

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ЯК ЕЛЕМЕНТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

О. С. Власюк, Л. С. Квасніцька

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, вул. Самчики, 1, с. Самчики, Хмельницький район, Хмельницька область, 31182, Україна

Актуальність. У світі назріла потреба біологізації землеробства, зумовлена не тільки екологічними та соціальними, а й економічними проблемами. Тому актуальним є пошук і впровадження ефективних енергоощадних та екологічно безпечних елементів технологій вирощування культур, зокрема застосування фізіологічно-активних препаратів – стимуляторів росту рослин та мікроелементів. **Визначення проблеми.** Ефективність дії стимуляторів, макро- та мікроелементів залежить від доз, форм, строків і способів внесення й багатьох факторів навколишнього середовища й потребує економічного та екологічного обґрунтування, адаптування до ґрунтово-кліматичних умов конкретної еколого-географічної зони. **Мета.** Визначити оптимальні варіанти мінерального удобрення сортів сої у поєднанні з позакореневим підживленням та обробкою насіння і посівів біологічно-активними препаратами, що сприяють підвищенню продуктивності на 15–20 % та біологізації вирощування культури. **Методи.** Польовий метод – для вивчення взаємодії досліджуваних чинників на ріст і розвиток рослин та урожайність сої; кількісно-ваговий метод – визначення структури врожаю; лабораторний – визначення вологості ґрунту, математично-статистичний – аналіз і встановлення достовірності отриманих результатів. **Результати.** Представлені результати досліджень впливу макро- та мікродобрив, обробки насіння та посівів сої стимуляторами Вимпел та мікродобривами Оракул за різних фонів живлення на показники продуктивності, енергетичної оцінки і витрат вологи на формування врожаю. Визначено, що застосування досліджуваних способів обробки насіння та позакореневого підживлення забезпечило зростання урожайності насіння сої сорту Діадема Поділля на 0,09–0,67 т/га, а сорту Самородок – на 0,12–0,65 т/га залежно від рівня мінерального живлення. При цьому, при внесенні $N_{10}P_{26}K_{26}$ приріст урожайності насіння сої до контролю (без добрив) у сорту Діадема Поділля склав 0,45–0,88 т/га та у сорту Самородок – 0,36–0,46 т/га, а при внесенні $N_{20}P_{52}K_{52}$ відповідно 0,78–0,85 і 0,64–0,71 т/га. Серед усіх досліджуваних варіантів найвищу урожайність насіння сої сорту Діадема Поділля (2,93 т/га) та сорту Самородок (2,80 т/га) отримали при поєднанні передпосівної обробки насіння Вимпел-К, Оракул насіння, Оракул колофермин молібдену з обробкою посівів у фазі 2–3 справжніх листки Вимпел та у фазі початку бутонізації препаратами Вимпел, Оракул мультикомплекс, Оракул колофермин молібдену, Оракул колофермин бору за рівня мінерального живлення $N_{20}P_{52}K_{52}$. Приріст до абсолютного контролю склав 0,79 та 0,85 т/га або 30,8 і 43,6 % відповідно при найменших витратах вологи на формування врожаю. У цьому ж варіанті обробки насіння та позакореневого підживлення найбільше зростання коефіцієнта енергетичної ефективності (до 2,10 ум. од. – у сорту Самородок та до 2,27 – у сорту Діадема Поділля), проте за рівня мінерального живлення $N_{10}P_{26}K_{26}$. Застосування мінеральних добрив сприяло зменшенню витрат вологи на формування 1 т насіння сої сорту Самородок на 27–36 %, а сорту Діадема Поділля – на 22–31 % порівняно до контролю. Найменші витрати вологи відмічено при внесенні мінеральних добрив у нормі $N_{20}P_{52}K_{52}$ та комплексної обробки насіння і двох позакорневих підживлень, які склали для сорту Самородок 2452 м³, для сорту Діадема Поділля – 2443 м³, що, відповідно, на 52 та 46 % менше порівняно до контролю. **Висновки.** Застосування стимуляторів Вимпел та мікродобрив Оракул сприяє підвищенню урожайності сої, зменшенню витрат вологи на одиницю врожаю та збільшенню коефіцієнта енергетичної ефективності.

Ключові слова: соя, урожайність, біологічно активні препарати, мінеральні добрива, мікроелементи, енергетична ефективність, водоспоживання.

Інформація про авторів:

Власюк Оксана Степанівна, старший наук. співробітник, канд. с.-г. наук, старший наук. співробітник лаб. сучасних технологій у землеробстві, e-mail: vlasukoksana293@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7500-4119>

Квасніцька Лариса Семенівна, старший наук. співробітник, канд. с.-г. наук, старший наук. співробітник лаб. сучасних технологій у землеробстві, e-mail: larusa7215@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7925-2299>

Вступ. У світі назріла потреба біологізації землеробства, зумовлена не тільки екологічними та соціальними, а й економічними проблемами. Так у доповідях ООН наведені свідчення про надмірну витратність індустріального аграрного виробництва, коли 7–10 калорій вичерпної енергії йде на виробництво лише 1-єї калорії продуктів харчування. При цьому, збільшення населення Землі призвело до загрози продовольчої безпеки людства, що проявляється у посиленому попиті на сільськогосподарську продукцію [1–4].

На ці фактори накладаються зміни клімату, забруднення довкілля агрохімікатами та пестицидами, деградація ґрунтів. Вказується, що зміни кліматичних показників суттєво впливають на урожайність сільськогосподарських культур, незважаючи на досягнення технологій вирощування. Збільшилась глобальна середня температура, змінилися показники опадів та зросла частота і важкість екстремальних метеорологічних явищ, зокрема нестачі вологи [5, 6].

В Україні потепління клімату спричинило підвищення середньодобової температури на 0,7–1,5 °С та сприяло подовженню вегетаційного періоду, завдяки чому у структурі посівних площ стали домінувати теплолюбні культури – кукурудза, соя, соняшник [7, 8].

Також, сучасні інтенсивні технології досягли критичних значень у таких межах: екологічному – забруднення природного середовища і продукції, придушення механізмів саморегуляції; енергетичному – надмірний ріст затрат непоновлювальної енергії на кожну додаткову одиницю продукції; продукційному – подальше збільшення доз добрив, пестицидів тощо приводить до пригнічення росту культурних рослин і ґрунтових організмів, знижує стійкість агрофітоценозів до стресів, для деяких культур досягнуто максимуму урожайності. У цій ситуації виникає необхідність пошуку і впровадження ефективних енергоощадних і екологічно безпечних елементів технологій вирощування культур [3, 8].

Великі надії у вирішенні проблеми продовольства пов'язують з вирощуванням сої. Загальновідомо, що соя (*Glycine max (L.) Merril*) – стратегічна культура у формуванні

світових продовольчих ресурсів, яка є найдешевшим продуцентом білка, посідає перше місце за обсягами виробництва рослинного білка, олії та біологічної фіксації азоту серед головних сільськогосподарських культур а також є важливим чинником росту економіки багатьох країн світу [9, 10]. Україна одна з найбільших країн-виробників сої у світі (8 місце за площею посіву та 6 – за урожайністю), а з 2006 р. – стала першою за обсягами виробництва у Європі [11].

Нині перспективним у напрямі зменшення енерговитрат є впровадження у виробництво регуляторів росту рослин та інноваційних мікродобрив, які у низьких дозах здатні підвищувати потенціал біологічної продуктивності рослин. Це дає змогу не лише підвищити урожай, а й поліпшити його якість та підвищити стійкість рослин до негативних чинників, зменшити норми внесення мінеральних добрив і пестицидів, а також вміст забруднювачів у продукції рослинництва. Проте ефективність дії стимуляторів, макро- та мікроелементів залежить від доз, форм, строків і способів внесення, й багатьох факторів навколишнього середовища й потребують вивчення пройти економічне та екологічне обґрунтування, адаптуватись до ґрунтово-кліматичних умов конкретної еколого-географічної зони [12, 13].

Мета дослідження – визначити оптимальні варіанти мінерального удобрення сортів сої у поєднанні з позакореневим підживленням та обробкою насіння і посівів біологічно активними препаратами, що відповідають їх біологічним вимогам і сприяють підвищенню продуктивності на 15–20 %, а також біологізації вирощування культури в умовах західного Лісостепу.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на землях Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН протягом 2019–2020 рр.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем слабоопідзолений середньосуглинковий, середньопотужний, малогумусний на лесовому суглинку бурувато-пального забарвлення. Ділянка відноситься до першої технологічної групи земель.

Агрохімічна характеристика ґрунту: гумус (за Тюрнімом) – 2,8–2,9 %, рН – 5,8–6,2; гідролітична кислотність 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г; валові запаси азоту 0,153–0,163 %,

фосфору – 0,136–0,149 %; азот, що легко гідролізується 17–19,3 мг, рухомі форми фосфору та калію (за Чіріковим) відповідно 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г.

На сортах сої Самородок та Діадема Поділля, при різних рівнях мінерального живлення (чинник А: А1. без добрив, А2. $N_{10}P_{26}K_{26}$, А3. $N_{20}P_{52}K_{52}$), досліджувались 8 варіантів використання стимуляторів та мікродобрив (чинник В): В1. без обробки насіння та посівів (контроль); В2. обробка посівів у фазі 2–3 листки Вимпел (0,5 л/га); В3. обробка насіння Вимпел-К (0,5 л/т) + обробка посівів у фазі 2–3 листки Вимпел (0,5 л/га); В4. обробка насіння Вимпел-К (0,5 л/т), Оракул насіння (1,0 л/т), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/т); В5. обробка насіння Вимпел-К (0,5 л/т), Оракул насіння (1,0 л/т), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/т) + обробка посівів у фазу 2–3 листки Вимпел (0,5 л/га); В6. обробка посівів у фазі бутонізації Вимпел (0,5 л/га), Оракул мультикомплекс (1,0 л/га), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/га), Оракул колофермин бору (1,0 л/га); В7. обробка посівів у фазі 2–3 листки Вимпел (0,5 л/га) + обробка посівів у фазі бутонізації Вимпел (0,5 л/га), Оракул мультикомплекс (1,0 л/га), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/га), Оракул колофермин бору (1,0 л/га); В8. обробка насіння Вимпел-К (0,5 л/т), Оракул насіння (1,0 л/т), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/т) + обробка посівів у фазі 2–3 листки Вимпел (0,5 л/га) + обробка посівів у фазі бутонізації Вимпел (0,5 л/га), Оракул мультикомплекс (1,0 л/га), Оракул колофермин молібдену (0,5 л/га), Оракул колофермин бору (1,0 л/га).

Повторність в досліді триразова. Кількість варіантів – 48, загальна кількість ділянок – 144. Розміщення варіантів систематичне. Облікова площа ділянки – 28 м², загальна – 42 м². Обліки і спостереження проводилися за загальноприйнятими методиками досліджень у рослинництві [14–18].

Основний метод дослідження – польовий, який передбачав вивчення взаємодії досліджуваних чинників на ріст і розвиток рослин та урожайність сої; кількісно-ваговий метод – для визначення структури врожаю; лабораторний – для визначення вологості ґрунту, математично-статистичний – для аналізу та встановлення достовірності отри-

маних результатів.

Результати та обговорення. Оптимізація всіх елементів технології для конкретного сорту дозволяє максимально реалізувати його урожайний потенціал. Тому доцільно було вивчити вплив обробки насіння, посівів стимулятором росту рослин та мікродобривами, мінеральних добрив на продуктивність сортів сої Самородок та Діадема Поділля.

Встановлено, що рівень урожайності насіння сої істотно залежав від досліджуваних чинників (табл. 1). Так, застосування досліджуваних способів обробки насіння та позакореневого підживлення забезпечило зростання урожайності насіння сої сорту Діадема Поділля від 0,09 до 0,65 т/га (або 4,4–42,7 %) та для сорту Самородок – від 0,10 до 0,67 т/га (або 4,7–44,4 %) залежно від препарату та рівня мінерального живлення. Варто зазначити, що на фоні без добрив відсоткова ефективність означених препаратів щодо приросту урожайності дещо більша, ніж на удобрених фонах.

Внесення мінеральних добрив з розрахунку $N_{10}P_{26}K_{26}$ сприяло зростанню врожайності насіння сої сорту Діадема Поділля на 0,36–0,46 т/га, а сорту Самородок – на 0,45–0,55 т/га до фону без добрив. Приріст урожаю при внесенні $N_{20}P_{52}K_{52}$ складав відповідно 0,64–0,71 т/га і 0,79–0,85 т/га.

Серед досліджуваних способів передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення найбільший приріст врожаю насіння сої сорту Діадема Поділля (0,62–0,67 т/га) та сорту Самородок (0,60–0,67 т/га) отримали за комплексної обробки насіння та двох позакорневих підживлень (варіант 8).

На вирощування сої витрачається велика кількість поновлюваної та непоновлюваної енергії. Виробництво та ефективне використання енергії є однією з важливих проблем, яка поступово загострюється. Тому ефективне використання її необхідно розглядати як одну з важливих можливостей збільшення виробництва продукції за менших її витрат.

Енергетична оцінка досліджуваних технологічних прийомів вирощування сої сорту Самородок показала, що сукупні витрати енергії на 1 га при вирощуванні сої, залежно від варіанту досліду, становлять 20,58–27,20 ГДж/

Таблиця 1. Урожайність сортів сої залежно від удобрення та обробки насіння і посівів біологічно-активними препаратами, т/га

Варіант обробки	сорт Самородок			сорт Діадема Поділля			
	2019 р.	2020 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	середнє	
Без добрив							
1	1,28	1,41	1,35	1,61	1,53	1,57	
2	1,37	1,50	1,44	1,74	1,65	1,70	
3	1,59	1,69	1,64	1,98	1,91	1,95	
4	1,70	1,86	1,78	2,08	2,03	2,06	
5	1,78	1,94	1,86	2,17	2,16	2,16	
6	1,63	1,71	1,67	2,02	1,95	1,99	
7	1,71	1,80	1,76	2,12	2,06	2,09	
8	1,90	1,99	1,95	2,27	2,20	2,24	
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆							
1	1,75	1,93	1,84	2,07	1,98	2,03	
2	1,93	2,04	1,99	2,18	2,06	2,12	
3	2,03	2,15	2,09	2,42	2,20	2,31	
4	2,19	2,38	2,29	2,56	2,35	2,46	
5	2,28	2,46	2,37	2,66	2,47	2,56	
6	2,10	2,20	2,15	2,48	2,27	2,38	
7	2,22	2,30	2,26	2,57	2,36	2,47	
8	2,40	2,57	2,46	2,74	2,55	2,65	
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂							
1	2,03	2,23	2,13	2,34	2,21	2,28	
2	2,10	2,35	2,23	2,45	2,34	2,40	
3	2,31	2,56	2,44	2,69	2,57	2,63	
4	2,46	2,68	2,57	2,80	2,69	2,75	
5	2,57	2,77	2,67	2,91	2,79	2,85	
6	2,37	2,59	2,48	2,71	2,55	2,63	
7	2,50	2,64	2,57	2,81	2,64	2,73	
8	2,68	2,91	2,80	2,98	2,87	2,93	
НІР ₀₅	A	0,094	0,069	0,077	0,026	0,094	0,041
	B	0,062	0,044	0,058	0,019	0,046	0,033

га. Енергетичні витрати на вирощування сої коливалися від 20,58–20,86 ГДж/га – на фоні без мінеральних добрив, тоді як за внесення N₁₀P₂₆K₂₆ зростали до 23,77–24,05 ГДж/га, за внесення N₂₀P₅₂K₅₂ енергетичні витрати становили 26,92–27,20 ГДж/га (таблиця 2).

Внесення мінеральних добрив у нормі N₂₀P₅₂K₅₂ суттєво збільшувало витрати енергії (на 15–26 %), через високу енергоємність добрив, проте не забезпечувало високого приросту врожаю та накопичення енергії, що призводило до незначного зниження енергетичного коефіцієнта, порівняно з нормою N₁₀P₂₆K₂₆.

Витрати сукупної енергії найменшими були у варіанті 1 без обробки насіння, посівів і мінеральних добрив і на цьому ж варіанті найменше накопичено її в урожаї.

Коефіцієнт енергетичної ефективності мав значні коливання за рівнями мінерально-

го живлення, способами передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. За досліджуваними способами передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення найбільше зростання коефіцієнта енергетичної ефективності (до 2,10 – сорт Самородок та до 2,27 ум. од. – сорт Діадема Поділля) відмічено на варіанті 8, де поєднували передпосівну комплексну обробку насіння та два позакореневих підживлення – у фазі 2–3 листків та початку бутонізації за рівня мінерального живлення N₁₀P₂₆K₂₆.

Таким чином, порівняно із контролем коефіцієнт енергетичної ефективності зростає залежно від способів передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на 0,13–0,64 ум. од., при внесенні N₁₀P₂₆K₂₆ коефіцієнт енергетичної ефективності зріс на 0,07–0,51 ум. од., при внесенні N₂₀P₅₂K₅₂ – на 0,09–0,47 ум. од. – сорт Діадема Поділля;

Таблиця 2. Енергетична оцінка технологій вирощування сої сорту Діадема Поділля залежно від удобрення, способів передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Без добрив			N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆			N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂		
	витрати енергії на вирощування, ГДж/га	енергетична цінність урожаю, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Ке	витрати енергії на вирощування, ГДж/га	енергетична цінність урожаю, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Ке	витрати енергії на вирощування, ГДж/га	енергетична цінність урожаю, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Ке
Сорт Самородок									
1	20,58	27,77	1,35	23,77	37,85	1,59	26,92	43,81	1,63
2	20,61	29,83	1,45	23,80	40,93	1,72	26,95	45,87	1,70
3	20,63	33,73	1,63	23,82	42,99	1,80	26,97	50,19	1,86
4	20,68	36,61	1,77	23,87	47,10	1,97	27,02	52,86	1,96
5	20,71	38,26	1,85	23,90	48,75	2,04	27,05	54,92	2,03
6	20,73	34,35	1,66	23,92	47,23	1,97	27,07	51,01	1,88
7	20,76	36,20	1,74	23,95	46,49	1,94	27,10	52,86	1,95
8	20,86	40,11	1,92	24,05	50,60	2,10	27,20	57,60	2,12
сорт Діадема Поділля									
1	20,59	32,29	1,57	23,78	41,76	1,76	26,93	46,89	1,74
2	20,62	34,97	1,70	23,81	43,61	1,83	26,96	49,37	1,83
3	20,64	40,11	1,94	23,83	47,52	1,99	26,98	54,10	2,01
4	20,69	42,37	2,05	23,87	50,60	2,12	27,03	56,57	2,09
5	20,72	44,43	2,14	23,91	52,66	2,20	27,06	58,62	2,17
6	20,74	40,93	1,97	23,93	48,96	2,05	27,08	54,10	2,00
7	20,77	42,99	2,07	23,96	50,81	2,12	27,11	56,16	2,07
8	20,87	46,08	2,21	24,06	54,51	2,27	27,21	60,27	2,21

0,10–0,57 ум. од., 0,13–0,51 ум. од. та 0,07–0,49 ум. од. відповідно – сорт Самородок.

Витрати вологи на одиницю врожаю також належать до фактору, що характеризує ефективність елементів технології вирощування. Встановлено, що кількість води, яка витрачається на одиницю врожаю залежать від досліджуваних чинників (табл. 3). Застосування макро добрив супроводжувалось зменшенням витрат вологи на формування 1 т насіння сої сорту Самородок на 27–36 %, сорту Діадема Поділля – на 22–31 % порівняно до контролю без добрив.

Найменші витрати вологи на формування 1 т насіння сої відмічено за внесення мінеральних добрив у нормі N₂₀P₅₂K₅₂ та комплексної обробки насіння і двох позакорневих підживлень – у фазі 2–3 листків та бутонізації, які склали для сорту Самородок 2452 м³, для сорту Діадема Поділля – 2443 м³, що на 52 та 46 % менше відповідно, по-

рівняно до контролю.

Висновки. На основі аналізу експериментальних даних виявлено, що застосування стимуляторів Вимпел та мікродобрив Оракул сприяє підвищенню урожайності, зменшенню витрат вологи на одиницю врожаю та збільшенню коефіцієнта енергетичної ефективності. Оптимальним варіантом є поєднання передпосівної обробки насіння Вимпел-К, Оракул насіння, Оракул молібден з обробкою посівів у фазу 2–3 справжніх листків Вимпел та у фазу початку бутонізації комплексом препаратів Вимпел, Оракул мультикомплекс, Оракул колофермин молібдену, Оракул колофермин бору за рівня мінерального живлення N₂₀P₅₂K₅₂. Проте, за енергетичною ефективністю даний фон живлення практично не має переваг перед фоном N₁₀P₂₆K₂₆, а на сорті Діадема Поділля – й перед фоном без добрив.

Використання даних біологічно ак-

Таблиця 3. Сумарне водоспоживання та витрати води на формування 1 т насіння сої залежно від досліджуваних чинників, м³

Варіант	Сумарні витрати вологи з ґрунту і опадів за вегетаційний період, мм	Витрати вологи на 1 т насіння, м ³			Сумарні витрати вологи на 1 т урожаю сухої речовини, м ³		
		2019 р.	2020 р.	середнє за 2019–2020 рр.	2019 р.	2020 р.	середнє за 2019–2020 рр.
сорт Самородок							
без добрив							
1	688,2	4590	5594	5092	2577	3168	2873
8	701,6	3220	3977	3599	1526	2413	1970
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆							
1	689,3	3384	4074	3729	1763	1585	1674
8	698,7	2504	3075	2790	1270	1718	1494
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂							
1	693,7	2946	3539	3243	1484	2157	1821
8	688,8	2184	2719	2452	1143	1592	1368
сорт Діадема Поділля							
без добрив							
1	706,2	3881	5146	4514	2069	2853	2461
8	710,4	2767	3602	3185	1578	2037	1808
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆							
1	709,8	3044	3988	3516	1607	2237	1922
8	712,0	2311	3108	2710	1262	1757	1510
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂							
1	708,2	2679	3571	3125	1444	1998	1721
8	712,8	2123	2762	2443	1289	1548	1419

тивних препаратів є перспективним заходом для удосконалення ощадних та екологічно безпечних технологій вирощування сої, який

сприяє зниженню впливу на рослини стресових факторів, зокрема нестачі макроелементів живлення і вологи в ґрунті.

Використана література

1. Tilman D., Cassman K. G., Matson P. A., Naylor R., Polansky S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002. Vol. 8. Pp. 671–677. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature.01014>.
2. Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R., Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010. Vol. 327. Pp. 812–818. DOI: 10.1126/science.1185383.
3. Лихочвор В. В. Біологічне рослинництво. Львів : НВФ Українські технології, 2004. 312 с.
4. Камінський В. Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах зміни клімату. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 1. С. 3–15.
5. Leng G., Huang M. Crop yield response to climate change varies with crop spatial distribution pattern. *Scientific Reports*, 2017. Vol. 7. P. 1463. DOI: 10.1038/s41598-017-01599-2.
6. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 2016. Vol. 529. Pp. 84–87. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature16467>.
7. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Лук'яник М. М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісн. аграр. науки*. 2019. № 9. С. 29–34. DOI: 10.31073/agrovisnyk201909-04
8. Балюк С. А., Носко Б. С., Воротинцева Л. І. Регулювання родючості ґрунтів та ефективності добрив в умовах змін клімату. *Вісн. аграр. науки*. 2018. № 4. С. 5–12. DOI: doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01
9. Соя: биология, производство, использование / под ред. Гурикбала Сингха ; пер. з англ. Н. О. Лавской; науч. ред. Д. С. Шляхтуров]. Киев: ИД Зерно, 2014. 656 с.
10. Фадеев Л. В. Соя – культура XXI века. Харьков. 2017. 431 с.
11. Бербець О. В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. *Агросвіт*. 2019. № 10. С. 41–45.

DOI: doi.org/10.32702/2306-6792.2019.10.41

12. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві ; за ред. З. М. Грицаєнко. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА». 2008. 352 с.
13. Василенко М. Г. Органо-мінеральні добрива і регулятори росту рослин в органічному землеробстві. *Вісн. аграр. науки*. 2017. № 2. С. 11–18. DOI: doi.org/10.31073/agrovisnyk201702-02
14. Облік шкідників та хвороб сільськогосподарських культур: монографія / за ред. В. П. Омелюти. Київ Урожай, 1986. 296 с.
15. Методика Державного сорто випробування сіль-

ськогосподарських культур. *Методи визначення показників якості рослинної продукції*; за ред. Гончара О. М. Київ: Альфа, 2000. Вип. 7. 150 с.

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Изд. 4-е, перер. и доп. Москва: Колос, 1979. 416 с.
17. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 206 с.
18. Принципы управления производственными процессами в агроэкосистемах / под ред. А. А. Ничипоровича, Москва: Наука, 1976. 201 с.

References

1. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A. Naylor, R., & Polansky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 8. 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>.
2. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 327. 812–818. [10.1126/science.1185383](https://doi.org/10.1126/science.1185383).
3. Lykhochvor, V. V. (2004). *Biologichne roslynnytstvo*. [Biological crop production]. Lviv: NVF Ukrainski tekhnolohii. [in Ukrainian]
4. Kaminskyi, V. F. (2016). Naukovi zasady biologichnoho zemlerobstva v umovakh zminy klimatu. [Scientific principles of organic farming in the context of climate change]. *Coll. Science. works of NSC "Institute of Agriculture NAAS". 1*. 3–15. [in Ukrainian]
5. Leng, G. & Huang, M. (2017). Crop yield response to climate change varies with crop spatial distribution pattern. *Scientific Reports*, 7. 1463. [10.1038/s41598-017-01599-2](https://doi.org/10.1038/s41598-017-01599-2).
6. Lesk, C., Rowhani, P. & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 529. 84–87. <https://doi.org/10.1038/nature16467>.
7. Polovyy, V. M., Lukashchuk, L. Ya. & Luk'yanuk, M. M. (2019). The impact of climate change on crop development in the Western region. *Visnyk ahrarnoyi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 9, 29–34. [10.31073/agrovisnyk201909-04](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04) [in Ukrainian].
8. Balyuk, S. A., Nosko, B. S. & Vorotyntseva, L. I. (2018). Regulation of soil fertility and fertilizer efficiency in climate change]. *Visnyk ahrarnoyi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 4, 5–12. doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01 [in Ukrainian]
9. Gurikbal, Singh (Ed.). (2014). *Soja: biologija, proizvodstvo, ispol'zovanie* [Soy: biology, production, use]. N. O. Lavskaya (Trans.). Kiev: ID Zerno. [In Russian].
10. Fadeev, L. V. (2017). *Soja – kul'tura XXI veka*. [Soya – culture of the XXI century]. Har'kov. [In Russian]
11. Berbenets, O. V. (2019). World soybean production as an inexhaustible source of plant proteins and Ukraine's place in the world market for its trade. *Ahrosvit*. 10. 41–45. doi.org/10.32702/2306-6792.2019.10.41 [in Ukrainian].
12. Hrytsayenko, Z. M., Ponomarenko, S. P., Karpenko, V. P. & Leontyuk, I. B. (Hrytsayenko, Z. M. (Ed.)). (2008). *Biologichno aktyvni rechovyny v roslynnytstvi* [Biologically active substances in crop production]. Kyiv: ZAT NICH LAVA. 352 p. [in Ukrainian]
13. Vasylenko, M. H. (2017). Organo-mineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 2, 11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201702-02> [in Ukrainian]
14. Omeliuta, V. P., Hryhorovych, I. V., Chaban, V. S., Pidoplichko, V. N., Kalenykh, F. S., Petruha, O. Yo. Chernenko, O. O. (Omeliuta, V. P. (Ed.)). (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur*. [Accounting for pests and diseases of crops]. Kyiv: Urozhai. 296 p. [in Ukrainian]
15. Honchar, O. M. (Ed.). (2000). *Metodyka Derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti roslynnoi produktsii*. [Methods of State variety testing of crops. Methods for determining the quality of plant products]. Kyiv: Alfa, 7 p. [in Ukrainian]
16. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov isledovaniy*. [Field experiment methodology: with the basics of statistical processing of research results]. (5th, enl. rev.). Moskva: Kolos. 416 p. [In Russian]
17. Medvedovskyy O. K. & Ivanenko P. I. (1988). *Enerhetychnyy analiz intensyvnykh tekhnolohiy v silskohospodarskomu vyrobnytstvi*. [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Urozhay. 206 p. [in Ukrainian]
18. Nychiporovich, A. A. (Ed.). (1976). *Principy upravleniya produkcionnymi processami v agrojekosistemah*. [Principles of management of production processes in agroecosystems]. Moskva: Nauka. 201 p. [in Russian]

Vlasyuk O. S., Kvasnitska L. S. Effectiveness of bioactive preparations as an element of ecologization of soybean cultivation.*Grain Crops* 2022. 6 (1). 108–115.*Khmelnitsky State Agricultural Experimental Station of Institute of Feed Research and Agriculture Podillia of NAAS, 1 Samchyky St., Samchyky village, Khmelnytskyi district, Khmelnytskyi region, 31182, Ukraine*

Topicality. In the world, the biologicalization of agriculture is determined not only by environmental and social, but also economic problems. Therefore, it is urgent to find and implement effective energy-saving and environmentally safe elements of crop cultivation technologies, in particular, the application of physiologically active preparations, such as plant growth stimulators and microelements. **Issues.** The effectiveness of stimulants, macro- and microelements depends on doses, forms, application terms and methods, environmental factors. Bioactive preparations require study, economic and ecological justification, adapt to the soil and climatic conditions of a specific ecological and geographical zone. **Aim.** To determine the optimal variants of mineral fertilizers application in combination with foliar dressing as well as treatment of seeds and plants of soybean varieties with bioactive preparations for 15–20 % productivity increase and biologicalization of crop cultivation. **Methods.** The field method was used to investigate the interaction of the studied factors on the plant growth and development and productivity of soybean; quantitative-weight method – to determine the yield structure; laboratory method – to determine the soil moisture content, mathematical and statistical method - to analyse and establish the reliability of the obtained results. **Results.** The research results showed that the indicators of productivity, energy assessment and moisture consumption for yield formation depend on influence of macro- and microfertilizers, treatment of soybean seeds and plants with Vympel stimulant and Oracul microfertilizer on different nutrition backgrounds. It was determined that the studied methods of seed treatment and foliar dressing ensured an increase in the soybean seed yield of Diadema Podillia variety by 0.09–0.67 t/ha, and of Samorodok variety by 0.12–0.65 t/ha depending on the level of mineral nutrition. At the same time, application of $N_{10}P_{26}K_{26}$ resulted in an increase in soybean seed yield of Diadema Podillia variety compared to the control (without fertilizer) by 0.45–0.88 t/ha, the Samorodok variety – 0.36–0.46 t/ha; and when applying $N_{20}P_{52}K_{52}$, the increase was 0.78–0.85 and 0.64–0.71 t/ha, respectively., 0.78–0.85 and 0.64–0.71 t/ha. Among all the studied variants, the highest seed yield of Diadema Podillya variety (2.93 t/ha) and Samorodok variety (2.80 t/ha) was obtained when pre-sowing seed treatment with Vympel-K, Oracul seeds, Oracul colofermin molybdenum was combined with treatment of plants in 2–3 true leaves stage with Vympel, and in the beginning of budding stage with Vympel, Oracul multicomplex, Oracul colofermin molybdenum, Oracul colofermin boron on the background of $N_{20}P_{52}K_{52}$. The increase to absolute control (0.79 and 0.85 t/ha or 30.8 and 43.6 %, respectively) was obtained with the lowest moisture consumption for yield formation. In the same variant, but on the background of $N_{10}P_{26}K_{26}$, the most energy efficiency ratio was 2.10 standard units (Samorodok variety) and up to 2.27 standard units (Diadema Podillia variety). The moisture consumption required to form 1 ton of soybean seeds was decreased for Samorodok variety by 27–36 %, and Diadema Podillya variety by 22–31 % compared to the control due to application of mineral fertilizers. The lowest moisture consumption was observed when the mineral fertilizers in the rate of $N_{20}P_{52}K_{52}$, seed treatment and two foliar dressing was applied in the complex, and equalled 2452 m³ (Samorodok variety) and 2443 m³ (Diadema Podillia variety), which is less than control by 52 and 46 % respectively. **Conclusions.** The Vympel stimulators and Oracul microfertilizers increase the productivity of soybeans, reduce moisture consumption per unit of crop and increase the energy efficiency ratio.

Key words: soybean, yield, bioactive preparations, mineral fertilizers, microelements, energy efficiency, water consumption.