

УДК 633.16:631.84:
631.811.98:581.132
© 2019

ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО*

В.І. Романюк

*Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН
просп. Юності, 16, м. Вінниця, 21100, Україна
e-mail: r_viktori@ukr.net*

Надійшла 20.12. 2018

**Науковий керівник — доктор сільськогосподарських наук,
академік НААН В.Ф. Петриченко*

Мета. Визначити вплив комплексного застосування доз азотних добрив та рістрегулюючих речовин на прояв характеру формування фотосинтетичної та зернової продуктивності різних сортів ячменю ярого в умовах Лісостепу правобережного. **Методи.** Застосовували загальнонаукові методи (діалектики, експерименту, аналізу та синтезу, метод гіпотез) і спеціальні, серед них: польовий — для вивчення взаємодії предмета досліджень з погодними умовами та прийомами технології вирощування; візуальний; вимірювальний та ваговий; кількісний; фізіологічний; метод суцільного поділянкового збирання — для визначення урожаю зерна ячменю ярого; лабораторний — для встановлення якісних характеристик ґрунту дослідної ділянки; дисперсійний, кореляційний і регресійний — для визначення вірогідності різниць між факторами, парних і множинних залежностей. **Результати.** Досліджено вплив комплексного застосування доз азотних добрив та регуляторів росту рослин на формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ячменю ярого сортів Набат та Вінницький 28. Установлено, що на варіантах досліді, де сформовано максимальні показники фотосинтетичної продуктивності (накопичення органічної речовини — 1045,9–1035,1 г/м², чиста продуктивність фотосинтезу — 5,5–5,9 г/м², уміст хлорофілів «a+b» — 2,29–2,14 мг/г сирової маси), спостерігається максимальна урожайність зерна культури. Найвищу врожайність зерна сорту Набат (6,39 т/га) та сорту Вінницький 28 (5,78 т/га) одержали на варіантах досліді, де на фосфорно-калійному фоні P₄₅K₄₅ вносили азотні добрива у дозі N₉₀ та морфорегулятор Терпал у фазі початок виходу у трубку, що більше відповідно на 2,21 т/га або 52,8% та 1,97 т/га або 51,7% порівняно з контролем (на ділянках без добрив та обробки посівів регулятором росту рослин). **Висновки.** Оптимізація технології вирощування ячменю ярого за рахунок збалансованої системи удобрення, а саме внесення азотних добрив у дозі N₉₀P₄₅K₄₅ та застосування регуляторів росту рослин (Біном або Терпал), забезпечує реалізацію генетичного потенціалу сортів Набат та Вінницький 28 на 60–70% та рівень урожайності зерна 6,39 і 5,78 т/га відповідно.

Ключові слова: ячмінь ярий, сорти, дози азотних добрив, регулятори росту рослин, фотосинтетична продуктивність, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>

Відомо, що ячмінь ярий належить до провідних зернофуражних культур в Україні і за показниками посівних площ та виробництва займає друге місце після пшениці озимої. За останні роки його площі сягають понад 1,6 млн га. У структурі посівних площ Лісостепу ячмінь ярий займає близько 6%, а в окремі роки, коли він є страховою культурою для озимих — 8–10% [1, 2].

На рівень нестабільності виробництва зерна ячменю ярого, окрім комплексу абіотичних факторів, вагомий вплив мають порушення у технології вирощування культури, що, в свою чергу, негативно впливає на ріст і розвиток кореневої системи, формування фотосинтетичного апарату рослин, а також на тривалість і ефективність його функціонування, істотно знижує продуктивність культури та погіршує якість її продукції [3, 4].

Дослідження свідчать, що в основі формування врожаю сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого, знаходяться процеси поглинання, пересування, розподілу метаболітів та засвоєння елементів мінерального живлення. Істотний вплив на перерозподіл асимілятів між органами рослини, змінюючи гормональний баланс, можуть здійснювати ретарданти. Основними особливостями їх дії є блокування синтезу гібереліну або утворення гормон-рецепторного комплексу, внаслідок чого зменшується інтенсивність лінійного росту стебла, його потовщення, посилення росту кореневої системи, перебудова характеру донорно-акцепторних відносин рослин. Відомо, що зміни росту і розвитку рослин за дії ретардантів пов'язані з їх впливом на окремі етапи метаболізму рослинних клітин, що викликає зміни в активності фотосинтетичного апарату, нуклеїново-білкового та вуглеводного обмінів, а також інших процесів у формуванні урожаю [5].

Таким чином, сучасні технології вирощування ячменю ярого мають створювати оптимальні умови для формування потужного фотосинтетичного апарату рослин і забезпечення тривалості його продуктивної роботи у часі.

Мета досліджень — визначити вплив комплексного застосування доз азотних добрив та ристрегулюючих речовин на прояв характеру формування фотосинтетичної та зернової продуктивності різних

сортів ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного.

Методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2009–2011 рр. в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах із вмістом гумусу 2,2%. Передбачалося вивчення дії та взаємодії 3-х факторів: А — сорти Набат, Вінницький 28; В — дози азотних добрив N_{45} , N_{60} , N_{90} ; С — регулятори росту рослин Терпал, Біном. Добрива вносили навесні перед культивуацією. Ретардант застосовували у фазу початку виходу в трубку.

Під час проведення досліджень керувалися методикою польового досліду [6]. Показники фотосинтетичної продуктивності визначали за відповідними методиками [7, 8].

Результати досліджень. Процес фотосинтезу, в результаті якого створюється органічна речовина, привертає до себе все більшу увагу багатьох дослідників. Аналіз наукових літературних джерел вітчизняних та зарубіжних вчених свідчить, що зростання продуктивності посівів сільськогосподарських культур, у першу чергу, пов'язаний із підвищенням активності та ефективності роботи асиміляційного апарату рослин [11]. Останніми роками інтенсивно вивчають питання взаємозв'язку зернової продуктивності зі структурною організацією, ефективністю роботи й механізмами захисту фотосинтетичного апарату як на рівні первинних процесів фотосинтезу [9] так і на рівні ценотичних взаємин [10].

Слід зазначити, що важливим елементом технології вирощування, який впливає на формування та тривалість активного функціонування площі листової поверхні, є система удобрення. Під її впливом посилюються обмінні процеси в рослинах, інтенсифікується процес фотосинтезу, завдяки цьому при внесенні азотних добрив рослини мають збільшену площу асиміляційної поверхні, що впливає на засвоєння поживних речовин та підвищення продуктивності посівів [12].

Установлено, що внесення азотних добрив у дозі N_{45-90} на фосфорно-калійному фоні $P_{45}K_{45}$ сприяло збільшенню асиміляційної поверхні ячменю ярого різних сортів порівняно з контрольним варіантом. У фазу колосіння (де фіксували максимальне формування

Максимальні показники фотосинтетичної продуктивності ячменю ярого сорту Набат залежно від доз азотних добрив та регуляторів росту рослин (у середньому за 2009–2011 рр.), *M±m

Регулятор росту рослин	Удобрення	Площі листової поверхні, тис. м ² /га	ФП, млн м ² ·днів/га	ЧПФ, г/м ² за добу	Накопичення органічної речовини, г/м ²	Уміст хлорофілу «a+b», мг/г сирової маси
		колосіння	молочно-воскової стиглості	кущення — вихід в трубку	молочно-воскової стиглості	вихід в трубку
Без PPP	Без добрив	47,7±0,6	1,946	4,1	603,1±1,8	1,59
	P ₄₅ K ₄₅	47,9±0,6	1,969	4,2	604,3±2,2	1,71
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	51,5±0,5	2,304	4,9	907,6±2,5	1,73
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	53,7±0,9	2,482	5,1	981,9±2,7	1,77
	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	55,3±0,3	2,749	5,0	1020,3±2,5	1,87
Біном	Без добрив	47,2±0,6	1,965	4,5	618,7±2,2	1,73
	P ₄₅ K ₄₅	47,4±0,6	2,027	4,6	620,2±2,1	1,76
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	50,9±0,4	2,330	5,3	925,1±3,2	1,80
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	53,1±0,9	2,586	5,6	997,2±1,9	1,89
	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	54,4±0,6	2,822	5,4	1035,8±3,8	2,02
Терпал	Без добрив	46,0±0,6	1,960	4,7	628,5±5,0	1,83
	P ₄₅ K ₄₅	46,1±0,5	2,015	4,7	630,2±4,1	1,93
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	49,7±0,4	2,324	5,4	934,7±3,6	2,04
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	51,7±0,9	2,534	5,9	1005,4±2,9	2,22
	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	53,2±0,5	2,784	5,8	1045,9±4,3	2,29

Примітка. *M±m — довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості.

асиміляційної поверхні) у сорту Набат унесення азотних добрив у дозі N₄₅ збільшувало площу листків на 3,8 тис.м²/га, у дозі N₆₀ — на 6 та у дозі N₉₀ — на 7,6, у сорту Вінницький 28 відповідно — на 3,9; 5,8 та 7 тис. м²/га, за абсолютних показників у контролі 47,7 та 46,9 тис. м²/га відповідно (таблиця).

Оскільки ретарданти блокують синтез чи рецепцію гіберелінів і, як наслідок, гальмують надмірний ріст вегетативних органів, то інгібуюча дія ретардантів на фотосинтетичну продуктивність реалізується через зміни на рівні організації фотосинтетичного апарату — формування сумарної листової поверхні рослин [13].

Дослідженнями підтверджено виявлені залежності впливу рістрегулюючих препаратів на формування показників площі листової поверхні. Встановлено, що обробка посівів ячменю ярого регуляторами росту рослин Біном або Терпал інгібувала формування асиміляційної поверхні у рослин ячменю ярого. Застосування Біному у середньому по досліді зменшувало площу листків у сорту Набат на 0,3–0,9 тис.м²/га,

у сорту Вінницький 28 на 0,3–0,6 тис.м²/га порівняно з варіантами без унесення регулятора росту. При застосуванні Терпалу площа листя зменшувалась відповідно на 1,0–2,1 та 1,0–1,7 тис.м²/га. Хоча зазначені показники є несуттєвими на 5-відсотковому рівні значущості.

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) і площа листової поверхні рослин тісно пов'язані між собою. Дослідженнями встановлено, що максимальні показники фотосинтетичного потенціалу у сорту Набат (2,784–2,822 млн м²·днів/га) були у фазі молочно-воскової стиглості на варіантах досліді, де вносили азотні добрива у дозі N₉₀ на фосфорно-калійному фоні та проводили обприскування посівів регулятором росту рослин Біном або Терпал на початку фази вихід у трубку. Одержані дані більші на 1,220–1,143 млн м²·днів/га порівняно з мінімальним значенням цього показника у досліді (1,946 млн м²·днів/га), зафіксованим на контролі, де не проводили обробки.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу відзначено тісний зв'язок між внесенням азотних добрив та показником

фотосинтетичного потенціалу. Коефіцієнт кореляції r для сортів Набат та Вінницький 28 становив відповідно 0,997 та 0,998. Застосування морфорегуляторів Біному та Терпалу також позитивно впливало на коефіцієнти кореляції, що становили для сортів Набат — 0,916–0,967, Вінницький 28 — 0,838–0,999.

Виявлено залежність показників фотосинтетичного потенціалу від поєднання організованих чинників. Зазначену залежність можна описати наступними рівняннями регресії для сортів:

Набат — $y=98,648x-186,3$;

Вінницький 28 — $y=107,27x-184,16$,

де y — фотосинтетичний потенціал, $\text{млн м}^2 \cdot \text{днів/га}$; x — дози азотних добрив. Відповідно коефіцієнт множинної кореляції становить $R=0,990-0,992$; множинний коефіцієнт детермінації $R^2=0,981-0,984$.

Ефективність листового апарату рослин визначається чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). Вже досліджено, що у зернобобових культур формування показників ЧПФ має синусоїдний характер. За аналізу динаміки показників ЧПФ ячменю ярого упродовж 2009–2011 рр. встановлено, що вони мають зворотну залежність: від сходів до виходу в трубку ці показники зростають, досягаючи своїх абсолютних максимумів (5,3–5,8 г/м^2 за добу), а потім поступово зменшуються до фази молочно-воскової стиглості (2,1–2,0 г/м^2 за добу).

Установлена залежність пояснюється тим, що від повних сходів до початку виходу в трубку відбувається інтенсивне наростання їх біомаси, адже формується основна маса вегетативних органів, крім того, площа листової поверхні ще незначна і взаємне затінення рослин фактично відсутнє, тому інтенсивність проходження фотосинтезу в листках нижнього і верхнього ярусів майже однакова. Аналогічну залежність виявили у дослідженнях, проведених Селекційно-генетичним інститутом — НЦНС НААН [14].

Найвищі показники динаміки ЧПФ спостерігали у період кущення — вихід у трубку у сорту Набат (5,9–5,6 г/м^2 за добу), що перевищувало контроль на 1,8–1,5 г/м^2 за добу на варіанті, де вносили азотні добрива у дозі N_{60} на фосфорно-калійному фоні та застосовували Терпал або Біном. Дещо нижчим

даний показник був у сорту Вінницький 28 — 5,5–5,4 г/м^2 за добу, що більше на 1,6–1,5 г/м^2 за добу від контролю.

На основі дисперсійного аналізу встановлено, що внесення азотних добрив створювало сприятливі умови на початкових етапах органогенезу і сприяло інтенсивному наростанню біомаси та в подальшому мало вплив (15,59%) на синтез органічної речовини посівами ячменю ярого та збільшення показника ЧПФ. Частка впливу від застосування морфорегуляторів становила лише 12,77%. Вплив сорту та гідротермічних умов на показник ЧПФ відповідно становив 3,4 та 48,63%.

Поряд із цим відзначено, що внесення азотних добрив у дозі N_{45-90} та обробка посівів морфорегуляторами Біном або Терпал позитивно впливала на формування показника накопичення органічної речовини. Максимальні показники відзначено у фазі молочно-воскової стиглості і становили відповідно у сортів: Набат — 907,6–1045,9 г/м^2 , Вінницький 28 — 894,2–1035,1 г/м^2 . У цьому варіанті досліді вставлено і максимальні значення концентрації хлорофілу «a+b» в листках ячменю ярого. У сортів Набат показник сумарного хлорофілу «a+b» становив 2,22 мг/г сирової маси, Вінницький 28 — 2,14 мг/г сирової маси.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено сильний позитивний зв'язок між накопиченням органічної речовини та дозою азотних добрив. Для сорту Набат він становить $r=0,995$ та для Вінницького 28 $r=0,881$.

Свідченням високої ефективності комплексного застосування азотних добрив та обробки посівів у фазу вихід у трубку морфорегуляторами є не лише збільшення показників фотосинтетичної продуктивності, а й рівня врожайності зерна різних сортів культури. Проведені дослідження показують, що на варіантах, де зафіксовано максимальні показники фотосинтетичної продуктивності, спостерігається і максимальна урожайність зерна ячменю ярого. Максимальну врожайність зерна у сорту Набат — 6,39 т/га і дещо нижчу у сорту Вінницький 28 — 5,78 т/га одержали за внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та застосування морфорегулятора Терпал, що більше відповідно на 2,21 та 1,97 т/га за контроль (без обробок).

Установлено, що зі збільшенням дози азотних добрив на фосфорно-калійному фоні, підвищувалась й урожайність зерна ячменю: при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ — на 0,9–1,6 т/га, $N_{60}P_{45}K_{45}$ — 1,26–1,3 та $N_{90}P_{45}K_{45}$ — 1,48–1,57 т/га.

Також на підвищення рівня врожайності зерна впливало і застосування регуляторів

росту рослин. Терпал на фоні посилення азотного живлення мав кращий вплив на приріст урожаю у сортів: Набат — у межах 0,36–2,21 т/га, або 8,61–52,87%; Вінницький 28 — 0,42–1,97 т/га, або 11,02–51,71%. Децю нижчими були дані у разі застосування Біному — 0,20–1,87 т/га, або 4,78–44,74% та 0,29–1,87 т/га, або 7,61–49,08% відповідно.

Висновки

Оптимізація мінерального живлення за рахунок унесення азотних добрив у дозі N_{45-90} та застосування регулятора росту Терпал підвищувала інтенсивність процесу фотосинтезу та використання фотосинтетично активної радіації. Максимальні показники фотосинтетичної продуктивності формувалися в різні фази й періоди росту та розвитку ячменю ярого. Максимальна площа листкової поверхні сформувалась у фазу колосіння і становила у сортів: Набат — 46,0–55,3, Вінницький 28 — 45,3–53,9 тис. м²/га; максимальні показники ЧПФ (у період кущення — вихід в трубку) та ФПП (у фазу молочно-воскової стиглості) відповідно

становили у сортів: Набат — 4,1–5,9 г/м² за добу і 1,946–2,822 млн м² · днів/га, Вінницький 28 — 3,9–5,5 г/м² за добу і 1,804–2,542 млн м² · днів/га; показник органічної речовини у фазу молочно-воскової стиглості — 603,1–1045,9 та 594,1–1035,1 г/м².

Отже, оптимізація технології вирощування ячменю ярого за рахунок збалансованої системи удобрення, а саме внесення азотних добрив у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та застосування регуляторів росту рослин (Біном або Терпал) забезпечує реалізацію генетичного потенціалу сортів Вінницький 28 і Набат на 60–70% та рівень урожайності зерна — 5,78 і 6,39 т/га відповідно.

Романюк В.И.

Институт кормов и сельского хозяйства
Подолья НААН, просп. Юности, 16, г. Винница,
21100, Украина; e-mail: r_viktori@ukr.net

Фотосинтетическая производительность ячменя ярого в условиях Лесостепи Право- бережной

Цель. Определить влияние комплексного применения доз азотных удобрений и рострегулирующих веществ на проявление характера формирования фотосинтетической и зерновой продуктивности различных сортов ячменя ярого в условиях Лесостепи Правобережной. **Методы.** Применяли общенаучные методы (диалектики, эксперимента, анализа и синтеза, метод гипотез) и специальные: полевой — для изучения взаимодействия предмета исследований с погодными условиями и приемами технологии выращивания; визуальный; измерительный и весовой; количественный; физиологический; лабораторный — для установления качественных характеристик почвы опытного участка; дисперсионный, корреляционный и регрессионный — для определения достоверности различий между факторами, парных и множественных зависимостей. **Результаты.** Исследовано влияние комплексного

применения доз азотных удобрений и регуляторов роста растений на формирование фотосинтетической и семенной продуктивности ячменя ярого сортов Набат и Винницкий 28. Отмечено, что на вариантах опыта, где сформированы максимальные показатели фотосинтетической продуктивности, в частности накопления органического вещества (1045,9–1035,1 г/м²), чистая продуктивность фотосинтеза (5,5–5,9 г/м²), содержание хлорофиллов «a+b» (2,29–2,14 мг/г сырой массы), наблюдается максимальная урожайность зерна культуры. Самую высокую урожайность зерна сорта Набат (6,39 т/га) и сорта Винницкий 28 (5,78 т/га) получили на вариантах опыта, где на фосфорно-калийном фоне $P_{45}K_{45}$ вносили азотные удобрения в дозе N_{90} и морфорегулятор Терпал в фазе начала выхода в трубку, что больше соответственно на 2,21 т/га, или 52,8% и 1,97 т/га, или 51,7% по сравнению с контролем (на участках без удобрений и обработки посевов регулятором роста растений). **Выводы.** Оптимизация технологии выращивания ячменя ярого за счет сбалансированной системы удобрения, а именно внесение азотных удобрений в дозе $N_{90}P_{45}K_{45}$ и применение регуляторов роста растений (Бином или Терпал), обеспечивает реализацию генетического потенциала сортов Набат

и Винницький 28 на 60–70% и уровень урожайности зерна — 6,39 и 5,78 т/га соответственно.

Ключевые слова: ячмень яровой, сорта, дозы азотных удобрений, регуляторы роста растений, фотосинтетическая производительность, урожайность.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>

Romaniuk V.

Institute of forages and agriculture of Podillia of NAAS, Yunosti avenue, 16, Vinnytsia, 21100, Ukraine; e-mail: r_viktori@ukr.net

Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank

The purpose. To determine influence of complex application of doses of nitric fertilizers and growth regulating substances on display of character of formation of photosynthetic and grain efficiency of different varieties of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. **Methods.** Applied general scientific methods (dialectics, experiment, analysis and synthesis, method of hypotheses), and special: field - for studying interaction of subject of researches with weather conditions and receptions of technology of cultivation; visual; measuring and weight; quantitative; physiological; laboratory — for establishment of qualitative characteristics of soil of test plot; dispersive, correlation and regression — for determination of reliability of distinctions between factors, pair and plural dependences.

Results. Influence of complex application of doses

of nitric fertilizers and regulators of growth of plants on formation of photosynthetic and seed efficiency of summer barley of varieties Nabat and Vinnitskiy 28 is investigated. It is noted that in variants of experiment with maximal parameters of photosynthetic efficiency, in particular accumulation of organic substance (1045,9–1035,1 g/m²), pure efficiency of photosynthesis (5,5–5,9 g/m²), content of chlorophylls «a+b» (2,29–2,14 mg/g of crude weight), it is observed the maximal productivity of grain of culture. The highest productivity of grain for varieties Nabat (6,39 t/hectare) and Vinnitskiy 28 (5,78 t/hectare) was gained in variants of experiment where on phosphoric-potash background P₄₅K₄₅ they entered nitric fertilizers in doze of N₉₀ and morpho-regulator Terpal in a phase of the beginning of tubing. That was more accordingly on 2,21 t/hectare, or 52,8% and 1,97 t/hectare, or 51,7% in comparison with the control (on plots without fertilizers and growth regulators). **Conclusions.** Optimization of technology of cultivation of summer barley due to the balanced system of fertilizer, namely entering of nitric fertilizers in doze of N₉₀P₄₅K₄₅ and application of growth regulators (Binom or Terpal), provides realization of genetic potential of varieties Nabat and Vinnitskiy 28 on 60–70% and level of productivity of grain — 6,39 and 5,78 t/hectare accordingly.

Key words: summer barley, variety, doze of nitric fertilizer, growth regulator, photosynthetic productivity, productivity.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>

Бібліографія

1. Бельдій Н., Загинайло М., Носуля А. Ячмінь — культура прибуткова. *Пропозиція*. 2012. Вип. С. 12–14.

2. Бомба М.Я., Бомба М.И. Формирование урожая ярового ячменя на Украине. *Зерновые культуры*. 2001. № 2. С. 22–24.

3. Сремєєв В.Н., Єфімов В.В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*. 2003. № 2. С. 14–19.

4. Петриченко В.Ф. Наукові основи виробництва та використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 108.

5. North J.J., Laubscher C.P., Ndakidemi P.A. Effect of the growth retardant Cyocel® in controlling the growth of *Dombeya burgessiae*. *Afr. J. Biotechnol.* 2010. 9 (29): P.4529–4533.

6. Дослєхов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

7. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Тимирязевское чтение. Москва, 1956. 94 с.

8. Гольд В.М., Гаєвський Н.А., Голованова Т.И. Физиология растений: метод. указания по лаб.

работам. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 61 с.

9. Murchie E.H., Niyogi K.K. Manipulation of photoprotection to improve plant photosynthesis. *Plant Physiol.* 2011. (155). № 1. P. 86–92. doi: 10.1104/pp.110.168831

10. Dodd I.C., Whalley W.R., Ober E.S. et al. Genetic and management approaches to boost UK wheat yields by ameliorating water deficits. *J. Exp. Bot.* 2011. № 62. P. 5241–5248. doi: 10.1093/jxb/err242. Epub 2011 Sep 2

11. Петриченко В.Ф. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. *Вісник аграрної науки*. 2003. С. 15–19.

12. Каленская С.М., Токарь Б.Ю. Урожайность ячменя ярового в зависимости от уровня минерального питания. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 30–33.

13. Деева В.П. Ретарданты — регуляторы роста растений. Минск: Наука и техника, 1980. 176 с.

14. Рибалко О.І., Моргуєн Б.В., Поліщук С.С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ: Логос. 2016. 619 с.