



Original researches

Received: 12 November 2021
Revised: 20 November 2021
Accepted: 22 November 2021

Institute of Agriculture of Steppe of NAAS,
Central st., 2, Sozonivka village, 27602, Ukraine

Tel.: +38-050-487-47-39.
E-mail: semena.2013@ukr.net

Cite this article: Ishchenko V. A., Kozzelets H. M. (2021). Formation of spring barley productivity depending on seed inoculation with a biopreparation and foliar fertilization in the Steppe of Ukraine. *Agrology*, 4(4), 180–186. doi: 10.32819/021021

Formation of spring barley productivity depending on seed inoculation with a biopreparation and foliar fertilization in the Steppe of Ukraine

V. A. Ishchenko, H. M. Kozzelets
Institute of Agriculture of Steppe of NAAS, Sozonivka village, Ukraine

Abstract. Scientifically substantiated application the elements of technologies with the use of microbiological preparations, macro- and microfertilizers, new growth regulators of plants of organic origin, allows not only to increase grain yields, improve its quality, but also to affect the economic efficiency of spring barley cultivation. Today, biological, growth stimulants are widely used in various types of agricultural crops. They are an effective method of achieving increased productivity, increasing resistance to diseases and pests, which, in turn, makes them attractive to researchers. The introduction of biologically active substances in agricultural practice is impossible without a deep and comprehensive study of their effect on the growth and development of the plant, as it depends on the type of preparation, rate, processing time, varietal characteristics of the crop, and other factors. The aim of our research was to evaluate the effect of biopreparation of phosphorus mobilizing action and foliar fertilization with macro- and microfertilizers on the formation of spring barley productivity at sowing after predecessors of soybean, winter wheat, sunflower, and corn for grain in conditions of unstable soil moisture in Steppe zone. Due to significant fluctuations in weather conditions during the growing season of spring barley, by the breeding of ecologically adapted varieties, predecessors and using elements of technology that involve the seed treatment with biopreparations and foliar fertilization in the tillering phase of plants, one can consistently obtain grain yields at 4.32–5.23 t/ha. Improving the nutrient regime of the soil with the use of the preparation Polymyxobacterin based on the growth-stimulating bacterium *Paenibacillus polymyxa* KB contributed to the improvement of plant nutrition and increased the crop yield of spring barley by 0.17–0.65 t/ha depending on the predecessor. The increase in grain yield of spring barley from the use of foliar fertilizers with macro- and microfertilizers was 0.29–0.41 t/ha. The highest level of grain yield (5.68 and 5.18 t/ha) when sowing spring barley variety Statok after predecessors soybean and sunflower obtained in the trial of inoculation with phosphorus mobilizing preparation Polymyxobacterin and fertilization in the tillering phase with micro-fertilizer Reakom, after grain crops – 5.19 t/ha Polymyxobacterin + CAM 28, N₈, after corn for grain – 4.92 t/ha, Polymyxobacterin + Urea, N8. The increase compared to control was 0.83 t/ha, 0.95; 0.83 and 1.25 t/ha respectively, by predecessors. The use of biopreparations based on effective microorganisms should be an integral aspect of modern agriculture, taking into account climate changes. The practical value of using biological preparations for seed inoculation before sowing in combination with foliar fertilization of macro- and microfertilizers in the period of formation of the generative organs is due not only to their efficiency but also the low cost of their use, which is an element of resource-saving technologies and eliminates environmental pollution.

Keywords: predecessors; biological product; foliar fertilization; yield; quality; macro- and microfertilizers; profitability.

Формування продуктивності ячменю звичайного ярого залежно від інокуляції насіння біопрепаратом та позакоренових підживлень в Степу України

V. A. Іщенко, Г. М. Козелець
Інститут сільськогосподарства Степу НААН, с. Созонівка, Україна

Анотація. Науково обгрунтоване застосування технологій з використанням мікробіологічних препаратів, макро- та мікро-добрив, нових регуляторів росту рослин органічного походження забезпечує підвищення врожайності зерна, покращання його якості, а отже, і впливає на економічну ефективність вирощування сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого. Нині біопрепарати, стимулятори росту все частіше застосовуються на різних видах культур сільськогосподарського призначення. Такі

препарати підвищують продуктивність, збільшують стійкість культур до хвороб та шкідників, що у свою чергу робить їх привабливими для сільгоспвиробників, без сумніву, для дослідників. Введення біологічно активних речовин у сільськогосподарську практику неможливе без глибокого та всебічного вивчення їх дії на процеси росту і розвиток рослини, оскільки кінцевий результат залежить від типу препарату, правильно обраних дози, термінів обробки, сортових характеристик культури та інших факторів. Мета наших досліджень полягала в оцінці впливу біопрепарату фосформобілізуючої дії та позакореневих підживлень макро- і мікродобривами на продуктивність ячменю ярого при сівбі після різних попередників (соя, пшениця озима, соняшник та кукурудза на зерно) в умовах нестійкого зволоження Степу. Незважаючи на суттєві коливання погодних умов у період вегетації ячменю ярого, за рахунок підбору екологічно пристосованих сортів, попередників і використання елементів технології, які передбачають обробку насіння біопрепаратами та проведення позакореневих підживлень у фазі куціння рослин, можна стабільно отримувати врожайність зерна культури на рівні 4,32–5,23 т/га. Застосування препарату Поліміксобактерин на основі рістстимулюючої бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB сприяло покращанню режиму живлення рослин, підвищенню рівня врожаю ячменю ярого на 0,17–0,65 т/га, залежно від попередника. Приріст урожайності зерна ячменю ярого від використання позакореневих підживлень макро- та мікродобривами становив 0,29–0,41 т/га. Найвищий врожай зерна (5,68 і 5,18 т/га, відповідно) при сівбі ячменю ярого сорту Статок після попередників соя та соняшник отримали у варіанті інокуляції насіння фосформобілізуючим препаратом Поліміксобактерин та підживлення у фазі куціння мікродобривом Реаком після зернових культур – 5,19 т/га, Поліміксобактерин + КАС 28, N₈, після кукурудзи на зерно – 4,92 т/га, Поліміксобактерин + Карбамід, N8. Приріст до контролю становив 0,83 т/га, 0,95 т/га, 0,83 т/га та 1,25 т/га, відповідно попередників. Використання біопрепаратів на основі ефективних мікроорганізмів повинно бути невід’ємним аспектом сучасного землеробства з урахуванням змін клімату. Практична цінність використання біологічних препаратів для інокуляції насіння перед сівою в поєднанні з позакореневими підживленнями макро- та мікродобривами в період закладки генеративних органів зумовлена не лише їх ефективністю, а й незначними витратами на їх застосування, що є елементом ресурсозберігаючих технологій та виключає забруднення навколишнього середовища.

Ключові слова: ячмінь ярий; біопрепарат; позакореневі підживлення; урожайність; якість; умовно чистий дохід; рентабельність.

Вступ

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) – ранньостигла культура, адаптована до найрізноманітніших кліматичних умов, що дозволяє вирощувати його в степових регіонах (Jeroch & Danicke, 1995; Vadr et al., 2000). У світовому масштабі ячмінь посідає четверте місце серед зернових культур після кукурудзи, рису та пшениці; найбільшими виробниками є Європейський Союз, Росія та Україна (Ullrich, 2011). Зерно ячменю ярого широко використовується для харчових, технічних потреб та у виробництві кормів для тваринництва (Yarchuk et al., 2015). Протягом останніх років виробництво фуражного ячменю значно скоротилося, що пов’язано насамперед із низьким попитом та ціновою політикою щодо культури (Eurostat regional yearbook, 2017).

Хоча ячмінь і можна вирощувати в найрізноманітніших кліматичних умовах, на різних ґрунтах, але жоден сорт не пристосований до всього різноманіття погодних умов середовища, тому селекціонери створюють сорти, які відзначаються різними біологічними особливостями та напрямом використання культури (Komatsuda et al., 2007). Сорт поєднує в генотипі максимальну кількість ознак і властивостей, які визначаються агроекологічними умовами та факторами, що впливають на агроценоз у період вегетації (Hudzenko et al., 2017). На формування врожайності впливають умови навколишнього середовища та наявність ресурсів, найважливішими з яких є поживні речовини, вода та світло (Kren et al., 2015; Korchova et al., 2018). Зазначимо, що культурні рослини не завжди здатні реалізувати потенційну продуктивність (Kumar et al., 2020).

Оскільки перед сільгоспвиробниками стоїть завдання підвищення врожайності польових культур, то нині традиційні чинники їх вирощування в рослинницькій галузі (сівозміни, органічні та мінеральні добрива, засоби захисту рослин) змінюють на інноваційні технології, окремі їх елементи. Такі технології засновані на енергетичній ефективності виробництва, сприяють підвищенню врожайності, зниженню витрат праці та матеріалів (Mohd Taufk et al., 2011; Mvila et al., 2016;

Abbott et al., 2018). Одним із факторів управління виробничим процесом сільськогосподарських культур у рослинництві є використання біологічних речовин, що мають імуномодельючі властивості та стимулюючу активність. До них належать гумінові препарати (Canellas et al., 2015; Aguiar et al., 2016; Naujokienė et al., 2018). Надзвичайно важливу роль у формуванні продуктивності відіграють мікроелементи. Вони входять до складу фізіологічно активних речовин і беруть участь у синтезі білків, вуглеводів, вітамінів і жирів, покращують обмін речовин у рослин, запобігають функціональним порушенням та сприяють нормальному перебігу фізіологічних біохімічних процесів (Tavakoli et al., 2014; El-Ramady et al., 2018; Hussain et al., 2018). Сьогодні ведеться інтенсивний пошук нових шляхів, засобів підвищення врожайності та якості сільськогосподарської продукції, зокрема зі застосування мікроелементів (Tripathi et al., 2015; Noreen et al., 2018).

Одним із напрямів підвищення ефективності використання мінеральних добрив для зниження їх норм є використання позакореневих підживлень препаратами, що стимулюють ріст і розвиток рослин (Fauate et al., 2007).

Ураховуючи біологічні особливості культури, специфіки сорту, суттєвий вплив умов середовища, актуальним з наукової і практичної точок зору є вивчення ефективності використання інокуляції насіння біопрепаратами і позакореневих підживлень макро- та мікродобривами в біоадаптивних технологіях вирощування ячменю ярого. Отже, метою наших досліджень було порівняти вплив біопрепарату фосформобілізуючої дії Поліміксобактерин з позакореневими підживленнями макро- та мікродобривами на формування продуктивності ячменю ярого в умовах нестійкого зволоження Степу.

Матеріал і методи

Дослідження з вивчення впливу біопрепарату, макро- та мікродобрив на формування продуктивності ячменю ярого проводили за багатофакторною схемою в насінневі сівозміні лабораторії селекції і насінництва зернових та технічних культур Інституту сільського господарства Степу НААН. Об’єкт

досліджень – особливості формування врожайності та якості зерна ярого ячменю залежно від інокуляції насіння фосформобілізуючим препаратом Поліміксобактерин та підживлення посівів у фазу кущіння макро- та мікродобривами. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний середньогумусний глибокий важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 4,64%, азоту, що гідролізується, – 11,6 мг, рухомого фосфору та калію – 12,7 та 12,8 мг на 100 г ґрунту, відповідно; рН – 5,7. Сума ввібраних основ у цих ґрунтах становить від 33,0 до 36,6 мг; вміст бору 1,94 мг; марганцю – 2,1 та цинку – 0,25 мг на 100 г ґрунту. Щільність ґрунту – 1,19 г/см³. Еколого-агрохімічна оцінка за даними досліджень Кіровоградської філії ДУ “Держґрунтоохорона” – 96 балів.

Для досягнення поставленої мети застосовували польовий, кількісно-ваговий, дисперсійний, порівняльно-розрахунковий методи досліджень.

Результати

Резервом підвищення врожайності та стійкості ячменю ярого до несприятливих чинників довкілля є використання біологічно активних речовин – мікродобрив та біопрепаратів. У середньому за 2014–2016 рр. вищу ефективність використання інокуляції насіння фосформобілізуючим препаратом встановлено у варіанті, де сівбу проводили після кукурудзи на зерно,

і приріст до контролю становив 0,78 т/га. Після попередника пшениця озима приріст урожаю дорівнював 0,31 т/га (7,1%), сояшнику – 0,28 т/га (6,6%), сої – 0,26 т/га (5,4%). Ефективність застосування інокуляції насіння фосформобілізуючим препаратом Поліміксобактерин з подальшим позакореневим підживленням рослин у фазі кущіння змінювалася залежно від попередників, по яких висівали ячмінь ярий. При сівбі після сої вищий приріст урожаю 0,57 т/га отримано від поєднання інокуляції з позакореневим підживленням мікродобривом Реаком: після пшениці – 0,52 т/га (КАС 28, N₈); після сояшнику – 0,66 т/га (Реаком, 4 л/га); після кукурудзи на зерно – 0,47 т/га (Карбамід, N₈) – таблиця. Найвищу врожайність 5,68 та 5,18 т/га ячмінь ярий після сої і сояшнику, відповідно, формував у варіанті комплексного поєднання інокуляції фосформобілізуючим препаратом і підживлення рослин мікродобривом Реаком, після пшениці озимої – 5,19 т/га (Поліміксобактерин + КАС 28, N₈), кукурудзи на зерно – 4,92 т/га (Поліміксобактерин + Карбамід, N₈).

Сівба ячменю ярого насінням, яке оброблене фосформобілізуючим препаратом, після сої забезпечила врожайність в середньому за роки досліджень 5,31 т/га; після пшениці озимої – 4,97 т/га; сояшнику – 4,86 т/га; кукурудзи на зерно – 4,64 т/га (рис. 1).

У середньому за роки досліджень у варіантах без використання позакорневих підживлень найвищий рівень врожаю 5,23 т/га ячмінь ярий формував при сівбі після сої, найменший – 4,06 т/га після

Таблиця. Вплив інокуляції насіння та попередників на врожайність зерна ячменю ярого сорту Статок (2014–2016 рр.), т/га

Попередник (фактор А)	Підживлення посівів (фактор С)	Інокуляція насіння біопрепаратами (фактор В)		± від інокуляції насіння, т/га
		без інокуляції	інокуляція Поліміксобактерином	
Соя	Без обробки	4,85	5,11	+0,26
	Карбамід, N ₈	5,27	5,30	+0,03
	Мочевін К2, 1 л/га	5,13	5,22	+0,09
	КАС 28, N ₈	5,08	5,26	+0,18
	Реаком, 4 л/га	5,40	5,68	+0,18
Пшениця озима	Без обробки	4,36	4,67	+0,31
	Карбамід, N ₈	4,67	5,01	+0,34
	Мочевін К2, 1 л/га	4,86	4,96	+0,10
	КАС 28, N ₈	4,99	5,19	+0,20
	Реаком, 4 л/га	4,64	5,02	+0,38
Сояшник	Без обробки	4,24	4,52	+0,28
	Карбамід, N ₈	4,61	4,80	+0,19
	Мочевін К2, 1 л/га	4,41	4,71	+0,30
	КАС 28, N ₈	4,50	5,11	+0,61
	Реаком, 4 л/га	4,94	5,18	+0,24
Кукурудза на зерно	Без обробки	3,67	4,45	+0,78
	Карбамід, N ₈	4,00	4,92	+0,92
	Мочевін К2, 1 л/га	4,16	4,76	+0,60
	КАС 28, N ₈	4,28	4,66	+0,38
	Реаком, 4 л/га	3,86	4,43	+0,57

НІР₀₅(А) = 0,04–0,18; В = 0,02–0,13; С = 0,04–0,20;
АВ = 0,05–0,25; АС = 0,08–0,40; ВС = 0,06–0,28; АВС = 0,11–0,56.

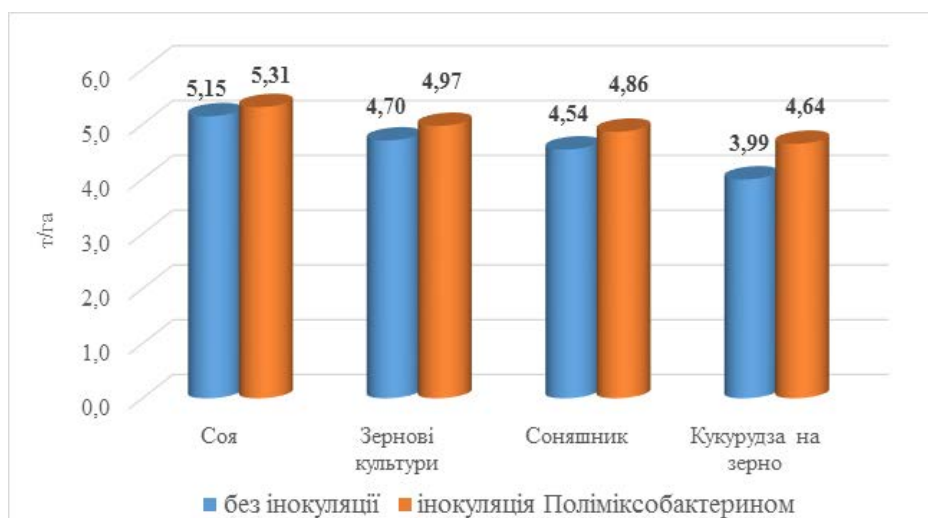


Рис. 1. Середня врожайність ячменю ярого залежно від інокуляції насіння біопрепаратом та попередників (за 2014–2016 рр.), т/га

кукурудзи на зерно. За використання як підживлення Карбамід, N₈ більшу прибавку врожаю ячменю ярого отримано після кукурудзи на зерно – 0,40 т/га (9,9%). Застосування препаратів Мочевін K2 та КАС 28, N₈ забезпечило більш інтенсивний розвиток рослин, сприяло збереженню продуктивного стеблостою та формуванню елементів індивідуальної продуктивності. Але ефективність використання досліджуваних препаратів залежала від попередника, що пов'язано і з забезпеченістю вологою в критичні фази розвитку рослин, а також доступністю елементів живлення. Для нормального розвитку рослин необхідні не тільки азот, фосфор, калій, але й мікроелементи, які беруть участь у всіх фізіологічних процесах росту та розвитку рослин, а також покращують засвоєння рослинами елементів живлення з ґрунту. Застосування мікродобрива Реаком високу прибавку

(0,68 т/га) забезпечило після попередника соняшник (рис. 2).

У середньому за роки досліджень найвищу врожайність (5,23 т/га) отримали при вирощуванні ячменю ярого півчастого після сої. За сівби після пшениці озимої, соняшнику та кукурудзи на зерно зареєстровано зниження урожаю (7,6%, 10,1%, 17,4%, відповідно), що пов'язано із впливом попередника на накопичення вологи в ґрунті та виносом основних елементів живлення.

Результати дисперсійного аналізу свідчать про те, що при вирощуванні ячменю ярого півчастого сорту Статок в умовах нестійкого зволоження 2014 р. врожайність залежала від попередника на 42%, інокуляції насіння біопрепаратом – 16%, підживлення посівів – на 15%; найбільший вплив взаємодії досліджуваних факторів проявився у варіантах поєднання по-

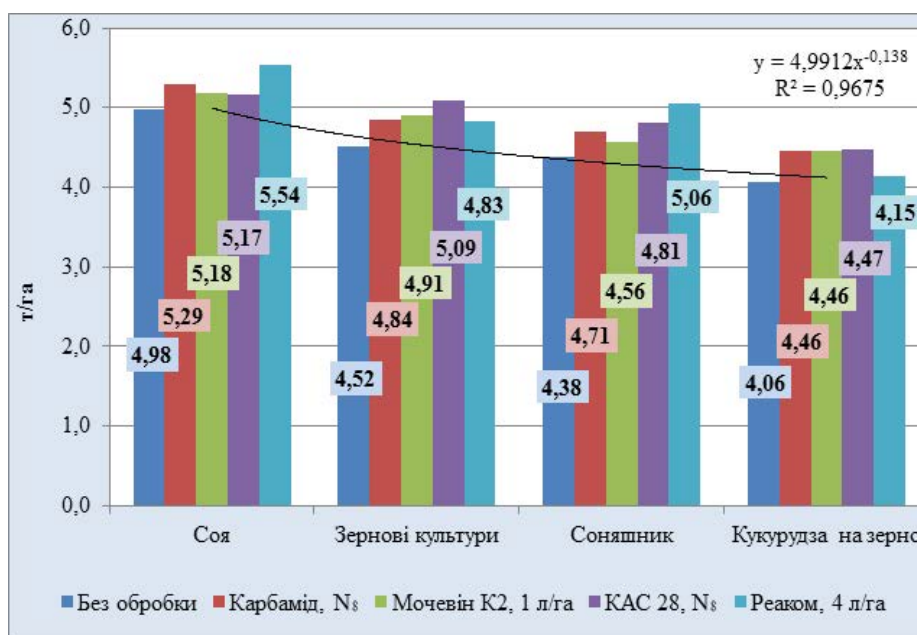


Рис. 2. Урожайність ячменю ярого сорту Статок залежно від позакорневих підживлень при вирощуванні після різних попередників (середнє за 2014–2016 рр.), т/га

передник–підживлення посівів – 17%. В умовах сприятливого вологозабезпечення 2015 р. врожайність залежала від взаємодії факторів: підживлення – інокуляція на 33%; попередник – підживлення посівів – 16%; попередник – мінеральне живлення – 14%; попередник – 7%. Наступного року вплив попередника становив 77%, інокуляції насіння біопрепаратом – 5%, підживлення посівів – 11%.

Основним показником харчової цінності зерна ячменю ярого, що призначений для продовольчих потреб, є вміст білка в ньому. На хімічний склад зерна впливають фактори зовнішнього середовища (рівень родючості ґрунту, умови зволоження, світло та температура), низка агротехнічних прийомів, особливо попередники і режим живлення. Після невідповідних попередників формується щупле, дрібне, невірвняне зерно з підвищеною плівчастістю і низьким умістом білка. В наших дослідженнях інокуляція насіння бактеріальним препаратом Поліміксобактерин забезпечувала формування вмісту білка в зерні 12,2–13,6%, підживлення Карбамід, Мочевін K2, КАС або мікродобривом Реаком підвищувало білковість зерна на 1,6–1,7%; 0,3–1,0%; 0,4–1,1% та 0,4–0,8%, відповідно.

Зерно ячменю ярого плівчастого сорту Статок без позакореневих підживлень вищий вміст білка на 0,3–1,5% формувало після сої. Підживлення азотними добривами та мікроелементами сприяло зростанню білковості зерна на 0,4–1,7% – після пшениці, соняшнику та кукурудзи на зерно. Найвищий вміст білка в зерні (15,1%) зареєстровано при сівбі після попередника соя у варіанті Поліміксобактерин + Карбамід.

Економічна ефективність вирощування ячменю передбачає досягнення максимального ефекту від фінансово-господарської діяльності підприємств за мінімальних витрат ресурсів та відображає вплив сукупності факторів, що формують її рівень і зумовлюють тенденції розвитку галузі. Система показників економічної ефективності аграрного виробництва формується за даними врожайності сільськогосподарських культур, прибутку, собівартості, рентабельності виробництва, продуктивності праці. При вирощуванні ячменю ярого після сої найвищий рівень умовно чистого доходу становив 20536 грн/га, рентабельність 139,9% забезпечував варіант поєднання препарату Поліміксобактерин + Реаком. Після озимої пшениці і соняшнику найвищий умовно чистий дохід 18015 та 17528 грн/га за рентабельності 127,2% і 123,8%, відповідно, отримано при поєднанні інокуляції насіння біопрепаратом Поліміксобактерин та підживленням рослин КАС 28 N₈, після кукурудзи на зерно – 16381 грн/га та 116,0% забезпечив варіант Поліміксобактерин + Карбамід, N₈.

Обговорення

Численні дослідження вчених виявили, що використання комплексних органо-мінеральних добрив, регуляторів росту, інокулянтів, сприяє регуляції процесів росту та розвитку рослин, їх стійкості до стресу за рахунок підвищення імунітету, активації біологічних процесів, синтезу органічних речовин, збільшення площі листової поверхні, поліпшення чистої продуктивності фотосинтезу та врожайності сільськогосподарських культур (Pestovsky & Martinez-Antonio, 2017; Piskaeva et al., 2017; Klein & Guimarães, 2018; Singh et al., 2018).

В умовах застосування препаратів Organic D2 та Escort-bio у фазі кушіння–початок виходу в трубку на фоні добрив забезпечувало приріст врожаю ячменю ярого сортів Адапт, Сталкер та Еней, відповідно, 0,49–0,69; 0,56–0,74 та 0,58–0,81 т/га порівняно з контролем (Panfilova et al., 2019). Позакореневі піджив-

лення посівів ячменю ярого препаратами Мочевін K1, Мочевін K2, Organic D2 та Escort-bio створювали сприятливі умови для формування елементів індивідуальної продуктивності рослин, що сприяло формуванню оптимального рівня врожаю (Gamajunova & Panfilova, 2020), що узгоджується з результатами наших досліджень.

За результатами інших авторів (Mitrofanov & Novikov, 2020) обробка насіння гуматами, мікроелементами та регуляторами росту (Humate Ecorost, Micromac) стимулювала процеси росту на початкових етапах органогенезу; на фоні без добрив приріст урожаю ячменю ярого становив 0,47–0,68 т/га, на фоні N₃₀P₃₀K₃₀ – 1,01–1,08 т/га.

Важливим агротехнічним заходом забезпечення рослин мікроелементами протягом вегетації є саме позакореневі підживлення. У посушливих умовах Степу поєднання обробки насіння та обприскування рослин у фазі кушіння мікродобривом Сизам та комплексом біопрепаратів забезпечувало підвищення врожайності ячменю ярого після попередників озима пшениця та кукурудза на зерно на 1,23–1,59 т/га і 0,79–1,13 т/га, відповідно (Нурка et al., 2017). Вищу врожайність рослин ячменю ярого формували за комплексного використання регулятора росту Вимпел і мікродобрива Оракул для обробки насіння та Вимпел і Оракул мультикомплекс для обприскування рослин у фазу кушіння – початок виходу в трубку. Приріст урожайності зерна на фоні N₃₀P₃₀K₃₀ становив 0,35–0,38 т/га, а після N₆₀P₆₀K₆₀ – 0,26–0,39 т/га (Нурка et al., 2017).

Удосконалена технологія вирощування ячменю ярого, яка передбачала комплексне внесення мінеральних добрив у дозі N₉₀P₄₅K₄₅ та регулятора росту рослин Terpal у фазі вихід у трубку, позитивно вплинула на врожайність (6,39 т/га) та вміст білка (13,9%) (Petrychenko et al., 2019).

Отже, результати експериментальних досліджень щодо виявлення впливу позакореневого підживлення азотними добривами і хелатними мікродобривами на формування врожайності ячменю ярого підтверджують доцільність їх проведення. Того ж часу, питання оптимізації процесів росту і розвитку рослин ячменю ярого на основі поєднання інокуляції насіння фосформобілізуючим препаратом Поліміксобактерин, макро- і мікродобривами та формування врожайності і якості зерна в умовах нестійкого зволоження Північного Степу України є недостатньо дослідженими, а тому залишаються актуальним напрямом для вивчення й нині.

Висновки

Не зважаючи на суттєві коливання в погодних умовах у період вегетації, можна стабільно отримувати врожайність ячменю ярого на рівні 4,32–5,23 т/га, якщо старанно підбирати екологічно пристосовані сорти культури, попередників до них, використовувати елементи технології, що передбачають обробку насіння біопрепаратами та проведення позакореневих підживлень у фазі кушіння рослин. Застосування препарату Поліміксобактерин на основі рістстимулюючої бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB покращувало режим живлення рослин та забезпечувало підвищення рівня врожаю ячменю ярого на 0,17–0,65 т/га, позакореневих підживлень макро- та мікродобривами – на 0,29–0,41 т/га, залежно від попередника. Після попередників соя та соняшник урожайність 5,68 та 5,18 т/га, відповідно, при сівбі ячменю ярого сорту Статок забезпечувала інокуляція насіння фосформобілізуючим препаратом Поліміксобактерин та підживлення у фазу кушіння мікродобривом Реаком, після зернових культур – 5,19 т/га, Поліміксобактерин + КАС 28 N₈, після кукурудзи на зерно –

4,92 т/га, Поліміксобактерин + Карбамід N₈.

Використання біопрепаратів на основі ефективних мікроорганізмів повинно стати невід'ємним заходом сучасного землеробства з урахуванням змін клімату. Практична цінність використання біологічних препаратів для інокуляції насіння перед сівбою в поєднанні з позакореновими підживленнями макро- та мікродобривами в період закладки генеративних органів зумовлена не лише їх ефективністю, а й незначними витратами на їх застосування, що є елементом ресурсозберігаючих технологій та виключає забруднення навколишнього середовища. Застосування мікроорганізмів та позакоренових підживлень макро- та мікродобривами під час вирощування ячменю ярого є ефективним і перспективним заходом підвищення врожайності та покращання продовольчих властивостей зерна.

Вивчення можливостей підвищення врожайності, стійкості до несприятливих погодних умов рослин нових сортів ячменю ярого півчасного та голозерного типів, впливу біопрепаратів, регуляторів росту, макро- та мікродобрив – питання, які сьогодні залишаються актуальними та потребують подальшого детального вивчення.

References

- Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256, 34–50. doi:10.1016/j.agee.2017.12.021
- Aguiar, N. O., Medici, L. O., Olivares, F. L., Dobbs, L. B., Torre-Netto, A., Silva, S. F., Novotny, E. H. & Canellas, L. P. (2016). Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. *Annals of Applied Biology*, 168(2), 203–213. doi: 10.1111/aab.12256
- Badr, A., Miller, K., Schäfer-Pregel, R., Rabey, H. El, Effgen, S., Ibrahim H. H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F. (2000). On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol.*, 17, 499–510.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.013
- El-Ramady, H., Alshaal, T., Elhawat, N., Ghazi, A., El sakhwy, T., Omara, A. E., El-Nahrawy, S., Elmahrouk, M., Domokos-Szabolcsy, É. & Schnug, E. (2018). Plant nutrients and their roles under saline soil conditions (Book Chapter). *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 297–324.
- Eurostat regional yearbook. doi:10.2785/220518 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Eurostat_regional_yearbook
- Fauate, A., Fauate, M., Ayub, R. & Barbosa, M. (2007). Aplicação de GA4,7+BA (promalina) afetando o crescimento, desenvolvimento e qualidade do caqui (*Diospyros kak L.*) cv. *Fuyu*. *Rev. Ceres*. 54, 226–250.
- Gamajunova V. & Panfilova A. (2020). The productivity of spring barley varieties depending on the optimization of nutrition in the southern steppe of Ukraine. *Agro Life Scientific journal*, 9(1), 132–140.
- Hudzenko, V. M., Vasykivskiy, S. P., Demydov, O. A., Polishchuk, T. P. & Babiy, O. O. (2017). Spring barley breeding for increase in productive and adaptive capacities. *Seleksia i nasinnitstvo*, 111, 51–61 (in Ukrainian).
- Hussain, S., Khalid, M. F., Hussain, M., Ali, M.A., Nawaz, A., Zakir, I., Fatima, Z. & Ahmad, S. (2018). Role of micronutrients in salt stress tolerance to plants (Book Chapter). *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 363–376. doi:10.1007/978-981-15-6221-1_2
- Hyrka, A. D., Bokun, O. I., & Mamiedova, E. I. (2017). Influence of precursors, mineral fertilizers and biopreparations on the spring barley yield formation in the northern steppe of Ukraine. *Grain Crops*, 1(1), 51–55 (in Ukrainian).
- Hyrka, A. D., Tkalic, I. D., Sydorenko, Yu. Ya., Bochevar, O. V., Iliencko, O. V., & Mamiedova, E. I. (2017). The spring barley yield and grain quality formation in dependence of growth regulators and fertilizers use. *Grain Crops*, 1(1), 59–65 (in Ukrainian).
- Jeroch, H., Danicke, S. (1995). Barley in poultry feeding: A review. *World's Poult. Sci. J.*, 51, 271–291.
- Klein, J. & Guimarães, V.F. (2018). Evaluation of the agronomic efficiency of liquid and peat inoculants of *Azospirillum brasilense* strains in wheat culture, associated with nitrogen fertilization. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 16(1), 41–48. doi: 10.1234/4.2018.5480
- Komatsuda, T, Pourkheirandish, M., He, C, Azhaguvel, P., Kanamori, H., Perovic, D., Stein, N., Graner, A., Wicker, T., Tagiri, A., Lundqvist, U., Fujimura, T., Matsuoka, M., Matsumoto, T., Yano, M. (2007). Six-rowed barley originated from a mutation in a homeodomain-leucine zipper I-class homeobox gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 1424–1429. doi:10.1073/pnas.0608580104
- Korchova, M. M., Panfilova, A. V., Kovalenko, O. A., Fedorchuk, M. I., Chernova, A. V., Khonenko, L. G. & Markova, N. V. (2018). Water supply of soft winter wheat under dependent of it sorts features and sowing terms and their influence on grain yields i the conditions of the Southern Step of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(2), 33–38. doi:10.15421/2018_306 (in Ukrainian).
- Kren, J., Klem, K., Svobodova, I., Misa, P. & Lukas, V. (2015). Influence of sowing, nitrogen nutrition and weather conditions on stand structure and yield of spring barley. *Cereal research communications*, 43(2), 326–335. doi: 10.1556/CRC.2014.0036
- Kumar, A., Verma, R., Singh, A., Sharma, H., Devi, G. (2020). Barley landraces: ecological heritage for edaphic stress adaptations and sustainable production. *Environmental and Sustainability Indicators*, 6, 1–9. doi:10.1016/j.indic.2020.100035
- Mitrofanov, S. V. & Novikov, N. N. (2020). Efficiency of using stimulating preparations in pre-treatment of spring barley seeds. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 26(5), 958–965.
- Mohd Taufk, M. Y., Ahmed, O. H. & Nik Muhamad, A. M. (2011). Effect of amending urea with humic acids and acid sul phate on biomass production of masmadu (zea mays l.) and selected soil chemical properties. *International Journal of Physical Sciences*, 6(20), 4690–4694.
- Mvila, B. G., Pilar-Izquierdo, M. C., Busto, M. D., Perez-Mateos, M. & Ortega, N. (2016). Synthesis and characterization of a stable humic-urease complex: Application to barley seed encapsulation for improving N uptake. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(9), 2981–2989.
- Naujokienė, V., Šarauskis, E., Lekavičienė, K., Adamavičienė, A., Buragienė, S. & Kriauciūnienė, Z. (2018). The influence of bio preparations on the reduction of energy consumption and CO₂ emissions in shallow and deep soil tillage. *Science of the Total Environment*, 626, 1403–1413. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.190

- Noreen, S., Fatima, Z., Ahmad, S., Athar, H.-U.-R. & Ashraf, M. (2018). Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants (Book Chapter). *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 95–117. doi: [10.1007/978-981-10-9044-8_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_3)
- Panfilova, A., Korkhova, M., Gamayunova, V., Fedorchuk, M., Drobitko, A., Nikonchuk, N. & Kovalenko, O. (2019). Formation of photosynthetic and grain yield of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depend on varietal characteristics and plant growth regulators. *Agronomy Research*, 17(2), 608–620. doi: [10.15159/AR.19.099](https://doi.org/10.15159/AR.19.099)
- Pestovsky, Y. & Martinez-Antonio, A. (2017). The use of nanoparticles and nanoformulations in agricultura. *Journal of nanoscience and nanotechnology*. 17(12), 8699–8730. doi:[10.1166/jnn.2017.15041](https://doi.org/10.1166/jnn.2017.15041)
- Petrychenko, V. F., Korniiichuk, O. V., Romaniuk, V. I., & Romaniuk, V. O. (2019). The development of agrotechnical basics for intensive growing of spring barley varieties for forage purposes under conditions of the Forest-Steppe. *Feeds and Feed Production*, 87, 3–8. doi:[10.31073/kormovyrobnytstvo201987-01](https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-01)
- Piskaeva, A. I., Babich, O. O. & Dolganyuk, V. F. (2017). Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganism son the productivity of winter wheat. *Foods and rawmaterial*, 5(1), 90–99. doi:[10.21179/2308-4057-2017-1-90-99](https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-90-99)
- Singh, G., Sharma, G., Sanchita Kalra, P., Batish, D.R. & Verma, V. (2018). Role of alkyl silatranes as plant growthregulators: comparative substitution effect on root and shoot development of wheat and maize. *Journal of the science of food and agriculture*, 98(13), 5129–5133. doi:[10.1002/jsfa.9052](https://doi.org/10.1002/jsfa.9052)
- Tavakoli, M. T., Chenari, A. I., Rezaie, M., Tavakoli, A., Shah savari, M. & Mousavi, S. R. (2014). The importance of micro nutrients in agricultural production. *Advances in Environmental Biology*, 8(10), 31–35.
- Tripathi, D. K., Singh, S., Swati, S., Sanjay, M., Chauhan, D. K. & Dubey, N. K. (2015). Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37 (7), 1–14. doi: [10.1007/s11738-015-1870-3](https://doi.org/10.1007/s11738-015-1870-3)
- Ullrich, S. E. (2011). *Barley: Production, Improvement, and Uses*, Wiley Blackwell, Hoboken, NJ.
- Yarchuk, I. I., Bozhko, V. Y. & Moroz, O. O. (2015). Winter barley cold-resistance and productivity depending on sowing terms and rates. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 54–57 (in Ukrainian).