Original researches

Influence of Organic Fertilizers on the Growth and Development of Buckwheat Plants

Received: 8 June 2018
Revised: 21 June 2018
Accepted: 23 June 2018

State Agrarian and Engineering University
in Podilya,
Shevchenko Str., 13,
Kamyanets-Podilsky, 32300, Ukraine

Tel.: +38-067-342-21-88
E-mail: vermos2011@ukr.net

Cite this article: Bunchak O. M. (2018).
Influence of organic fertilizers on the growth
and development of buckwheat plants.
Agrology, 1(3), 235–239.
doi: 10.32819/2617-6106.2018.13001

O. M. Bunchak

State Agrarian and Engineering University in Podilya, Kamienets-Podilsky, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is to study the influence of organic fertilizers produced on the basis of the latest technologies, with a balanced content of trivalent chromium on the growth and development of Elena's buckwheat plants under the conditions of the Western Forest-Steppe. Field and laboratory investigations were carried out in the conditions of the western forest-steppe during 2013–2016 at the experimental field of the Podilsky State Agrarian-Technical University. The soil of the experimental site – black earth is a typical heavy-granular granulometric composition. Organic fertilizers “Bioproferm” and “Bioaktiv” and mineral fertilizers in the form of $N_{120}P_{80}K_{80}$ were introduced under the basic soil cultivation, “Biohrom” – during the vegetation of Elena buckwheat. Agro-technology buckwheat breeding is generally accepted for the conditions of the western forest-steppe of Ukraine. Concomitant studies and observations are performed according to generally accepted techniques. The results of the four-year research on the influence of organic fertilizers produced by the method of biological fermentation and the method of cavitation with balanced content of tri-chromium on the growth and development of Elena's buckwheat plants in the conditions of the western forest-steppe are highlighted. It was established that in the variants of application of organic fertilizers Bioactive, Bioproperty, the field similarity of the buckwheat seed was 4.4–8.1% higher compared with the control at the density of plants standing in the phase of stacks of 3,308–3,448 million pounds/ha, or, respectively, at 0.184–0.324 million pounds/ha more compared to control. The viability of plants in these variants was 94.7–96.4%, or was 4.6–6.3% higher compared to control. The highest field similarity – 86.2% and survival – 96.4% was due to the introduction of 10 t/ha of organic fertilizer “Bioproferm” and spraying during vegetation with liquid organic fertilizer “Biohrom” at a dose of 5 l/ha. The use of organic fertilizers BioProms (10 t/ha), produced by the method of biological fermentation, with a balanced content of trivalent chromium under the basic cultivation of soil and liquid organic fertilizer Biohrom (5 l/ha), made by the method of cavitation, during the vegetation of plants contributed the creation of more productive agrocenoses, which significantly accelerate the assimilation processes of buckwheat plants and increase the area of their leaf surface. In the phase of budding, it was 10.8 thousand m^2/ha more, and in the flowering phase – by 8.1 thousand m^2/ha more compared to the control.

Keywords: productivity of culture, “Bioproferm” and “Bioactive”, trivalent chromium, leaf surface, assimilation processes, agrocenoses.

Вплив органічних добрив на ріст й розвиток рослин гречки

О. М. Бунчак

Подільський державний аграрно-технічний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна

Анотація. Висвітлено результати чотирирічних досліджень з вивчення впливу органічних добрив, виготовлених методом біологічної ферментації та методом кавітації зі збалансованим умістом тривалентного хрому, на ріст й розвиток рослин гречки сорту Єлена в умовах західного Лісостепу. Польові і лабораторні дослідження виконували протягом 2013–2016 рр. на дослідному полі Подільського державного аграрно-технічного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий важкосуглинкового гранулометричного складу. У дослідженнях ріст і розвиток рослин гречки здебільшого залежав від погодних умов у період вегетації культури і від внесення органічних добрив “Біоактив” і “Біопроферм”, які значно покращили агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, особливо поживний і водний режими, зросла і його біологічна активність. У варіантах застосування органічних добрив “Біоактив”, “Біопроферм” польова схожість насіння гречки зареєстрована на 4,4–8,1% більшою за густоти стояння рослин у фазу сходів на 0,184–0,324 млн шт./га більшої контрольного варіанта. Виживаність рослин у цих варіантах була на 4,6–6,3% більшою відносно контролю. Найвищі польова схожість (86,2%) і виживаність (96,4%) відзначено за внесення 10 т/га органічного добрива

“Біопрoferм” та обприскування під час вегетації рідким органічним добривом “Біохром” у дозі 5 л/га. Застосування органічного добрива “Біопрoferм” (10 т/га) під основний обробіток ґрунту та рідкого органічного добрива “Біохром” (5 л/га) під час вегетації рослин сприяло створенню продуктивніших агроценозів, у яких значно активізуються асиміляційні процеси рослин гречки та зростає площа їх листової поверхні. У фазу бутонізації вона була на 10,8 тис. м²/га, а у фазу цвітіння – на 19,4 тис. м²/га більшою відносно до контролю.

Ключові слова: продуктивність круп’яної культури, “Біопрoferм” і “Біоактив”, тривалентний хром, листові поверхні, асиміляційні процеси, агроценози.

Вступ

Гречка, як і просо, рис, належить до найважливіших круп’яних культур для людського організму. Крупа з неї відзначається високими споживчими, смаковими та дієтичними властивостями. У зерні гречки міститься 10–15% білка, 67,8% вуглеводів, 3,1% олії, 2,8% золи, 13,1% клітковини. Завдяки доброму засвоєнню білків і вуглеводів, значному вмісту жирів, мінеральних елементів, органічних кислот, гречану крупу використовують як продукт дієтичного харчування (Ivanyshyna & Shuvara, 2016).

Відомо, що агротехнічні заходи вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі й гречки, значно впливають на ріст, розвиток і врожайність культури (Nychporovych et al., 1986; Savic'kyj & Ovsijchuk, 1990).

Серед агротехнічних заходів виняткове значення мають ті, що спрямовані на створення оптимальної густоти стояння рослин та забезпечують продуктивність фотосинтезу. Такими агрозаходами, крім строків сівби і норми висіву, є застосування органічних добрив із збалансованим вмістом Cr³⁺ (Ivanyshyna & Shuvara, 2016; Savic'kyj & Ovsijchuk, 1990; Nychporovych et al., 1986). Вивчення їх впливу на ріст й розвиток рослин та загальну продуктивність культури є актуальним.

Відомості про участь хрому в метаболізмі рослин, який визначає вплив цього мікроелемента на продуктивність і якість сільськогосподарських рослин дуже обмежені як у вітчизняній, так і в іноземній літературі (Henying, 1976; Iskra et al., 2014; Sologub et al., 2007; Shuvalov, 1989; Iskra et al., 2014; Garcia-Nino et al., 2014; Nigam et al., 2014; Fang et al., 2014).

Значення тривалентного хрому в годівлі тварин і харчуванні людей висвітлено в працях багатьох учених (Anderson, 1997; Iskra & Vlizlo, 2013; Balakrishnan et al., 2013; Sahin et al., 2013; Senapati et al., 2015).

Уміст хрому в ґрунті значною мірою залежить від окисно-відновного потенціалу та pH ґрунту. У більшості ґрунтів хром присутній переважно у вигляді хрому(III). Ця сполука має дуже низьку розчинність і низьку реактивність, що призводить до низької рухливості в навколишньому середовищі та низької токсичності у живих організмах (Sharma et al., 2012; Karthik et al., 2014; Karthikeyan & Mani, 2014; Kumari et al., 2014). Природні ґрунти, як правило, містять від 10 до 50 мг хрому на 1 кг ґрунту. Хром, що міститься в ґрунтах впливає на проростання насіння, ріст рослин, фотосинтез та поглинання різних поживних речовин (Henying, 1976; Sologub et al., 2007; Shuvalov, 1989).

Звичайні корми, які використовують у годівлі сільськогосподарських тварин, характеризуються Cr(III) – 1000–3000 мкг/кг корму. Такі дані становлять інтерес, оскільки зміни в метаболізмі глюкози спостерігаються в організмі тварин у разі додавання до раціону лише 200 мкг Cr(III)/кг, тобто набагато менше, ніж його вміст у природних кормах. З одного боку, це зумовлено незначним засвоєнням хрому з природних кормів, а з іншого – впливом стресу на виділення Cr(III) з організму (Sologub et al., 2007; Iskra & Vlizlo, 2013).

Хром, як відомо з літературних джерел виконує функцію стабілізатора молекул нуклеїнових кислот у їх просторовій конфігурації і включається через групи нуклеїдів до складу протеїнів. Чимала участь хрому в активізації окисно-відновних ферментів. Він бере участь у процесах дихання і фотосинтезу,

стимулює утворення і окиснення аскорбінової кислоти. Низка дослідників вважають, що сполуки шестивалентного хрому токсичніші з-за високої окисної здатності порівняно з тривалентними сполуками цього елементу. Водночас тривалентний хром позитивно впливає на ріст й розвиток рослин і формування загальної продуктивності культури (Henying, 1976; Berber et al., 2015; Niki, 2015).

У США, в країнах Західної Європи, а в останні роки й в Україні значної уваги надають дослідженням із застосуванням тривалентного хрому в адаптивно-ландшафтних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Його вважають одним із життєво необхідних елементів для повноцінного росту й розвитку рослин, харчування людей і годівлі тварин (Henying, 1976; Shuvalov, 1989; Niki, 2015; Kabata-Pendyas & Pendy, 1989). Тому організм людини має збагачуватися продуктами харчування рослинного походження, вирощеними на ґрунтах з умістом необхідної кількості Cr³⁺, а раціон годівлі тварин забезпечуватися цим мікроелементом.

Підприємства з виробництва шкіри отримують значну кількість відходів (мездра) – підшкірного жиру та відходів первинного оброблення шкіри, а також осаду очисних споруд. Ці відходи після належного перероблення можна ефективно застосовувати для поліпшення родючості ґрунтів і підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Отримані органічні добрива багаті на органічні речовини і такий життєво важливий елемент, як тривалентний хром (Shuvar et al., 2015).

Враховавши кліматичні та екологічні умови місця розташування ТЗОВ “Світ шкіри” (м. Болехів Івано-Франківської обл.) і впроваджені асоціацією “Біоконверсія” технології перероблення відходів тваринництва та птахозабриків, нами спільно розроблено, запатентовано та впроваджено у виробництво технологію перероблення відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд методом пришивидженої біологічної ферментації (патент № 33611).

Оскільки наукових досліджень з виробництва і застосування органічних добрив з умістом тривалентного хрому в технологіях вирощування сільськогосподарських культур в Україні вкрай мало, а у західному Лісостепу практично ніхто не досліджував цей напрям, нами було розроблено технологію виробництва органічних добрив з відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом біологічної ферментації зі збалансованим вмістом мікроелементу Cr³⁺ і технологію виробництва рідкого органічного добрива “Біохром” методом кавітації.

Однак дослідження з вивчення впливу органічних добрив із умістом тривалентного хрому на ріст й розвиток агроценозу та продуктивність гречки в Україні не виконувались.

Мета дослідження – вивчити вплив органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, зі збалансованим вмістом тривалентного хрому, на ріст й розвиток рослин гречки сорту Слена в умовах Західного Лісостепу.

Матеріал і методи досліджень

Польові і лабораторні дослідження виконували в умовах західного Лісостепу протягом 2013–2016 рр. на дослідному полі Подільського державного аграрно-технічного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий важкосуглинкового гранулометричного складу, характеризується такими

агрохімічними показниками: рН = 6,5–6,8; уміст гумусу (за Тюрнімом) – 4,12–4,34 %, забезпечення азоту, що легко гідролізується (за Корнфільдом) – 116–124 мг/кг, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 86–91 мг/кг, обмінного калію (за Чиріковим) – 127–168 мг/кг ґрунту.

Органічне добриво “Біоактив” виготовляється по запатентованій нами технології з органічних відходів (пташиний послід, ставковий мул, тирса) методом прискореної біологічної ферментації. За ефективністю 1 тонна “Біоактиву” рівнозначна 8–10 т традиційних органічних добрив (гній, пташиний послід, торфокомпост).

Органічне добриво “Біопроферм” із збалансованим умістом Cr^{+3} виробляють із органічних відходів шкіряного виробництва (міздра, осад очисних споруд + 8–10% тирси); містить 2,7% загального азоту, 3,5% фосфору, 1,6% калію та 540 мг/кг Cr^{+3} методом прискореної біологічної ферментації.

Рідке органічне добриво “Біохром” виготовляють з органічного добрива “Біопроферм” методом кавітації, містить гумінові речовини, фульвокислоти, фітогормони, макро- і мікроелементи та 5,4 мг/л тривалентного хрому.

У досліді вивчали вплив органічного добрива “Біопроферм” (уміст Cr^{+3} 540 мг/кг) та рідкого органічного добрива “Біохром” (уміст Cr^{+3} 5,4 мг/л) на продуктивність фотосинтезу гречки. Органічні добрива “Біопроферм” і “Біоактив” та мінеральні добрива у формі $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ вносили під основний обробіток ґрунту, “Біохром” – під час вегетації гречки.

Агротехніка вирощування гречки загальноприйнята для умов західного Лісостепу України. Супутні дослідження і спостереження виконано за загальноприйнятими методиками (Dosepohov, 1980; Rozkov et al., 2016; Rozkov et al., 2016).

Результати

Гречка для своєчасного проростання насіння, а отже, й отримання високого врожаю, вимагає підвищеного забезпечення вологою і відповідної температури. Нерідко вирішальним чинником у досягненні мети є поява дружних сходів культури.

Урожайність будь-якого посіву сільськогосподарських рослин є функцією двох величин: середньої кількості рослин на одиниці площі та середньої продуктивності однієї рослини (Terek & Pocula, 2011). Ряд учених вважають, що урожайність зернових культур здебільшого визначається першим показником – кількістю рослин на одиниці площі (Ivanyshyna & Shuvara, 2016; Savic'kyj & Ovsijchuk, 1990; Nychporovych et al., 1986).

Фенологічні спостереження, проведені протягом 2013–2016 рр., засвідчили, що ріст і розвиток рослин гречки значною мірою залежав від погодних умов, які склалися в період вегета-

ції культури, і від внесення органічних добрив “Біоактив” і “Біопроферм”, що значно покращили агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, особливо поживний і водний режими. Запаси продуктивної вологи в посівному шарі на цих варіантах були на 5–8 мм більшими відносно контролю. Зроста і біологічна активність ґрунту. Так, інтенсивність виділення вуглекислого газу ґрунтом на цих варіантах у фазу цвітіння була на 7–11% більшою порівняно з контролем.

Позитивні зміни в динаміці азоту в ґрунті дозволили виявити тенденцію до збільшення вмісту як загального азоту, так і його нітратної форми. Збільшення вмісту загального азоту відбувалося за внесення всіх видів добрив. Наприклад, у варіанті з внесенням 10 т/га препарату “Біопроферм” з мікроелементом Cr^{+3} вміст загального азоту був більшим, ніж в контролі, на 36,5 мг/кг, нітратного азоту – на 16,81 мг/кг. Відбулося також збільшення кількості рухомого фосфору на 28,97 мг/кг та обмінного калію на 8,38 мг/кг відносно контрольного варіанта.

Результати наших досліджень свідчать, про те, що густота стеблостою рослин після фази повних сходів та перед збиранням врожаю мали важливе значення, оскільки отриманий відсоток рослин, що вижили за період вегетації культури, характеризував загальну стійкість дослідних зразків до конкретних умов вирощування.

Отже, органічні добрива зі збалансованим умістом тривалентного хрому покращували агрофізичні властивості, водний режим, агрохімічні показники ґрунту та його біологічну ефективність, що позитивно відбилося на отриманні дружних сходів та густоті стояння рослин гречки (табл. 1).

Дослідженнями встановлено, що у варіантах із застосуванням органічних добрив “Біоактив”, “Біопроферм” польова схожість насіння гречки була на 4,4–8,1% вища відносно контролю. У фазу сходів культури за густоти стояння рослин 3,308–3,448 млн шт./га виживаність рослин у цих варіантах була вищою на 4,6–6,3 %, ніж у контролі. Найвища польова схожість – (86,2 %) і виживаність (96,4 %) зафіксовані у варіантах з внесенням 10 т/га органічного добрива “Біопроферм” із збалансованим умістом тривалентного хрому та обприскуванням під час вегетації рідким органічним добривом “Біохром” у дозі 5 л/га.

Лімітуючі фактори навколишнього природного середовища вже в початковий період росту рослин змінювали його габітус, що надалі позначалося на озерненні суцвіть і утворенні повноцінного зерна. Іншими словами, потенційна продуктивність гречки переважно визначається кількістю вегетативних і генеративних органів, їхньою здатністю приймати певні стани у відповідь на зміни умов середовища. Низка дослідників особливу роль відводять показнику висоти рослин гречки і вважають: чим вища рослина, тим більше на ній суцвіть (Ivanyshyna

Таблиця 1. Вплив органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому на густоту стояння рослин гречки сорту Єлена (середнє за 2013–2016 рр.)

№ п/п	Варіант досліджу	Густота сходів, млн шт./га		Польова схожість, %	Виживання рослин, %
		фаза повних сходів	перед збиранням урожаю		
1	Без добрив – контроль	3,124	2,832	78,1	90,1
2	Внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$	3,216	2,984	80,4	92,8
3	Внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ + “Біохром”, 5 л/га	3,212	2,994	80,3	93,2
4	Внесення “Біоактив”, 10 т/га	3,308	3,132	82,5	94,7
5	Внесення “Біоактив”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	3,344	3,204	83,6	95,3
6	Внесення “Біопроферм”, 10 т/га	3,432	3,288	85,8	95,8
7	Внесення “Біопроферм”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	3,448	3,324	86,2	96,4
	HPP_{05}	16,4	15,3	4,1	4,6

Таблиця 2. Формування елементів структури врожаю гречки сорту Єлена залежно від удобрення (середнє за 2013–2016 рр.)

Варіант досліджу	Висота рослини, см	Вузол 1-го галузнення	Кількість на рослину, шт.				Маса зерна, г
			вузлів	гілок	суцвіть	зерен	
Без добрив – контроль	95	3	21	2	17	53	1,5
Внесення $N_{120}P_{80}K_{80}$	102	4	23	3	20	59	1,6
Внесення $N_{120}P_{80}K_{80}$ + “Біохром”, 5 л/га	103	4	23	3	21	52	1,6
Внесення “Біоактив”, 10 т/га	103	4	23	3	21	52	1,7
Внесення “Біоактив”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	106	4	24	3	21	62	1,7
Внесення “Біопроферм”, 10 т/га	108	4	24	3	22	62	1,8
Внесення “Біопроферм”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	107	4	24	3	22	62	1,8

& Shuvara, 2016; Savic'kyj & Ovsijchuk, 1990). Інші вчені встановили залежність між продуктивністю рослин і їх озереженням, що визначається кількістю суцвіть на рослині й зерен на ній (Nychyporovych et al., 1986).

У дослідженнях визначали і складові продуктивності рослин гречки: висоту рослин, вузол 1-го галузнення, кількість вузлів, гілок, суцвіть, зерен, масу зерна (табл. 2). Висота рослин змінювалася залежно від усіх дослідних чинників. Аналізуючи показник висоти рослин, як основного органа морфологічної структури, варто зазначити, що найвищими рослини (107 см) були у варіанті з внесенням органічного добрива “Біопроферм” та рідкого органічного добрива “Біохром” тобто на 13 см більше, ніж у контрольних рослинах. У цьому ж варіанті була найбільшою й кількість вузлів 1-го галузнення – 4, кількість вузлів – 24, гілок – 3 та 22 штук суцвіть.

На думку багатьох науковців, кінцева продуктивність агроценозу складається з продуктивності рослин і кількості їх на площі. Маса зерна з рослин в наших дослідках помітно збільшувалася в усіх варіантах внесення органічних добрив.

Рівень біологічного врожаю визначається розмірами асиміляційної поверхні, інтенсивністю фотосинтезу та тривалістю роботи листків, співвідношенням між процесами асиміляції і дисиміляції. Вивчення процесу фотосинтезу за різних умов живлення дозволяє визначити характер обміну речовин і наближає нас до однієї з основних задач біологічної науки – можливості цілеспрямовано управляти процесами росту й розвитку і кінцевою продуктивністю рослин (Ivanyshyna & Shuvara, 2016; Terek & Posula, 2011).

Як і в інших сільськогосподарських рослин, у гречки спостерігаються значні коливання масштабів формованої

асиміляційної поверхні, яка залежить від генотипу і тривалості його вегетації, а також від гідрометеорологічних і екологічних умов зростання. У наших дослідках збільшення площі листової поверхні посівів гречки здебільшого залежало від рівня мінерального живлення рослин. Органічні добрива “Біопроферм”, виготовлені методом біологічної ферментації, та рідке органічне добриво “Біохром”, виготовлене методом кавітації, значно поліпшували рівень мінерального живлення рослин, що й забезпечило наростання площі листків (табл. 3).

Наростання площі асиміляційного апарату рослин гречки відбувалось у міру проходження фаз розвитку культури і свого максимуму досягала у фазу цвітіння.

У середньому за роки дослідження найпотужніший листовий апарат формували рослини у варіанті за внесення добрива “Біопроферм” (10 т/га) із збалансованим умістом тривалентного хрому та обприскуванням рослин у фазу кушіння–виходу в трубку рідким органічним добривом “Біохром” (5 л/га). У фазу бутонізації культури площа листової поверхні рослин становила 19,7 тис. м²/га, або на 10,8 тис. м²/га була більшою відносно контролю, у фазу цвітіння – відповідно 47,5 та 19,4 тис. м²/га.

Позитивна роль тривалентного хрому в біохімічних процесах функціонування рослин висвітлена в працях багатьох іноземних авторів (Anderson, 1997; Henyng, 1976). Зокрема, А. Хенінг (1976) відзначає важливу роль тривалентного хрому в поліпшенні фотосинтезу рослин пшениці, рису, вівса, кукурудзи, гречки.

Ці дані підтверджені і нашими дослідженнями.

Таблиця 3. Площа листової поверхні гречки сорту Єлена залежно від удобрення органічними добривами, виготовленими за новітніми технологіями (середнє за 2013–2016 рр.), тис. м²/га

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин		
	бутонізація	цвітіння	дозрівання
Без добрив – контроль	8,9	28,1	16,8
Внесення $N_{120}P_{80}K_{80}$	9,7	37,4	18,6
Внесення $N_{120}P_{80}K_{80}$ + “Біохром”, 5 л/га	12,6	39,2	19,7
Внесення “Біоактив”, 10 т/га	16,7	44,7	22,8
Внесення “Біоактив”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	18,8	46,2	23,1
Внесення “Біопроферм”, 10 т/га	19,2	46,8	24,5
Внесення “Біопроферм”, 10 т/га + “Біохром”, 5 л/га	19,7	47,5	24,9
HP_{05}	0,72	1,89	1,03

Висновки

Ріст і розвиток рослин гречки здебільшого залежать від погодних умов у період вегетації культури і від внесення органічних добрив “Біоактив” і “Біопроферм”, які значно покращують агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту, особливо поживний і водний режими; зростає і біологічна активність ґрунту, виділення ним вуглекислого газу у фазу цвітіння.

Органічні добрива “Біоактив”, “Біопроферм” чималий вплив мають і на польову схожість насіння гречки та виживаність рослин. Найвищими ці показники були у варіанті за внесення 10 т/га органічного добрива “Біопроферм” та обприскування під час вегетації рідким органічним добривом “Біохром” у дозі 5 л/га.

Застосування органічного добрива “Біопроферм”, виготовленого методом біологічної ферментації, із збалансованим умістом тривалентного хрому під основний обробіток ґрунту в дозі 10 т/га та рідкого органічного добрива “Біохром”, виготовленого методом кавітації, у дозі 5 л/га під час вегетації рослин гречки забезпечило приріст площі листової поверхні рослин. У фазу бутонізації вона була на 10,8 тис. м²/га, а у фазу колосіння – на 19,4 тис. м²/га більшою відносно контролю.

References

- Anderson, R. A. (1997). Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: Chromium. *Journal of American College Nutrition*, 16, 404–410. doi: [10.1080/07315724.1997.10718705](https://doi.org/10.1080/07315724.1997.10718705).
- Balakrishnan, R., Satish Kumar, C. S., Rani, M. U., Srikanth, M. K., Boobalan, G., & Reddy, A. G. (2013). An evaluation of the protective role of α -tocopherol on free radical induced hepatotoxicity and nephrotoxicity due to chromium in rats. *Indian J Pharmacol*, 45(5), 490–495. doi: [10.4103/0253-7613.117778](https://doi.org/10.4103/0253-7613.117778).
- Berber, R., Khoo, M., Cook, E., Guppy, A., Hua, J., Miles, J., Carrington, R., Skinner, J., & Hart, A. (2015). Muscle atrophy and metal-on-metal hip implants. *Acta Orthop*, 86(3), 351–357. doi: [10.3109/17453674.2015.1006981](https://doi.org/10.3109/17453674.2015.1006981).
- Dosphehov, B. A. (1980). *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Kolos, Moscow (in Russian).
- Fang, Z., Zhao, M., Zhen, H., Chen, L., Shi, P., & Huang, Z. (2014). Genotoxicity of tri- and hexavalent chromium compounds in vivo and their modes of action on DNA damage in vitro. *PLoS One*, 9(8), e103194. doi: [10.1371/journal.pone.0103194](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103194).
- García-Niño, W. R., Zazueta, C., Tapia, E., & Pedraza-Chaverri, J. (2014). Curcumin attenuates Cr(VI)-induced ascites and changes in the activity of aconitase and F(1)F(0) ATPase and the ATP content in rat liver mitochondria. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 28(11), 522–527. doi: [10.1002/jbt.21595](https://doi.org/10.1002/jbt.21595).
- Henyn, A. (1976). *Myneral'nye veshchestva, vytyamyny, byostymuljatory v kormlenye sel's'kohozjajstvennyh zhyvotnyh* [Mineral substances, vitamins, biostimulants in feeding of farm animals]. Kolos, Moscow (in Russian).
- Iskra, R. J., & Vlizlo, V. V. (2013). Osoblyvosti funkcionuvannja systemy antyoksydantnoho zahystu v erytroi'dnyh klitynah i tkanyah syvej za dii' hrom hlorydu [Peculiarities of the functioning of the antioxidant defense system in erythroid cells and swine tissues under the action of chromium chloride]. *The Ukrainian Biochemical Journal*, 85(3), 96–102. doi: [10.15407/ubj85.03.096](https://doi.org/10.15407/ubj85.03.096).
- Iskra, R. J., Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Antonjak, G. L. (2014). *Hrom u zhyvleni tvaryn: monografija* [Chromium in animal nutrition: monograph]. Agrarna nauka, Kyiv (in Ukrainian).
- Ivanishyna, V. V., & Shuvara, I. A. (2016). *Rekomendacii z vyroshhuvannja grechky v promizhnyh posivah* [Recommendations for the cultivation of buckwheat in intermediate crops]. Symfonija forte, Ivano-Frankivs'k (in Ukrainian).
- Kabata-Pendyas, A., & Pendy, H. (1989). *Mykrojelementy v pochvach y rastenyjah* [Microelements in soils and plants]. Myr, Moscow (in Russian).
- Karthik, K., Sharavanan, P. S., & Arivalagan, V. (2014). Effects of hexavalent chromium exposures and control measures through phytoremediation. *IJRSTP*, 1(2), 111–115.
- Karthikeyan, S., & Mani, P. (2014). Studying the effect of heavy metals on tissue protein of an edible fish *Cirrhinus mrigala* under the influence of pH and water hardness. *Biofizika*, 59(2), 392–398.
- Kumari, K., Khare, A., & Dange, S. (2014). The applicability of oxidative stress biomarkers in assessing chromium induced toxicity in the fish *Labeo rohita*. *Biomed. Res. Int.*, 1–11. doi: [10.1155/2014/782493](https://doi.org/10.1155/2014/782493).
- Nigam, A., Priya, S., Bajpai, P., & Kumar, S. (2014). Cytogenomics of hexavalent chromium (Cr 6+) exposed cells: a comprehensive review. *Indian J. Med. Res.*, 139(3), 349–370.
- Niki, E. (2015). Evidence for beneficial effects of vitamin E. *Korean J. Intern. Med.*, 30(5), 571–579. doi: [10.3904/kjim.2015.30.5.571](https://doi.org/10.3904/kjim.2015.30.5.571).
- Nychporovych, A. A., Stroganova, L. E., & Vlasova, M. P. (1986). *Fotosynteticheska dejatel'nost' rastenyj v posevah* [Photosynthetic activity of plants in crops]. ANSSSR, Leningrad (in Russian).
- Rozhkov, A. O., Kalens'ka, S. M., Puzik, L. M., Muzafarov, N. M., & Buhalo, V. J. (2016). *Doslidna sprava v agronomii'*. Statystychna obrobka rezul'tativy agronomichnyh doslidzhen': navchal'nyj posibnyk [A case study in agronomy. statistical processing of the results of agronomic studies: tutorial]. Harkiv (in Ukrainian).
- Rozhkov, O. A., Puzik, V. K., Kalens'ka, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Buhalo, V. J., & Kryshchuk, J. A. (2016). *Doslidna sprava v agronomii'*: navchal'nyj posibnyk [Case study in agronomy: tutorial]. Majdan, Harkiv (in Ukrainian).
- Sahin, K., Tuzcu, M., Orhan, C., Sahin, N., Kucuk, O., Ozercan, I. H., Juturu, V., & Komorowski, J. R. (2013). Antidiabetic activity of chromium picolinate and biotin in rats with type 2 diabetes induced by high-fat diet and streptozotocin. *Br. J. Nutr.*, 110(2), 197–205. doi: [10.1017/S0007114512004850](https://doi.org/10.1017/S0007114512004850).
- Savich'kyj, K. A., & Ovsijchuk, O. I. (1990). *Grechka* [Buckwheat]. Urozhaj, Kyiv (in Ukrainian).
- Senapati, V. A., Jain, A. K., Gupta, G. S., Pandey, A. K., & Dhawan, A. (2015). Chromium oxide nanoparticle-induced genotoxicity and p53-dependent apoptosis in human lung alveolar cells. *J. Appl. Toxicol.*, 35(10), 1179–1188. doi: [10.1002/jat.3174](https://doi.org/10.1002/jat.3174).
- Sharma, P., Bihari, V., Agarwal, S. K., Verma, V., Kesavachandran, C. N., Pangtey, B. S., Mathur, N., Singh, K. P., Srivastava, M., & Goel, S. K. (2012). Groundwater contaminated with hexavalent chromium [Cr (VI)]: a health survey and clinical examination of community inhabitants (Kanpur, India). *PLoS One*, 7(10), e47877. doi: [10.1371/journal.pone.0047877](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047877).
- Shuvalov, J. N. (1989). *Soderzhanye hroma v pochvach y ego povedenye v systeme pochva-chajnoe rastenye pry vzaymootnoshenyy s kal'cyem* [Chromium content in soils and its behavior in the soil system—tea plant in relation to calcium]. Subtropical crops, 2, 32 (in Russian).
- Shuvar, I. A., Sendec'kyj, V. M., Bunchak, O. M., Gnydjuk, V. S., & Tymofijchuk, O. B. (2015). *Vyrobnnytvo ta vykorystannja organichnyh dobryv* [Production and use of organic fertilizers]. Symfonija forte, Ivano-Frankivs'k (in Ukrainian).
- Sologub, L. I., Antonjak, G. L., & Babych, N. O. (2007). *Hrom v organizmi ljudyny i tvaryn* [Chromium in the human and animal organism]. Jevrosvit, L'viv (in Ukrainian).
- Terek, O. I., & Pocula, O. I. (2011). *Rist i rozvytok roslyn* [Growth and development of plants]. Kolos, L'viv (in Ukrainian).