часто отримують в наукових установах та сортостанціях.

Виробничі посіви, на жаль, через технологічну незабезпеченість втрачають потенційні значення виходу зерна (Lytvunenko, 2007). Саме порушення технологій вирощування призводить до реалізації лише 30% врожайності. Це пов'язано переважно з недостатнім ресурсним забезпеченням господарства, порушення агротехнічних термінів виконання заходів, впливом негативних погодних умов упродовж вегетації культури, а також з невідповідністю характеристик сортів їх біологічним особливостям. Водночас країни Західної Європи потенціал сортів ярого ячменю використовують більше ніж на 70%. Окремими науковими дослідженнями доведено, що за рахунок оптимізації технології вирощування можна збільшити рівень реалізації генетичного потенціалу сортів ячменю ярого до 50% та навіть більше (Kochmarovskiy et al., 2010; Kozachenko et al., 2007).

3.2. Біологічні особливості вирощування ячменю. Умови вирощування генетичного різноманіття ячменю мають важливе значення для адаптації до майбутніх змін навколишнього середовища і все частіше визначаються як вирішальний аспект сільськогосподарських систем, особливо з огляду на зміни клімату (Bailey-Serres et al., 2019). Генетичні відмінності між культурними сортами ячменю та спорідненими дикими видами легко використовуються в процесі гібридизації в селекції рослин. Для багатьох наукових досліджень в усьому світі

ячмінь став модельною рослиною експериментальної системи. Слід зазначити, що умови вирощування ячменю є досить різноманітними, еколого-географічний діапазон сягає від гірських районів до тропіків (Barret et al., 2008).

Однією з суттєвих переваг вирощування ячменю ярого є його невимогливість до тепла: насіння може проростати за температури 1–2 °С; сходи витримують заморозки до –3–4 °С, а іноді навіть і до –6 °С. Для формування генеративних органів мінімальна температура може становити 10–12 °С. Для росту й розвитку рослин оптимальною температурою в період вегетації культури є 18–20 °С.

Серед суттєвих відмінностей ячменю ярого від інших культур групи ярих зернових є висока жаростійкість, він може легко витримати температури до 40 °С. За таких високих температур у таких культур, як пшениця або овес, робота продихів гальмується (або призупиняється) вже упродовж 5–10 годин, натомість для ячменю цей період триває до 35 годин (Palamarchuk et al., 2010).

Оскільки ячмінь ярий є найбільш жаростійким, то до вологи культура є маловимогливою. Однак пізня сівба та недостатня кількість вологи можуть призвести до появи недружніх сходів та сповільнення росту рослин на подальших етапах розвитку (Manshadi et al., 2006).

Порівняльні дослідження пшениці та ячменю (Lopez et al., 1994) свідчать, що вища врожайність ячменю в більш посушливих районах значною мірою пов'язана з раннім початком цвітіння та дозрівання, а також швидким розвитком листової поверхні, ростом коренів на початку сезону, коли дефіцит води низький. Зменшення втрат води на випаровування з поверхні ґрунту підвищує ефективність її використання, це робить ячмінь перспективною культурою замість пшениці в умовах змін клімату (Ingvordsen, 2014).

Ячмінь ярий серед інших зернових культур є найбільш скоростиглим, деякі сорти мають вегетаційний період 75 днів, це дає можливість вирощувати його в більш північних районах (Avramenko et al., 2016).

Розроблення та вдосконалення існуючих технологій вирощування ярого ячменю за сучасних умов змін клімату є на сьогодні основним пріоритетним напрямком сільськогосподарського виробництва (Vasylykivsky et al., 2011). Для підвищення врожайності потрібно зосередитись на створенні сприятливих умов, що дозволяють культурі реалізувати свій потенціал.

Культура є досить пластичною та добре росте на різних ґрунтах. Незважаючи на це, ячмінь ярий має слаборозвинену кореневу систему, тому краще для нього підходять добре родючі ґрунти з високим вмістом поживних легкодоступних речовин. Для вирощування ячменю ярого не підходять заболочені ґрунти, з близьким заляганням ґрунтових вод. Водночас цій культурі не підходять легкі піщані ґрунти та кислі. Оптимальним рН ґрунту є 6,0–7,0 (Kalenska et al., 2014).

3.3. Особливості живлення за вирощування ячменю. Довготривалі польові дослідження за застосування добрив дають можливість дослідити не тільки врожайність культури, а й вплив їх на властивості ґрунту та навколишнє середовище загалом (Farahani et al., 2011).

Такі експерименти дозволяють з'ясувати особливості стійкості сучасних інтенсивних систем вирощування та продуктивність культур. У ґрунті процеси відбуваються значно повільніше, тому результати різних факторів можна оцінити лише в довготривалих експериментах (Hejstman et al., 2013).

Ячмінь вважають рослиною, яка потребує менше поживних речовин, ніж пшениця (Gardner & Drinkwater, 2009). Для отримання високих та сталих урожаїв зерна ячменю ярого важливим є оптимальний спосіб обробітку та удобрення ґрунту. Режим живлення може значною мірою впливати на продуктивність рослин (Kurepin et al., 2014).

Основними компонентами системи удобрення є азот, фосфор та калій. Ячмінь ярий є високопотужним споживачем азоту, особливо на початку вегетаційного періоду. Достатній вміст азоту сприяє збільшенню зеленої маси, розвитку колосу, що в подальшому веде до утворення зерна.

Визначено, що лише 30–50% азотних добрив в основне передпосівне внесення засвоюється сільськогосподарськими культурами. Прибутковість виробництва високоякісного зерна ячменю ярого значною мірою визначається правильним використанням економічно ефективного джерела азотного живлення, його типом, способом внесення та використання на відповідній фазі розвитку (Tigre et al., 2014).

Оптимальний час внесення азотних добрив має велике значення для досягнення позитивного результату. Якщо рівень азоту в ґрунті низький, його внесення під час сівби сприятиме поліпшенню розвитку кореневої системи та загальної врожайності. Поглинання азоту в початковій стадії росту до фази 31 (ВВСН) є низьким (приблизно 1,2 кг/га/день) і досягає піку на етапі 31–39 (ВВСН) – 3 кг/га/день. Після повного розвитку листового апарату та появи колосків споживання азоту знову знижується (39–59, ВВСН) приблизно до 1,8 кг/га/день (Viniukov, 2017).

На момент досягнення фази 59 рослина накопичує приблизно 165 кг азоту/га. Для ярого ячменю ця кількість становить близько 130 кг азоту/га. Після з'явлення колосків споживання азоту значно знижується. Для ярого ячменю раннє швидке укорінення має велике значення, тому не менше 60% від потрібної кількості азоту необхідно вносити під час сівби. Коли рослина досягне етапу трьох листків, кількість азоту повинна бути збалансована (Shevchuk, 2013).

Отже, поглинання ґрунтового азоту рослинами ячменю досить помірне на початкових етапах росту. Після куцання для забезпечення високого врожаю можна вносити додаткову кількість цього елемента. Якщо азот вноситься до початку трубкування, збільшується вміст сухої речовини, підвищується кількість білка в зерні, що впливає на загальну врожайність. Застосування азотних добрив після формування колосу є недоцільним, оскільки його поглинання сповільнюється (Wilczewski et al., 2014).

Внесення азотних добрив сприяє збільшенню врожайності, але надмірне їх внесення може призвести до

зниження стійкості посівів та збільшення ризику захворювань. Ярому ячменю, який має коротший період росту та зазвичай нижчий потенціал врожайності, потрібно дещо більше азоту, ніж озимому (Токаг, 2015).

Для розвитку кореневої системи надзвичайно важливим є фосфор, який також сприяє кращому засвоєнню інших поживних речовин. Фосфор займає друге місце після азоту серед найважливіших поживних речовин, що впливають на ріст і розвиток рослин. Після появи 2–3 листочків рослина починає використовувати фосфор із ґрунту для росту листків і пагонів (Kalenska & Tokar, 2015). Доступність фосфору в ґрунті залежить від різних факторів, таких як рівень рН, вологість, температура ґрунту та наявність інших елементів, наприклад, алюмінію, заліза та кальцію. З огляду на це важливо забезпечити внесення легкодоступного фосфору, щоб уникнути його дефіциту на ранніх стадіях росту (Vyslobodska & Veba, 2017).

Окремими науковцями доведено, що внесення фосфору навесні сприяє збільшенню врожайності. Ранньовесняне позакореневе фосфорне підживлення за низьких температур ґрунту та повітря допомагає уникнути сповільнення росту та розвитку (Synytskyi, 2006).

Внесення фосфору є необхідним на початковому етапі росту зернових культур, оскільки він є критичним для їх живлення. Фосфорні добрива допомагають досягти більш раннього формування врожаю. На фоні застосування фосфорних добрив під час сівби дозою 10–20 кг/га д.р. спостерігається збільшення врожаю завдяки покращенню асиміляції азоту й калію (Vyslobodska et al, 2013).

Для нормального проходження таких важливих процесів як дихання та фотосинтез, рослини ячменю ярого потребують в системі удобрення фосфору. Ряд досліджень показав, що високий вміст фосфору впливає на підвищення врожаю, проте рівень білка зменшується. Також важливо відмітити, що найбільш ефективними фосфорні добрива будуть в комплексі з азотними та калійними (Horash, 2006).

Деякі науковці відмічають вплив на якість зерна ячменю ярого добрив із вмістом калію. Показово, що високий рівень калійного живлення сприяє накопиченню в зерні високого вмісту крохмалю та зменшенню відповідно вмісту білка (Klorota, 2012).

Калій зазвичай сприяє зміцненню стебла, а також зменшує вразливість рослин до хвороб та стресових факторів, таких як посуха та низькі температури (Dubovuk et al., 2012).

На відміну від фосфору, калій є необхідним для рослин з моменту сходів ячменю і до молочної стиглості зерна. У вологі роки рослини активніше забирають калій з ґрунту, а в сухі – з мінеральних добрив (Kaminska, 2016). Для ячменю ярого головними джерелами калію є водорозчинний і обмінний калій, що вбирається колоїдними частинками. Калій є рухомим елементом і міститься у сольовій формі в клітинному соку. Він має вплив на рух води в листі рослин, що контролює відкриття і закриття продихів (Нурка, 2012). Достатня кількість калію сприяє підтриманню тургору і зменшує втрати води (висихання

рослин) в умовах посухи й спеки. Калій сприяє росту судин ксилеми, що покращує транспорт цукрів і накопичення вуглеводів. Калій також має велике значення для регулювання процесів транспірації й дихання. Він може покращити стійкість рослин до стресу, спричиненого посухою та високими температурами (Lykhochvor, 2015).

Для досягнення максимальної ефективності використання поживних речовин, що сприяє збільшенню врожайності ячменю за мінімального впливу на довкілля, необхідно правильно дозувати добрива та встановлювати термін їх застосування.

Для ячменю після бобових культур або культур, удобрених органікою, слід застосовувати низькі дози добрив або взагалі їх не вносити, тоді як для ячменю, вирощеного на корм, можна застосовувати вищі дози, цей вид виробництва не обмежений рівнем білка в зерні та іншими вимогами (Zhang et al., 2015).

На сьогодні багато дослідників займаються підбором оптимального удобрення для ярого ячменю в різних зонах вирощування, оскільки питання є досить актуальним та не цілком вивченим. Як відмічають деякі науковці, саме від фази кушення до фази колосіння відбувається найінтенсивніше надходження основних елементів живлення рослин. Для утворення 1 т зерна та побічної продукції, ячмінь ярий може виносити з ґрунту до 27 кг азоту, 11–15 кг фосфору та 13–20 кг калію.

Ячмінь ярий мало відрізняється від озимих культур щодо виносу поживних речовин, однак поглинання основних елементів живлення в рослин ячменю відбувається нерівномірно впродовж вегетації. Щодо строків внесення добрив серед дослідників і досі тривають дискусії. За даними М. Кореску, строки внесення азотних добрив впливають на накопичення білка в зерні ячменю ярого. Найбільша потреба в поживних речовинах спостерігається в два ключові періоди: кушення та початок стеблоутворення, а також закладання, формування й наливу зерна. Окремі дослідження показали, що перенесення строків позакореневого внесення добрив з фази кушення та виходу в трубку в фазу колосіння та наливу зерна вплинули не на врожайність, а на вміст білка в зерні (Кореску et al., 1975).

Застосування мінеральних добрив позитивно впливає на врожайність ячменю ярого, збільшуючи масу зерна, поліпшуючи фізичні та хімічні характеристики. Згідно з даними Інституту зернових культур НААНУ, ярі зернові культури вирізняються високою інтенсивністю засвоєння легкодоступних елементів живлення на початку вегетації. Рекомендується внесення складних мінеральних добрив восени або ж навесні локально в помірних дозах для підвищення врожайності. Для прискорення ростових процесів у рослин, підвищення посухостійкості та продуктивності рекомендовано припосівне внесення складних мінеральних добрив у рядки (Zubets, 2010).

За результатами досліджень Черенкова А. В. виявлено, що на удобреному фоні, незважаючи на несприятливий погодний фактор посухи в період вегетації ярих культур, рівень врожайності зерна ячменю ярого був значно вищим, ніж на неудобреному контролі. Серед

досліджуваних сортів ячменю ярого найкраще себе зарекомендував сорт Геліос на удобреному фоні ($N_{30}P_{30}K_{30}$) та за сівби інкрустованим насінням (Cherenkov, 2010). Каленською С. М. та співавторами було встановлено, що через збільшення норми удобрення знижується врожайність ячменю ярого за рахунок значного впливання посівів. При застосуванні добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{80}$ можна отримати врожайність на рівні 5,8 т/га, а вже за збільшення норми до $N_{90}P_{90}K_{120}$ врожайність знижується до 4,6 т/га (Kalenska et al., 2015).

За даними Давидчука М. І., Кравченка О. В. та Вороній О. О. внесення добрив у нормі $N_{30}P_{30}$ забезпечило приріст врожаю та збільшення маси 1000 зерен (Davudchuk et al., 2012). Дослідження в умовах західного Лісостепу показали, що застосування рекомендованих доз мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) забезпечило збільшення врожайності на 7,3% (Polovyi et al., 2020).

В умовах східного Лісостепу було встановлено, що застосування мінеральних добрив у нормі ($N_{68}P_{68}K_{45}$) за інтегрованої системи захисту забезпечило найвищий рівень реалізації потенціалу продуктивності ячменю ярого. Середня урожайність за роки досліджень становила 5,2 т/га, що на 2,5 т/га більше, ніж було на контрольному варіанті (Len, 2008).

Основні поживні речовини, такі як азот, фосфор, калій, сірка і магній, є вирішальними елементами в багатьох процесах розвитку рослини й формування врожаю. Однак, окрім макроелементів, важливу роль в формуванні кінцевого продукту відіграють також мікроелементи (Randava & Arora, 2000).

Згідно з дослідженнями Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААНУ, за вирощування ячменю ярого без добрив отримали врожайність до 2,75 т/га лише за рахунок сівозміни. Використання органічних добрив збільшує врожайність приблизно на 0,92 т/га, а внесення мінеральних добрив дозою NPK по 30 – на 1,55 т/га порівняно з бездобривною системою (Artemieva, 2017).

Загальноприйнятною практикою в виробництві зернових є внесення поживних речовин в ґрунт. На думку окремих дослідників, ґрунтове внесення може призвести до втрати поживних речовин. За останні десятиліття було підтверджено, що позакореневе підживлення є кращим варіантом і може зменшити втрати діючої речовини. Цей метод має вищу ефективність та меншу вартість, а також менше забруднює довкілля (Dines et al., 2002; Follet & Delgado, 2002).

3.4. Застосування рістрегулюючих речовин за вирощування ячменю. Одним із перспективних напрямків є застосування рістрегулюючих речовин, які в низьких дозах сприяють підвищенню біологічної продуктивності рослин у межах генетичного потенціалу, а також зміцнюють їх адаптаційну здатність до стресових умов навколишнього середовища (Bilitiuk et al., 2007).

Регуляція росту й розвитку рослин за допомогою фізіологічно активних речовин дозволяє впливати на окремі етапи онтогенезу з метою мобілізації генетичного потенціалу рослинного організму, а в кінцевому підсумку підвищення продуктивності та якості врожаю. Останніми роками велика увага приділяється розробленню

та застосуванню безпечних для людини та навколишнього середовища регуляторів росту рослин нового покоління з широким спектром фізіологічної активності. Водночас регулятори росту вважають екологічно чистим і економічно ефективним засобом підвищення продуктивності зернових культур, що дозволяє їм більш повно реалізувати потенційні можливості рослин. Таким чином, актуальним є вивчення впливу регуляторів росту нового покоління на врожайність і якість зерна ячменю ярого.

Не менш важливим під час вирощування ячменю ярого є використання препаратів з антистресовою дією, які позитивно впливають на урожайність, особливо в умовах стресових ситуацій, таких як засуха, тепловий стрес, холодний стрес або ж хвороби (Bulgari et al., 2019). Ці препарати значною мірою допомагають рослинам краще переносити негативні впливи навколишнього середовища та підвищувати стійкість до несприятливих факторів (Yakhin et al., 2017). Є ряд препаратів, що сприяють збільшенню здатності рослин до збереження вологи та зменшення втрат води (Docker et al., 2015). Це допомагає рослинам краще переносити періоди засухи і зберігати ефективність фотосинтезу, що забезпечує ріст та розвиток рослин (Bakmat et al., 2019).

Ефект використання стимуляторів росту для зернових культур пов'язують з різними факторами, зокрема здатністю рослин до: накопичення макро- і мікроелементів (Shah et al., 2013); збільшення площі асиміляційної поверхні (Szczepanek et al., 2016); підвищення концентрації хлорофілу й активізації фотосинтезу (Nardi et al., 2016); а також збільшення продуктивності культур. Використання стимуляторів росту може покращити якість та врожайність зерна (Ren et al., 2017). Препарати можуть прискорити або уповільнити дозрівання рослин, скоротити вегетаційний період, оптимізувати зростання та допомогти виправити стан посівів за несприятливих умов.

Використання стимуляторів росту може зменшити потребу в мінеральних добривах та пестицидах. Вони найчастіше застосовуються в позакореновому підживленні та можуть використовуватись кілька разів упродовж вегетаційного періоду. Незважаючи на широке використання різних стимуляторів росту, їхня роль у формуванні врожайності зернових культур потребує детального вивчення, зокрема щодо фаз вегетації культур, періоду застосування та способу внесення (Kolisnyk, 2020).

Антистресові препарати зміцнюють імунну систему рослини, що дозволяє їй краще протистояти шкідникам та хворобам та забезпечити збереження зеленої маси та ефективного формування зерна. Препарати здатні регулювати безліч фізіологічних процесів, таких як фотосинтез, дихання, забезпечувати оптимальний рівень функціонування рослин навіть за впливу стресу. Однак варто зазначити, що вибір і ефективність препаратів з антистресовою дією можуть залежати від конкретних умов вирощування ячменю ярого, а також від впливу специфічних стресових факторів. Для досягнення найкращих результатів завжди потрібно притримуватись рекомендацій фахівців та виробників препаратів (Kuvshynova et al., 2018).

Упровадження регуляторів росту рослин у сільське господарство є одним із сучасних напрямків підвищення врожайності та якості продукції загалом. Регулятори росту можуть бути як природні, так і штучні і змінюють процеси життєдіяльності в рослині лише за малих концентрацій. До їх складу входять фіторегулятори, біологічно активні речовини та мікроелементи.

Вплив регуляторів росту на ріст та розвиток рослин вимагає ретельних досліджень, оскільки їх ефективність залежить від дози, термінів застосування, сортових характеристик культур, погодних умов та інших факторів (Buriak & Chernobab, 2008).

Останнім часом зміни погоди та клімату стали визначальними для коригування технологічних процесів у рослинництві. Наприклад, дослідження Рівненського центру з гідрометеорології показують збільшення теплового забезпечення Західного Лісостепу через глобальні зміни клімату. Суми ефективних температур зросли приблизно на 52% за останні 40 років. Застосування сучасних технологій і поліпшення температурного режиму сприяють збільшенню врожайності зернових культур у Західному Лісостепу в 1,5 рази. Ураховуючи це, використання науково обґрунтованих технологічних заходів для підвищення адаптації рослин є актуальним питанням (Poloviy et al., 20019).

Підвищення температури повітря навіть без значних змін у кількості опадів призводить до збільшення від'ємного водного балансу, який розраховується як різниця між кількістю опадів та потенційного випаровування (Kozuga et al., 2009). Згідно з моделями зміни клімату вища температура повітря викликає погодні аномалії і як наслідок, призводить до втрат урожаю (Liszewska et al., 1997). Крім того, неоднорідний розподіл опадів упродовж року, а особливо вегетаційного періоду, призводить до того, що рослини частіше зазнають стресів від посухи (Gorski et al., 2008).

Стрес від посухи знижує врожайність зерна ячменю через негативний вплив на компоненти врожайності, зокрема кількість рослин на одиниці площі, кількість зерен у колосі, масу 1000 зерен, які визначаються на різних стадіях розвитку рослин (Ajallil et al., 2012). Значення компонентів врожайності є генетично обумовленим, але можуть бути сильно модифіковані через характер вологозабезпечення (Albrizio et al., 2010).

Підсилення стійкості до несприятливих факторів середовища, таких як високі та низькі температури, нестача вологи, фітотоксичність, хвороби та шкідники, також є важливим аспектом впливу регуляторів росту рослин.

За літературними джерелами, у країнах Західної Європи застосування біопрепаратів забезпечує підвищення продуктивності ячменю на 15–30%, а в майбутньому прогнозується приріст врожаю та його якості до 50%.

Польські науковці досліджували дію препарату Келпак. Цей препарат застосовували за рекомендаціями виробника 2 л/га, обробляли посіви на початку вегетації у фазі кущення та до початку виходу в трубку. Дослід показав позитивний вплив на збільшення маси коренів

порівняно з контролем, кількість зерен у колосі, масу 1000 зерен та загалом на врожайність, дані були вищі за контроль на 5% (Calvo et al., 2014).

Дослідження Інституту мікробіології НААН України свідчать, що за поєднання нових рістрегулюючих препаратів із протруйниками їх дози можна зменшити на 25–30%, при цьому ефективність захисту залишиться незмінною (Hyrka et al., 2019).

За даними науковців Кіровоградського інституту агропромислового виробництва НААН України, застосування регуляторів росту у вирощуванні ячменю ярого приводить до збільшення урожайності зерна. За їх дослідженнями, у сорту Соснівський врожайність збільшилась на 0,42 т/га, а у сорту Сталкер на 0,38 т/га. Дослідження також свідчать і про те, що використання препаратів є енергетично та економічно доцільним (Musatov et al., 2011).

Передпосівна обробка насіння регуляторами росту також має позитивний вплив на подальше формування врожаю. Наукові дослідження встановили, що обробка насіння та оприскування посівів ярого ячменю в фазу куцання препаратами Епін-екстра, Циркон та Бішофіт відповідно сприяє прискоренню настання фенологічних фаз, а також скороченню тривалості вегетаційного періоду загалом порівняно з контролем. Також обробка цими препаратами сприяла збільшенню площі листової поверхні рослин, що привело до підвищення фотосинтетичного потенціалу посівів ярого ячменю та продуктивності фотосинтезу. Найкращі результати показав препарат Бішофіт, обробка проводилась одноразово в нормі 2 л/га (Korotkova et al., 2021).

Застосування регуляторів росту дозволяє значно зменшити кількість використання мінеральних добрив та пестицидів, які впливають на безпечність продукції. Відомо, що адаптація рослин до умов навколишнього середовища, зокрема й до несприятливих екологічних умов, супроводжується змінами метаболізму та участю

ферменту НАДФ. Багато в чому ефект цих препаратів залежить від періоду застосування (Tkachuk et al., 2018).

Ринок регуляторів росту рослин досить різноманітний, він представлений як хімічними сполуками, так і гуміновими препаратами, виділеними з природних речовин органічного походження. Кількість регуляторів росту, які широко застосовують у сільському господарстві, з кожним роком збільшується, але їхня роль у формуванні врожайності ще потребує детального вивчення. Зазначимо, що в країнах Європи досить мало препаратів, рекомендованих до застосування на зернових культурах.

За сучасних умов перспективними можуть бути технології, які передбачають внесення обґрунтованих доз мінеральних добрив разом із регуляторами росту рослин з антистресовою дією, що дасть змогу отримати оптимальний рівень врожаю (Koliuchoho et al., 2007; Svydnyuk et al., 2001). Потрібно також вивчати строки та фази застосування препаратів, їх норми внесення для обґрунтованого застосування під час вирощування ячменю ярого в умовах конкретної ґрунтово-кліматичної зони України.

Висновки. Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить про те, що ячмінь нині та в майбутньому є культурою світового землеробства багатовекторного використання. Україна входить до п'ятірки країн світу за виробництвом зерна ячменю. Ґрунтово-кліматичні умови дозволяють українським аграріям нарощувати виробничі потужності й бути конкурентоспроможними на світовому ринку.

Підвищення вартості енергоносіїв та добрив робить надзвичайно важливими питання оптимізації окремих складників технології вирощування ячменю ярого, одним із яких є вивчення комплексної дії та синергізму від внесення мінеральних добрив та регуляторів росту рослин. Зростання частоти виявлення стресових факторів робить більш актуальним вивчення стабілізуючої ролі регуляторів росту з антистресовою дією.

Бібліографічні посилання:

1. Ajalli, J., & Salehi, M. (2012). Evaluation of drought stress indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Annals of Biological Research*, 3(12), 5515–5520.
2. Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T. & Stellacci, A. M. (2010). Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crop Research*, 115, 179–190.
3. Artemieva, K. S. (2015). Efektyvnist pozakorenyvykh pidzhyvlen ridkymu orhano-mineralnymu dobyvamy posiviv yachmeniu yaroho [Effectiveness of foliar fertilisation with liquid organo-mineral fertilisers of spring barley crops]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*, 83, 110–113 (in Ukrainian).
4. Artemieva, K. S. (2017) Zastosuvannya KAS ta ridkykh orhano-mineralnykh dobryv na yii osnovi dlia pidzhyvlennia yachmeniu yaroho na chornozemi typovomu [Application of Kas and liquid organo-mineral fertilisers on its basis for spring barley fertilisation on typical black soil]. *Naukove zabezpechennia innovatsiinoho rozvytku ahropromyslovoho kompleksu v umovakh zmin klimatu: mizhnar. Nauk.- prakt. Konf. Molodykh vchenykh i spetsialistiv (Dnipro, kviten 2017)*. Dnipro, 72–74 (in Ukrainian).
5. Avramenko, S. V. (2016). Elementy udobrennia yachmeniu yarohota in [Fertiliser elements for spring barley]. *Propozytsiia*, 3, 82–87 (in Ukrainian).
6. Badr, A., Müller, K. & Schäfer-Pregl, R. (2000). On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17, 499–510. doi: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330
7. Bailey-Serres, J., Parker, J. E., Ainsworth, E.A., Oldroyd, G. E. D., & Schroeder, J. I. (2019). Genetic strategies for improving crop yields. *Nature*, 575, 109–118. doi: 10.1038/s41586-019-1679-0
8. Barret, R. D., & Schluter, D. (2008). Adaptation from standing genetic variation. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(1), 38. doi: 10.1016/j.tree.2007.09.008
9. Bilitiuk, A. P. (2007). Biologizatsiia, tekhnolohiia – zasib pidvyshchennia urozhainosti yakosti zerna [Biologisation of technology as a means of increasing grain yields and quality]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*, 3, 10–13 (in Ukrainian).

10. Blake, T., Blake, V.C., & Bowman, J. G. P. (2011). Barley Feed Uses and Quality Improvement. *Barley: Production, Improvement, and Uses*, 522. doi: 10.1002/9780470958636.ch16
11. Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*, 9, 306. doi: 10.3390/agronomy9060306
12. Buriak, Yu. I., & Chernobab, O. V. (2008). Rehulatory rostu roslyn – vazhlyvyi element suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia zernovykh kolosovykh kultur. *Stan ta perspektyvy rozvytku nasinnnytstva v Ukraini*, Kyiv, 196–200. doi: 10.30835/2413-7510.2023.283646
13. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–4. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8
14. Cherchel, V. Yu., Aldoshyn, A. V., & Liashchenko, O. I. (2014). Yachmin–stan vyrobnytstva, novi sorty i mozhlyvosti [Barley – production status, new varieties and opportunities]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 6, 42–47 (in Ukrainian).
15. Cherenkov, A. V. (2011). Tekhnolohichni zakhody pidvyshchennia produktyvnosti bahatoriadnykh sortiv yachmeniu yaroho v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Technological measures to increase the productivity of multi-row spring barley varieties in the northern Steppe of Ukraine]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva Stepovoi zony NAAN Ukrainy*. Dnipropetrovsk, 65–68 (in Ukrainian).
16. Cheriachukin, M., Andriienko, O., & Hryhorieva, O. (2011). Rehulatory rostu roslyn [Plant growth regulators]. *Ahrobiznes sohodni*, 5 (204), 34–35 (in Ukrainian).
17. Davydchuk, M. I., Kravchenko, O. V., & Voronyi, O. O. (2012). Vplyv mineralnykh dobryv na produktyvnist i yakist yachmeniu [Effect of mineral fertilisers on barley productivity and quality]. *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnogo universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu «Kyievo-Mohylianska akademii»*. (Serii: Ekolohiia). Kyiv, 179, (167), 76–77 (in Ukrainian).
18. Demydov, O., & Hudzenko, V. (2017). Yachmin yaryi: realizatsiia potentsialu produktyvnosti [Spring barley: realising productivity potential]. *Propozytsiia*, 2, 66–69 (in Ukrainian).
19. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine]. Kyiv, 2023 (in Ukrainian).
20. Dinnes, D. L., Karlen, D. L., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., & Gambardella, C. A. (2002). Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agronomy Journal*, 94, 153–171. doi: 10.2134/agronj2002.0153
21. Dmytrashak, M. Ya., & Fil, T. P. (2017). Urozhainist yachmeniu yaroho zalezho vid zastosuvannia stymulatoriv rostu [Spring barley yield depending on the use of growth stimulants]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 4 (in Ukrainian).
22. Dockter, C., & Hansson, M. (2015). Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*, 12, 3499–3509. doi: 10.1093/jxb/eru521.
23. Dubovyk, O. O., & Kostromitin, V. M. (2012). Urozhainist sortiv yachmeniu yaroho v zalezhnosti vid doz mineralnykh dobryv. [Yield of spring barley varieties depending on the doses of mineral fertilisers]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*, 12, 65–69 (in Ukrainian).
24. Farahani, S. M., Chaichi, M. R., Mazaheri, D., Afshari, R. T., & Savaghebi, G. (2011). Barley grain mineral analysis as affected by different fertilizing systems and by drought stress. *Journal Agriculture Science & Technology*, 13(3), 315–326.
25. Gardner, J.B., & Drinkwater, L.E. (2009). The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of 15N field experiments. *Ecol Appl.*, 19, 2167–2184. doi: 10.1890/08-1122.1
26. Górski, T., Kozyra, J., & Doroszewski, A. (2008). Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions – case studies. In: Liszewski (ed.) *The influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions*. Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, 35–49.
27. Hamaiunova, V. V. & Kasatkina, T. O. (2018). Perspektyvy ta osoblyvosti vyroshchuvannia yachmeniu yaroho na Pivdni Ukrainy [Erspective is that the particularity of the barley is vivid on the countryside]. *Naukovi horyzonty*, 7–8 (70), 131–138. doi: 10.33249/2663-2144-2018-70-7-8-131-138 (in Ukrainian).
28. Hejzman, M., Berková, M., & Kunzová, E. (2013). Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. *Plant, Soil and Environment*, 59(7), 329–334. doi: 10.17221/159/2013-PSE
29. Horash, O. S. (2006). Vplyv norm vysivu, mineralnoho udobrennia na rist i rozvytok yachmeniu [Effect of seeding rates and mineral fertilisation on barley growth and development]. *Visnyk ahraryi nauky*. Kyiv, 9, 32–35 (in Ukrainian).
30. Hordiienko, V. P., & Bodnia, V. I. (2005). Vplyv tryvaloho zastosuvannia riznykh system udobrennia y obrobitku gruntu v sivozmini na urozhainist yaroho yachmeniu [Influence of prolonged use of different fertilizer systems and tillage in crop rotation on spring barley yield]. *Naukovi pratsi Poltavskoi derzhavnoi ahraryi akademii*, 4 (23), 94–100 (in Ukrainian).
31. Hospodarenko, H. M., Stasinievych, O. Yu., & Prokopenko, E.V. (2015). Vrozhainist zerna yachmeniu yaroho za tryvaloho zastosuvannia dobryv u polovii sivozmini [Grain yield of spring barley under long-term use of fertilisers in field crop rotation]. *Vestnyk Umanskoho natsyonalnoho unyversyteta sadovodstva*, 1, 3–6 (in Ukrainian).
32. Hyrka, A. D., Hyrka, T. V., Kulyk, I. O., & Andreichenko, O. H. (2012). Vplyv systemy mineralnoho zhyvlennia na vrozhainist vivsa i yachmeniu yaroho v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Influence of mineral nutrition system on the yield of oats and spring barley in the northern Steppe of Ukraine]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, (3), 28–33 (in Ukrainian).
33. Hyrka, A. D., Sydorenko, Y. Y., Iliencko, O. V. & Hyrka, T. V. (2011). Realizatsiia potentsialu produktyvnosti suchasnykh sortiv yachmeniu yaroho v umovakh zminy klimatu [Realising the productivity potential of modern spring barley varieties in the face of climate change]. *Biuleten Instytutu Zernovoho Hospodarstva NAAN Ukrainy*, 40, 114–119 (in Ukrainian).

34. Ingvorsen, C. H. (2014). *Climate Change Effects on Plant Ecosystems—Genetic Resources for Future Barley Breeding*. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.
35. Kalenska, S.M., Dmytryshak, M.Ia., & Demydas, H.I. (2013). *Roslynnnytstvo z osnovamy kormovyrobnytstva*. Pidruchnyk. Vinnytsia. TOV «Nilan-LTD», [Crop production with the basics of forage production]: Pidruchnyk. Vinnytsia: TOV «Nilan LTD». 650, (in Ukrainian).
36. Kalenska, S. M. & Tokar, B. Yu. (2015). *Urozhainist yachmeniu yarooho zalezchno vid rivnia mineralnoho zhyvlennia [Spring barley yield depending on the level of mineral nutrition]*. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv, 23, 30–33 (in Ukrainian).
37. Kalenska, S. M., Kholodchenko, R. M., & Tokar, B. Yu. (2015). *Vplyv mineralnykh dobryv ta retardantnoho zakhystu na urozhainist yachmeniu yarooho pyvovarnoho [Influence of mineral fertilisers and retardant protection on the yield of spring malting barley]*. Ahrobiolohiia, 1, 56–59 (in Ukrainian).
38. Kaminska, V. V., Dudka, O. F., & Mushyk, B. V. (2016). *Produktyvnist yachmeniu yarooho za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia [Productivity of spring barley under different cultivation technologies]*. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN, 3–4, 114–122 (in Ukrainian).
39. Kamynskyi, V. F. & Saiko, V. F. (2014). *Stratehiia optymizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv v ahropromyslovomu vyrobnytstvi v Ukraini v konteksti svitovoho stabilnoho rozvytku. Visnyk ahraryi nauky [Strategy for optimising the use of land resources in agricultural production in Ukraine in the context of global development]*, 3, 5–10 (in Ukrainian).
40. Klopota, T. V. (2012). *Vplyv normy mineralnykh dobryv na urozhainist yachmeniu yarooho [Effect of mineral fertiliser rate on spring barley yield]: Materialy studentskoi naukovoï konferentsii. Poltava, 42–44 (in Ukrainian)*.
41. Kochmarovskyi, V. S., Hudzenko, V. Ia., & Kavunets, V. P. (2010). *Suchasni sorty vitczyznianoï selektsii – osnova stabilizatsii vyrobnytstva zerna yachmeniu [Modern varieties of domestic breeding are the basis for stabilising barley grain production]*. Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti, 9, 120–132 (in Ukrainian).
42. Kolisnyk, O. M. (2020). *Vplyv pozakorenevykh pidzhyvlen na zernovu produktyvnist yachmeniu yarooho [Effect of foliar fertilisation on grain productivity of spring barley]*. In: International scientific and practical conference «Application of innovation technologies in agronomy», 03-04 June 2020 j, VNAU, Vinnytsia, 10 (in Ukrainian).
43. Koliuchyi, V. T. & Vlasenko, V. A. (2007). *Selektsiia, nasynnytstvo i tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kolosovykh kultur u Lisostepu Ukrainy [Breeding, seed production and cultivation technologies of cereal spiked crops in the Forest-Steppe of Ukraine]*. Ahrarya nauka, Kyiv, 800 (in Ukrainian).
44. Kopecky, V., Natr, L., Pesik, J., Zemanek, M., & Zenisceva, L. (1975). *Fiziologska charakteristika a odrudova technologia pestovani vysoce vynosnykh odrud jarnigo jecmene a ozime pcanice, Roslinna vyroba (Praha), 21(8)*.
45. Korotkova, I. V., Gorobets, M. V., & Chaika, T. O. (2021). *Influence of growth stimulants on productivity of spring barley varieties. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 2, 20–30. doi: 10.31210/visnyk2021.02.02*
46. Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., & Zaika, O. V. (2007). *Zakonomirnosti proiavu hospodarskotsinnykh oznak u sortiv ta hibrydiv yarooho yachmeniu [Patterns of manifestation of economic traits in varieties and hybrids of spring barley]*. Tavriiskyi naukovyi zbirnyk Khersonskoho DAU, 55, 22–29 (in Ukrainian).
47. Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, O. H., Solonechnyi, P. M., Vazhenina, O. Ye., Solonechna, O. V., & Shevchenko, H. S. (2014). *Sorty yachmeniu yarooho dlia suchasnoho silskohospodarskoho vyrobnytstva [Spring barley varieties for modern agricultural production]*. Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti, 17, 97–103 (in Ukrainian).
48. Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, O. H., Solonechnyi, P. M., Vazhenina, O. Ye., Solonechna, O. V. & Zymohliad, O. V. (2016). *Sortovyprobuvannia novykh sortiv yachmeniu yarooho selektsii Instytutu roslynnnytstva im. V.Ia Yurieva NAAN [Variety trials of new varieties of spring barley selected by the V.Yuriev Institute of Plant Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine]*. Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti, 20, 130–140 (in Ukrainian).
49. Kozyra, J., Doroszewski, A., & Nieróbca, A. (2009). *Climate change and its expected impact on agriculture in Poland. 2009. Studia i Raporty IUNG-PIB, 14, 243–257.*
50. Kucher, L. I., & Radets, P. V. (2022). *Otsinka Posukhostiikosti Sortiv yachmeniu yarooho [Evaluation of drought tolerance in spring barley varieties]*. Naukovi chytannia do 85-richchia vid dnia narodzhennia V. H Vyrovtsia, 133 (in Ukrainian).
51. Kurepin, L., Zaman, M., & Phari, R.P. (2014). *Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. J. Sci. Food Agric., 94, 1715–1722. doi: 10.1002/jsfa.6545*
52. Kuvshynova, A. O., Beskrovna, A. O., Malitskyi, R. R., & Hamaiunova V. V. (2018). *Znachennia suchasnykh biopreparativ u formi vrozhaïu zerna sortiv yachmeniu ozymoho na pivdni Ukrainy [The importance of modern biological products in the formation of grain yield of winter barley varieties in the South of Ukraine]*. Efektyvne funktsionuvannia ekolohichnostabilnykh terytorii u konteksti stratehii stiikoho rozvytku: ahroekolohichni, sotsialnyi ta ekonomichni aspekty: zbirnyk materialiv II mizhnar. nauk. – prakt. inter. – konf. (m. Poltava. 28 lyst. 2018 r.), Poltava, 95 –97 (in Ukrainian).
53. Len, O. I. (2008). *Efektyvnist tekhnolohii vyroshchuvannia yachmeniu yarooho v umovakh skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of spring barley cultivation technology in the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine]*. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahraryi akademii. Poltava, 1, 159–161 (in Ukrainian).
54. Lialichkin, O. A. (2011). *Vplyv biopreparativ ta dobryv na vrozhainist ta yakist zerna yachmeniu [Impact of biological products and fertilisers on barley yield and quality]*. Dosiahnennia nauky i tekhniky APK, 8, 29–31 (in Ukrainian).
55. Linchevskyi, A. & Lehkun, I. (2020) *Nove stavlennia do kultury yachmeniu i selektsiia v umovakh zminy klimatu [New attitude to barley culture and breeding in the face of climate change]*. Visnyk ahraryi nauky, 98(9), 34–42 (in Ukrainian).

56. Linchevskiy, A. A., Lehkun, I.B., Babash, A. B., & Shcherbyna, Z. V. (2017) Priorytety v selektsii yachmeniu (*Hordeum vulgare* L.) dlia suchasnykh umov vyrobnytstva zerna v Ukraini [Priorities in barley (*Hordeum vulgare* L.) breeding for modern grain production in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS, 30(70), 23–39 (in Ukrainian).
57. Liszewska, M., & Osuch, M., (1997). Assessment of impact of global climate change simulated by the ECHAM/LSG general circulation model onto hydrological regime of three Polish catchments. *Acta Geophysica Polonica*, 45(4), 363–386.
58. López-Castañeda, C. & Richards, R. (1994). Variation in temperate cereals in rainfed environments I. Grain yield, biomass and agronomic characteristics. *Field Crop. Res.* 37, 51–62.
59. Lykhochvor, V., Potopliak, O., Bomba, M., Dudar, I., Lytvyn, O., & Dudar, O. (2015). Urozhainist ta bioenerhetychna otsinka vyroshchuvannya yachmeniu yarohto zalezno vid udobrennia ta zakhystu roslyn vid khvorob [Yield and bioenergy assessment of spring barley cultivation depending on fertilisation and plant protection against diseases]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Ahronomiia*, 19, 44–48 (in Ukrainian).
60. Lytvynenko, M. A. & Rybalka, O. I. (2007). Zernovi kultury. Stan ta perspektyvy stvorennia novykh sortiv i hibrydiv u naukovykh ustanovakh UAAN [Cereal crops. The state and prospects of creating new varieties and hybrids in the scientific institutions of the UAAS]. *Nasynnytstvo*, 1, 3–6 (in Ukrainian).
61. Manschadi, A. M., Christopher, J., Devoil, P., & Hammer, G. (2006). The role of root architectural traits in adaptation of wheat to waterlimited environments. *Funct. Plant Biol*, 33, 823–837.
62. Markov, I., Dmytryshak, M. & Mokriienko, V. (2011). Yaryi yachmin [Spring barley] U kn. Suchasni tekhnologii APK. Vyroshchuvannya osnovnykh silskohospodarskykh kultur. K, TOV «Vydavnychi dim «Impers – Media», 32–55 (in Ukrainian).
63. Matysiak, K., & Adamczewski, K. (2006). Influence of bioregulator Kelpak on yield of cereals and other crops. *Prog. Plant Prot.*, 46(2), 102–110.
64. Menziak, K. O. (2015). Vyroshchuvannya yarohto yachmeniu v Ukraini ta sviti [Growing spring barley in Ukraine and the world]. *Visnyk SNT NNI biznesu i menedzhmentu KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 164–165 (in Ukrainian).
65. Musatov, A. H., Hryhorieva, O. M., & Hryhorieva, T. M. (2011). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist zastosuvannya mikrobnnykh preparativ pry vyroshchuvanni yachmeniu yarohto na chornozemakh zvychnykh [Economic and energy efficiency of microbial preparations application in spring barley cultivation on ordinary black soil]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. Dnipropetrovsk*, 1, 145–149 (in Ukrainian).
66. Nardi, S., Pizzeghello, D., & Schiavon, M. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci Agric*, 73(1), 18–23. doi: 10.1590/0103-9016-2015-0006.
67. Nogalska, A., Czaplak, J., & Skwierawska, M. (2011). The effect of mult-component fertilizers on spring barley yield, the content and uptake of macronutrients. *Polish Journal of Natural Science*, 4(4), 174–183. doi: 10.5601/jelem.2012.17.1.09
68. Nurminiemi, M., Madsen, S., Rognli, O. A., Bjørnstad, Å., & Ortiz, R. (2002) (Analysis of the genotype-by-environment interaction of spring barley tested in the Nordic Region of Europe: Relationships among stability statistics for grain yield. *Euphytica*, 127, 123–132.
69. Ostapchuk, M. O., Polishchuk, I. S., & Mazur, V. A. (2017). Mikrobiolohichni preparaty – skladova orhanichnoho zemlerobstva [Microbiological preparations – a component of organic farming Zemlerobstvo]. *Vinnytsia*, 7 (47), 11–16 (in Ukrainian).
70. Palamarchuk, V. D., Klymchuk, O. V., Polishchuk, I. S., Kolisnyk, O. M., & Borivskiy, A. F. (2010). Ekoloho-biolohichni ta tekhnolohichni pryntsyipy vyroshchuvannya polovykh kultur [Ecological, biological and technological principles of growing field crops]. *Navch. posibnyk, Vinnytsia*, 636 (in Ukrainian).
71. Petrychenko, V. F., Kornichuk, O. V., Romaniuk, V. I., & Romaniuk, V. O. (2019). Rozrobka ahrotekhnichnykh osnov vyroshchuvannya intensyvnnykh sortiv yachmeniu yarohto na kormovi tsili v umovakh Lisostep [Development of agrotechnical bases for growing intensive varieties of spring barley for fodder purposes in the forest-steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, (87), 3–8 (in Ukrainian).
72. Piperno, D. R., Weiss, E., Holst, I., & Nadel, D. (2004). Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature* 430, 670–673.
73. Polishchuk, M. I. & Polishchuk, A. M. (2019). Produktyvnyist yachmeniu yarohto zalezno vid pozakorenyevykh pidzhyvlen v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Productivity of spring barley depending on foliar fertilisation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe] In: *Zb. tez II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyly dlia aharnoi nauky ta osvity»*, 10–12 kvit. 2019 r./DU NMTs «Ahroosvita», Kyiv, Mykolaiv, Kherson, 200–201 (in Ukrainian).
74. Polovyi, V. M., Lukashchuk, L. I., & Lukianiuk, M. M. (2019). Vplyv zmin klimatu na rozvytok roslynnytstva v umovakh Zakhidnoho rehionu [The impact of climate change on the development of crop production in the Western region]. *Visnyk aharnoi nauky*, 9, 29–34 (in Ukrainian).
75. Polovyi, V. M., Tkach, Ye. D., Lukashchuk, L. Ya., Rovna, H. F., Huk, B. V., & Kurach, O. V. (2020). Produktyvnyist yachmeniu yarohto zalezno vid udobrennia ta vapnuvannya v umovakh Zakhidnoho Polissia [Spring barley productivity depending on fertilisation and liming in Western Polissya]. *Ahroekolohichni zhurnal*, (1), 83–90 (in Ukrainian).
76. Randahwa, P. S. & Arora, C. L. (2000). P and S interaction effect on dry matter yield and nutrient uptake by wheat. *Journal of indian society of soil science*, 48(3), 536–540.
77. Ren, B., Zhang, J. & Dong, S. (2017). Regulations of 6- Benzyladenine (6-BA) on Leaf Ultrastructure and Photosynthetic Characteristics of Waterlogged Summer Maize. *J Plant Growth Regul*, 36, 743–754. doi: 10.1007/s00344-017-9677-7

78. Sedlář, O., Balík, J., Kozlovský O., Peklová, L., & Kubešová, K. (2011). Impact of nitrogen fertilizer injection on grain yield and yield formation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant, Soil and Environment*, 57, 547–552. doi: 10.17221/429/2011-PSE
79. Shah, M.T., Zodape, S.T., & Chaudhary, D.R. (2013). Seaweed SAP as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *J Plant*, 36(2), 192–200. doi: 10.1080/01904167.2012.737886.
80. Shevchuk, O. V. (2013). Vplyv pisliadii riznykh system udobrennia na dynamiku vmistu azotu v grunti, roslynakh i zerni yachmeniu yaroho [Effect of aftereffects of different fertilisation systems on the dynamics of nitrogen content in soil, plants and grain of spring barley]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu imeni VV Dokuchaieva. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*, 1, 135–139 (in Ukrainian).
81. Shevchuk, V. K., & Doroshenko, O. L. (2000). Biostymulatory – proty khvorob [Bistimulants – against diseases] *Zakhyst roslyn*, 3, 7 (in Ukrainian).
82. Stolenko, N. A. (2015). Analiz vyrobnytstva yaroho yachmenia na Ukraini [Analysis of spring barley production in Ukraine]. *Visnyk SNT NNI biznesu i menedzhmentu KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 100–101 (in Ukrainian).
83. Svydnyuk, I. M., Yula, V. M., & Shmorhun, A. V. (2001). Efektyvnist vyroshchuvannia yarykh zernovykh kultur u pivnichnomu Lisostepu Ukrainy [Efficiency of growing spring cereals in the northern forest-steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva UAAN»*, Kyiv, 4, 73–75 (in Ukrainian).
84. Synytskyi, M. P. (2006). Ahrotekhnolohichni osnovy formuvannia produktyvnosti suchasnykh sortiv yaroho yachmeniu v pivnichnii pidzoni Stepu Ukrainy [Agrotechnological bases of formation of productivity of modern varieties of spring barley in the northern subzone of the Steppe of Ukraine]. *MP Synytskyi–Dnipropetrovsk* (in Ukrainian).
85. Szczepanek, M., & Grzybowski, K. (2016). Yield and Macronutrient Accumulation in Grain of Spring Wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.) as Affected by Biostimulant Application. *Adv. Crop. Sci. Tech.* 4(4), 228. doi: 10.4172/2329-8863.1000228
86. Tigre, W., Worku, W., & Haile, W. (2014). Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer levels on growth and development of barley (*Hordeum vulgare* L.) at Bore District, Southern Oromia, Ethiopia. *American Journal of Life Sciences*, 2(5), 260–266. doi: 10.11648/j.ajls.20140205.12
87. Tkachuk, S. O., Trusheva, S. S. & Oliinyk, O. O. (2018). Efektyvnist kompleksnoho zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn ta mikrodostryv pry vyroshchuvanni yachmeniu yaroho v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Efficiency of complex use of plant growth regulators and micro fertilizers in cultivation of spring barley under western foreststeppe conditions]. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky*, 2 (82), 79–87 (in Ukrainian).
88. Tokar, B. (2015). Produktyvnist yachmeniu yaroho pyvovarnoho zalezho vid udobrennia ta retardantnoho zakhystu [Productivity of spring malting barley depending on fertilisation and retardant protection]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2 (1), 440–445 (in Ukrainian).
89. Vakulenko, V. V. (2019). Pidvyshchymo vrozhaunist yachmeniu yaroho [Increase the yield of spring barley]. *AhroElita*, 2, 12 (in Ukrainian).
90. Vasylykivskyi, S. P., & Hudzenko, V.M. (2011). Otsinka adaptivnoho potentsialu yachmeniu yaroho za produktyvnoiu kushchystistiu [Assessment of spring barley adaptive potential for productive bushiness]. *Ahrobiolohiia*. 36. nauk, prats BTsNAU, 6 (86), 138–144 (in Ukrainian).
91. Viniukov, O. O., & Lohvinenko, Yu. V. (2018). Ahrobiolohichni pidbir sortiv yachmeniu yaroho za adaptivnymi oznakamy [Agribiological selection of spring barley varieties by adaptive traits]. *Seleksiia i nasynnytstvo*, 114, 38–50 (in Ukrainian).
92. Vlasiuk, O. S. (2017). Produktyvnist suchasnykh sortiv yachmeniu yaroho zalezho vid udobrennia ta pomy vysivu nasinnia [Productivity of modern spring barley varieties depending on fertilisation and seeding time]. *Kormy i kormov yrobnytstvo*, 84, 156–160 (in Ukrainian).
93. Vyslobodska, M., & Veha, N. (2017) Efektyvnist zastosuvannia dostryv pry vyroshchuvanni yaroho yachmeniu [Efficiency of fertiliser application in spring barley cultivation]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, 21, 177–181 (in Ukrainian).
94. Vyslobodska, M., Danyliuk, V., Bidna, L., & Vurdyk, P. (2013). Formuvannia urozhaunisti ta yakosti zerna yaroho yachmeniu zalezho vid rivnia mineralnoho zhyvlennia [The formation of the quality of the water is dependent on the nature of the mineral fertilisation]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, (17) (1), 166–170 (in Ukrainian).
95. Wilczewski, E., Szczepanek, M., Knapowski, T., & Rosa, E. (2014). The effect of dressing seed material with a humus preparation and foliar potassium fertilization on the yield and chemical composition of spring barley grain. *Acta Scientiarum. Polonorum*, 13(4), 153–162.
96. Yakhin, O.I., Lubyantov, A.A., & Yakhin, I.A. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci.* 7, 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049
97. Zaiets, S. O. (2018). Pidzhyvlennia ozymoho yachmeniu riznymy vydamy azotnykh dostryv [Fertilising winter barley with different types of nitrogen fertiliser]. *Ahronom*, 4, 76–78 (in Ukrainian).
98. Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P. & Shen, Y. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528. 51–59. doi: 10.1038/nature15743
99. Zohary, D., Hopf, M. & Ehud, W. (2012). *Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford, Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001
100. Zubets, M. V., Melnyk, U. F., Sutnyk, V. P., Luzan, U. Y., Bezyglii, M. D., Nesterach, V. G., Cherenkov, A. V., Gasanova, I. I., Dudchenko, V. V. & Vozegova, R. A. (2010). Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrainy [Scientific basis of agricultural production in the Steppe zone of Ukraine]. *Ahrarna nauka*, Kyiv, 986 (in Ukrainian).

Kubrak T. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Melnyk A. V., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The role of fertilizers and plant growth regulators under modern growing technology of spring barley in the conditions of the Left bank Forest-steppe of Ukraine

According to the world's cultivated areas and production volumes, barley belongs to the main grain crops and it is considered as one of the most resistant species to drought and alkaline soils, as well as it has the highest efficiency of water use compared to other grains. At the same time, it is less tolerant to acidic soils. This crop is considered one of the main ones in the highlands of Asia, where harsh winters and short summers are common.

In this research, a comprehensive review of barley grain production trends in the world and in Ukraine was carried out. An analysis of the varietal assortment and the use of fertilizers under modern growing technologies and climate changes was done.

Today, the world-sown areas of spring barley reach about 75 million hectares. It has high resistance to climatic changes during the growing season, which reduces the risk of low yields in unfavorable years. Spring barley is one of the key grain crops grown in Ukraine. Ukraine can be classified as one of the top five countries in the production of barley grain. Only EU countries and Australia produce more barley grains. The country can provide up to 20% of world production.

The State Register of Plant Varieties of Ukraine contains 177 varieties of spring barley, more than 60% of the total number are varieties of Ukrainian selection. Modern varieties under favorable conditions and the proper level of agrotechnical process can form to 8.0 tons or more of grain per hectare. This yield level is often obtained by research institutions and plant breeding stations.

The development and improvement of available spring barley cultivation technologies under modern conditions of climate change is currently the main priority area of agricultural production. For yield increasing, it is necessary to focus on creating favorable conditions that will facilitate the realization of crop potential.

From the analysis of modern scientific publications, it is obvious that barley is a multipurpose crop in the world agricultural production today and in the future. Ukraine is among the top five countries in the world in terms of barley grain production. Soil and climatic conditions are favorable for Ukrainian farmers' activity in increasing production capacity and in competing successfully on the world market.

The cost increase of energy carriers and fertilizers makes it extremely important to optimize individual components of spring barley cultivation technology. One of them is the study of the complex action and synergism of the application of mineral fertilizers and plant growth regulators. An increase in the detection frequency of stress factors significantly increases the research relevance into the stabilizing role of anti-stress growth regulators.

Key words: barley, production, varieties, technology, fertilizers, foliar application, yield capacity, quality.