

Установлено, що сферичність зерна тритикале змінювалась несуттєво і склала 0,54–0,58 в залежності від сорту.

В зерне тритикале между плошадью внешней поверхности и объемом зерновки установлена прямая сильная корреляционная связь ($r = 0,97 \pm 0,02$).

Ключевые слова: тритикале, сорт, длина, ширина, толщина, объем, площадь, сферичность.

Geometric characteristics of triticale grain depending on a variety

V. Liubych, V. Zhelyezna, I. Ulianych

An urgent problem in our country is the development of highly technological production of processing plant raw materials. Its purpose is to obtain food products with increased phytochemical potential, functional products and products for therapeutic and prophylactic purposes.

The article presents the results of the study on the influence of the variety on the linear size of triticale grain, caryopsis volume, external surface area, caryopsis specific surface, coating surface volume and sphericity.

As a result of the studies, it is found that the length of triticale grain varies significantly depending on the variety. Thus, caryopsides of Rarytet and Etel varieties were the longest (8,8 mm with variability from 8,2 to 9,1 mm ($V = 5\%$)) which is significantly higher than the check variant ($HIP_{05} = 0,4$). The length of triticale grain of other varieties varied from 7,3 to 8,7 mm but the variation coefficient was insignificant ($V = 1-3\%$).

It is known that grain is very long having the length ≥ 9 mm; it is long of the length of 8–9 mm; it is average if the length is 6–8 mm; it is short if it is 5–6 mm and grain is very short ≤ 5 mm. We found that long caryopsides were formed in Valentine 90 (check variant), АД 42, АД 52, Papsuevska, Rarytet and Etel varieties (8,5–8,8 mm) and the grain length of other studied varieties was average (7,3–7,8 mm).

The caryopsis width of triticale grain varied from 2,4 to 3,5 mm. Caryopsides of Valentine 90 and АД 52 varieties had the largest width of 3,5 mm with a variation coefficient of 5%.

Polius 90 variety had the smallest grain width (2,4 mm with a variation of 2,3–2,5 mm ($V = 5\%$)). Grain width was significantly less than the check variant ($HIP_{05} = 0,1$) (2,5–3,2 mm) in other varieties of triticale grain.

It is known that caryopsides are wide having the width of > 2 mm; they are average if it is 1,2–2,0 mm and they are narrow if it is 1,2 mm. According to this indicator, caryopsides of all varieties of triticale grain were very wide.

It is found that the largest thickness of Valentine 90 (check variant) variety is 4,6 mm with a variation from 4,2 to 4,8 mm ($V = 6\%$). The grain thickness of other varieties of triticale grain was significantly less than the check variant ($HIP_{05} = 0,2$) (3,4–4,2 mm). The smallest thickness was in Polius 90 variety (3,4 mm with variability from 3,3 to 3,5 mm) ($V = 3\%$).

Caryopsis volume varied from 31,1 to 70,8 mm³ depending on the variety. This indicator was the highest in Valentine 90 variety (check variant) (70,8 mm³) and the smallest one was in Polius 90 variety. This indicator was lower than the check variant by 15–50% in other varieties.

According to the results of our studies, it is found that external surface area varied depending on the variety and was 86,8–146,7 mm². The highest indicator was in Rarytet, АД 52, Etel and Valentine 90 (132,8–146,7 mm²) and the lowest one was in Polius 90, Karlyk and Blagodarny (86,8–97,6 mm²).

Caryopsis specific surface varied within the range of 2,1–2,8. All varieties exceeded the check variant which indicator was 2,1. Thus, the highest figure was in Polius 90 variety (2,8) which exceeds the check variant by 33%. Caryopsis specific surface of other varieties was 2,2–2,7.

The results of studies showed that the least volume of coating surface was in triticale grain of Polius 90 variety (5,6 mm³). This indicator of other varieties was 6,2–8,6 mm³ and coating surface volume of the check variant was 9,5 mm³.

According to references, sphericity of 0,82–0,85 is characteristic for wheat grain and for rye it is 0,45–0,75.

It is found that triticale grain sphericity did not change significantly and was 0,54–0,58 depending on the variety.

In triticale grain, there is a direct strong correlation between external surface area and caryopsis volume ($r = 0,97 \pm 0,02$) which is shown by the regression equation: $y = 1,49x + 42,15$, in which y —caryopsis volume, %; x —external surface area, %.

Key words: triticale, variety, length, width, thickness, volume, area, sphericity.

Надійшла 10.04.2018 р.

УДК 631.86:633.11

БУНЧАК О.М., канд. с.-г. наук

Подільський державний аграрно-технічний університет

vermos2011@ukr.net

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА НОВІТНІМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ, НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Представлено теоретичний підхід до вивчення впливу органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на фотосинтетичну діяльність рослин пшениці ярої сорту Чадо в умовах Західного Лісостепу.

Встановлено, що внесення органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, сприяло збільшенню площі листкової поверхні пшениці ярої, порівняно з варіантами без їх внесення. У середньому за 2013–2016 рр. най-

потужніший листовий апарат формували рослини у варіанті внесення добрива Біопроферм (10 т/га) із збалансованим умістом тривалентного хрому та обприскування рослин у фазу кущіння-початок виходу у трубку рідким органічним добривом Біохром (5 л/га). У цьому варіанті площа листової поверхні рослин у фазу кущіння була на 10,8 тис. м²/га більшою порівняно до контролю, у фазу початок виходу в трубку – на 8,1 тис. м²/га, у фазу колосіння – на 10,4 тис. м²/га. Тут відбувалось, відповідно, і найінтенсивніше нагромадження рослинами сухої маси.

Аналіз величини фотосинтетичного потенціалу рослин пшениці ярої показав, що максимальний показник ФП отримано у варіанті з внесенням під основний обробіток ґрунту 10 т/га органічного добрива Біопроферм, виготовленого методом пришвидшеної біологічної ферментації з умістом тривалентного хрому (540 мг/кг) та обприскування рослин під час вегетації рідким органічним добривом Біохром у дозі 5 л/га, виготовленого методом кавітації, – 3,2 млн м²/га діб, що на 1,3 млн м²/га діб більше порівняно до контролю і на 1,0 млн м²/га діб більше порівняно до варіанта з внесенням N₁₂₀P₃₀K₈₀.

Нашими дослідженнями встановлено, що внесення органічних добрив суттєво впливало на формування чистої продуктивності фотосинтезу рослин пшениці твердої ярої. Так, у середньому за чотири роки дослідження, у фазу кущіння-вихід у трубку даний показник варіював від 2,6 г/м² за добу (на варіанті без застосування добрив) до 4,9 г/м² за добу (на варіанті внесення Біопроферму – 10 т/га + Біохром – 5 л/га).

Ключові слова: пшениця яра, новітні технології, Біоактив, Біопроферм, тривалентний хром, продуктивність фотосинтезу.

Постановка проблеми. Врожайність рослин, передусім, визначається розмірами та продуктивністю фотосинтетичного апарату, який у процесі росту й розвитку рослин має якомога швидше досягати оптимального показника. Одним із факторів, що регулює величину площі асиміляційної поверхні, є режим живлення рослин. Тому в період вегетації культури необхідно створювати найсприятливіші умови живлення для формування рослинами оптимальної площі листового апарату та ефективної фотосинтетичної діяльності, тобто однією з можливостей збільшення продуктивності пшениці ярої є удосконалення агротехнологічних заходів, зокрема, умов живлення [1, 2]. Тому дослідження проблеми збільшення продуктивності фотосинтезу агроценозу пшениці ярої сорту Чадо на основі застосування органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, в умовах Західного Лісостепу є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що агротехнічні прийоми вирощування сільськогосподарської культури, в тому числі і пшениці ярої, створюючи певні умови зовнішнього середовища, значно впливають на продуктивність фотосинтезу культури [3, 4, 5].

Серед прийомів агротехніки виняткове значення мають агрозаходи, які спрямовані на фотосинтетичну діяльність рослин. Такими агрозаходами, крім строків сівби і норми висіву, є застосування в системі удобрення органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. Вказані прийоми в подальшому визначають весь технологічний комплекс робіт. На це вказують багато дослідників [4, 5, 6].

Обсяг інформації про участь хрому в метаболізмі рослин, який визначає вплив цього мікроелемента на продуктивність і якість сільськогосподарських культур, дуже обмежений як у вітчизняній, так і зарубіжній літературі [7, 8, 9, 10, 11].

Згідно з літературними даними, хром відіграє роль стабілізатора молекул нуклеїнових кислот в їх просторовій конфігурації і включається через групи нуклеотидів в склад протеїдів [12, 12, 14]. Відома участь хрому в активізації окиснювально-відновних ферментів [15, 16, 17]. Він бере участь в процесах дихання і фотосинтезу, стимулює утворення і окислення аскорбінової кислоти. Багато дослідників [18, 19] вважають, що з'єднання шестивалентного хрому токсичні через високу окиснювальну здатність в порівнянні з тривалентними з'єднаннями цього елемента. Тоді як тривалентний хром позитивно впливає на ультраструктуру хлоропластів [20].

Існують дані про участь хрому в процесах засвоєння молекулярного азоту і вуглецю. Збільшення вмісту азоту в зерні гороху відбувалося за рахунок зростання азотофіксації інокульованих рослин за внесення хрому до ґрунту. В цих дослідженнях спостерігалось прискорення розкладання органічної речовини і збільшення швидкості процесу нітрифікації в ґрунті за внесення хрому в дозі 5 мг/кг ґрунту [21, 22, 28]. Активізуючи ряд реакцій основного обміну, хром може сприяти збільшенню біомаси рослин [23, 24]. Так, було встановлено, що хром в низьких концентраціях позитивно впливає на ріст рослин в досліді з картоплею, вівсом, апельсиновим деревом [20, 21]. Цей мікроелемент, внесений в ґрунт у вигляді таких з'єднань як хроміт, оксид або фосфат хрому, приводив до збільшення урожаю, хоча внесення його у вигляді найбільш розчинних солей, таких як хромати і біхромати, стимулювало ріст рослин лише за низьких концентрацій і пригнічувало за високих [23]. У досліді з кукурудзою низькі концентрації тривалент-

ного хрому в умовах недостатнього забезпечення залізом позитивно впливали на рослини завдяки зростанню доступності активного заліза [24, 25].

Деякі учені вважають, що слід враховувати ріст кореня. Коріння в першу чергу взаємодіє з хромом і зазвичай нагромаджує його більше, ніж надземні частини рослин. Хром у високих концентраціях справляє вплив не лише на довжину коріння, але й на структуру кореневої системи в цілому. У ряді дослідів він стимулював її розвиток за латеральним типом, сприяв утворенню компактного коріння, але щільність кореневих волосків скорочувалася [26].

У дослідях зарубіжних вчених [27, 28] з використанням невеликої кількості CrO_3 в умовах кислої реакції середовища відбувалося збільшення загальної сухої маси коріння та рослин в порівнянні з фоновим варіантом.

У США, в країнах Західної Європи, а в останні роки й в Україні значної уваги надають дослідженням із застосуванням в адаптивно-ландшафтних технологіях вирощування сільськогосподарських культур тривалентного хрому. Його вважають одним із життєво необхідних елементів для повноцінного росту й розвитку рослин, харчування людей і годівлі тварин [6, 29].

Для досягнення цієї мети необхідно, щоб організм людини збагачувався продуктами харчування рослинного походження, вирощеними на ґрунтах з умістом необхідної кількості Cr^{3+} , а раціон годівлі був забезпечений цим мікроелементом [6, 29].

Вчені і фахівці асоціації «Біоконверсія» (м. Івано-Франківськ) розробили технологію пришвидшеної біологічної ферментації відходів тваринницьких комплексів і птахофабрик, яка ґрунтується на комплексних дослідженнях щодо удосконалення відомих технологій біологічної ферментації у США, Західній Європі, Росії та інших країнах [6].

Відомо, що підприємства з виробництва шкіри отримують значну кількість відходів – міздри – 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 збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Зокрема, такі органічні добрива багаті на органічні речовини і такий життєво важливий елемент як тривалентний хром.

Врахувавши кліматичні та екологічні умови місця розташування ТЗОВ „Світ шкіри” (м. Болехів) і впроваджені асоціацією «Біоконверсія» технології перероблення відходів тваринництва та птахофабрик, нами спільно розроблено, запатентовано та впроваджено у виробництво технологію перероблення відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд методом пришвидшеної біологічної ферментації (патент №33611).

Оскільки наукових досліджень з виробництва і застосування органічних добрив з умістом тривалентного хрому у технологіях вирощування сільськогосподарських культур в Україні вкрай мало, а у Західному Ліссестепу практично ніхто не виконував, нами було розроблено технологію виробництва органічних добрив з відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом біологічної ферментації із збалансованим вмістом мікроелементу Cr^{3+} і технологію виробництва рідкого органічного добрива Біохром методом кавітації [29].

Найвищі врожаї сільськогосподарських культур з високими якісними показниками можна отримати у посівах з оптимальною площею листків, оптимальним процесом її формування і структурою. Інтенсивність росту листової поверхні та формування високого фотосинтетичного потенціалу листової поверхні, нагромадження сухих речовин рослинами, значною мірою залежать від обґрунтованості технологій вирощування, які забезпечують тривалішу роботу листового апарату [3, 4, 5].

Однак, досліджень з вивчення впливу органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на фотосинтетичну діяльність агроценозу пшениці ярої в Україні не виконували.

Мета дослідження – вивчити вплив органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на фотосинтетичну діяльність рослин пшениці ярої сорту Чадо в умовах Західного Ліссестепу.

Матеріал і методика дослідження. Польові і лабораторні дослідження виконано упродовж 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 Корифільдом) – 116-124 мг/кг рухомого фосфору (за Чиріковим) – 86-91 мг/кг, обмінного калію (за Чиріковим) – 127-168 мг/кг

грунту. Загальна площа ділянки 60 м², облікова 45 м². Розміщення ділянок систематичне за чотириразового повторення.

У досліді вивчали вплив органічного добрива Біопроферм (уміст Cr⁺³ 540 мг/кг) та регулятора росту рослин Біохром (уміст Cr⁺³ 5,4 мг/л), отриманих за розробленою і запатентованою нами технологією [28], на продуктивність фотосинтезу пшениці ярої сорту Чадо. Органічні добрива Біопроферм і Біоактив та мінеральні добрива у формі N₁₂₀P₈₀K₈₀, вносили під основний обробіток ґрунту, Біохром – під час вегетації пшениці ярої сорту Чадо.

Погодні умови в роки дослідження відрізнялись між собою, що дало змогу оцінити вплив регуляторів росту на ріст й розвиток рослин пшениці ярої.

Агротехніка вирощування пшениці ярої – загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України. Супутні дослідження і спостереження виконано за загальноприйнятими методиками [30, 31, 32].

Основні результати дослідження. Формування врожаю пшениці ярої – складний процес, який залежить від факторів навколишнього природного середовища та біологічних особливостей росту й розвитку рослин.

Чільне місце при цьому належить процесам формування площі листкової поверхні. Про залежність врожайності зерна від величини асимілюючої поверхні зазначають ряд дослідників [2, 4].

Позитивна роль тривалентного хрому (на відміну від шестивалентного) у біохімічних процесах функціонування рослин висвітлена в працях багатьох зарубіжних авторів [7, 8, 9]. Зокрема, у працях А. Хенінга (1976) відзначено важливу роль тривалентного хрому в покращенні фотосинтезу рослин льону, пшениці, рису, вівса, кукурудзи, квасолі і збільшенні їх врожайності. Ці дані підтверджено і нашими дослідженнями.

Нами встановлено, що на формування площі листкової поверхні пшениці ярої сорту Чадо значно впливали органічні добрива, виготовлені за новітніми технологіями (табл. 1).

Таблиця 1 – Площа листкової поверхні пшениці ярої сорту Чадо залежно від удобрення органічними добривами, виготовленими за новітніми технологіями (2013-2016 рр.), тис. м²/га

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	кущіння	початок виходу у трубку	колосіння	молочно-воскова стиглість
Без добрив – контроль	8,9	16,8	28,1	14,9
Внесення N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	9,7	18,6	37,4	16,5
Внесення N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Біохром – 5 л/га	12,6	19,7	39,2	17,4
Внесення Біоактив – 10 т/га	16,7	22,8	44,7	18,9
Внесення Біоактив – 10 т/га + Біохром – 5 л/га	18,8	23,1	46,2	19,0
Внесення Біопроферм – 10 т/га	19,2	24,5	46,8	19,2
Внесення Біопроферм – 10 т/га + Біохром – 5 л/га	19,7	24,9	47,5	19,8
НІР ₀₅	0,87	1,24	2,26	1,72

В середньому за роки дослідження найпотужніший листковий апарат формували рослини у варіанті, де вносили добриво Біопроферм (10 т/га) із збалансованим умістом тривалентного хрому та обприскували рослини у фазу кущіння–початок виходу у трубку рідким органічним добривом Біохром у дозі 5 л/га. У фазу кущіння культури площа листкової поверхні рослин була на 10,8 тис.м²/га більшою порівняно до контролю, у фазу початок виходу у трубку відповідно – на 8,1 тис.м²/га, у фазу колосіння – на 10,4 тис.м²/га більшою. Отже, серед варіантів досліджу найважливішими факторами, що впливають на формування асиміляційної поверхні пшениці ярої, є поживний режим ґрунту, який значно поліпшували органічні добрива із збалансованим умістом тривалентного хрому. На період фази колосіння культури оптимальна площа листкової поверхні становила 47,5 тис. м²/га.

Важливим показником асиміляційної діяльності в посівах є також чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність нагромадження сухих речовин врожаєм упродовж доби з розрахунку на 1 м² листкової поверхні рослин [1].

Спільно з величиною фотосинтетичного потенціалу (ФП) у формуванні високопродуктивних агробіоценозів пшениці важливу роль відіграє продуктивність фотосинтезу. Одним із показників, який характеризує роботу фотосинтезуючого апарату, є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) [2, 3].

Нами встановлено, що за період активної вегетації пшениці ярої сорту Чадо фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу рослин змінювалися залежно від внесення органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому на продуктивність фотосинтезу рослин пшениці ярої сорту Чадо (2013-2016 рр.)

Варіант досліджу	Фотосинтетичний потенціал посівів, млн м ² га/діб	Чиста продуктивність фотосинтезу рослин, г/м ² за добу	
		кущіння – вихід в трубку	вихід в трубку
Без добрив – контроль	1,9	3,1	1,2
Внесення N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	2,2	3,5	1,4
Внесення N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀ + Біохром – 5 л/га	2,4	3,9	1,6
Внесення Біоактив – 10 т/га	2,8	4,5	1,7
Внесення Біоактив – 10 т/га + Біохром – 5 л/га	3,0	4,7	1,8
Внесення Біопроферм – 10 т/га	2,9	4,6	1,8
Внесення Біопроферм – 10 т/га + Біохром – 5 л/га	3,2	4,9	1,9
НР ₀₅	0,16	0,24	0,09

Аналіз величини фотосинтетичного потенціалу рослин пшениці ярої показав, що максимальний показник ФП отримано у варіанті з внесенням під основний обробіток ґрунту 10 т/га органічного добрива Біопроферм з умістом тривалентного хрому (540 мг/кг) та обприскування рослин під час вегетації рідким органічним добривом Біохром у дозі 5 л/га, – 3,2 млн м²/га діб, що на 1,3 млн м²/га діб більше порівняно до контролю і на 1,0 млн м²/га діб більше порівняно до варіанта з внесенням N₁₂₀P₈₀K₈₀.

Нашими дослідженнями встановлено, що внесення органічних добрив суттєво впливало на формування чистої продуктивності фотосинтезу рослин пшениці твердої ярої. Так, у середньому за чотири роки дослідження, у фазу кущіння-вихід у трубку цей показник варіював від 2,6 г/м² за добу (на варіанті без застосування добрив) до 4,9 г/м² за добу (на варіанті внесення Біопроферму – 10 т/га + Біохром – 5 л/га).

У фазу трубкування–початок колосіння виявлено зменшення показника ЧПФ до 1,2 г/м² за добу на контролі і до 1,4-1,9 г/м² за добу в усіх варіантах застосування добрив, що, можливо, пов'язано з активним ростом рослин пшениці твердої ярої у цей період.

Висновки. Застосування органічного добрива Біопроферм, виготовленого методом біологічної ферментації, із збалансованим умістом тривалентного хрому під основний обробіток ґрунту у дозі 10 т/га та рідкого органічного добрива Біохром, виготовленого методом кавітації, у дозі 5 л/га під час вегетації рослин пшениці ярої забезпечило приріст площі листової поверхні рослин. У фазу кущіння вона була на 10,8 тис. м²/га більшою порівняно до контролю, у фазу початок виходу у трубку була більшою відповідно на 8,1 тис. м²/га, у фазу колосіння – на 10,4 тис. м²/га. Показник фотосинтетичного потенціалу досяг у цьому варіанті 3,2 млн м²/га діб, що сприяло найінтенсивнішому нагромадженню сухих речовин порівняно з контролем. Нами будуть продовжені дослідження з вивчення післядії внесених органічних добрив на урожайність наступних культур в сівозміні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Куперман Ф.М., Андриенко С.С. Физиология кукурузы. М.: изд-во Московского университета, 1959. 186 с.
2. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Ленинград: Изд-во АН СССР, 1986. 68 с.
3. Ничипорович А.А. Фотосинтез и вопросы интенсификации сельского хозяйства. Москва, 1965. 47 с.
4. Базалій В.В. Формування продуктивності зерна ярої м'якої і твердої пшениці, за різних строків сівби в умовах півдня України: в зб. Міжнародної конференції (10-11.06.2016 р.) «Онтогенез – стан проблеми та перспектива вивчення рослин в культурних та природних ценозах». Херсон, 2016. С. 73-75.
5. Усов О.С., Манько К.М. Особливості формування врожайності пшениці твердої ярої залежно від попередника та основного обробітку ґрунту. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2015. Вип. 23. С. 70–75.
6. Виробництво та використання органічних добрив / за ред. І.А. Шуvara. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 596 с.
7. Хенинг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормление сельскохозяйственных животных. Москва: Колос, 1976. 360 с.
8. Іскра Р.Я., Влізло В.В., Федорук Р.С. Хром у живленні тварин: монографія. Київ: Аграр. наука, 2014. 312 с.

9. Anderson R.A. Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: Chromium. *Journal of American College Nutrition*, 1997. V. 16. P. 404-410.
10. Іскра Р.Я., Влізло В.В. Особливості функціонування системи антиоксидантного захисту в еритроїдних клітинах і тканинах свиней за дії хром хлориду. *Український біохімічний журнал*, 2013. Т. 85. № 3. С. 96-102.
11. An evaluation of the protective role of α -tocopherol on free radical induced hepatotoxicity and nephrotoxicity due to chromium in rats / Balakrishnan R. et al. *Indian J Pharmacol*, 2013. Vol. 45. N 5. P. 490-495.
12. Anti-diabetic activity of chromium picolinate and biotin in rats with type 2 diabetes induced by high-fat diet and streptozotocin / Sahin K. et al. *Br. J. Nutr.*, 2013. Vol. 110. N 2. P. 197-205.
13. Chromium oxide nanoparticle-induced genotoxicity and p53-dependent apoptosis in human lung alveolar cells / Senapati V.A. et al. *J. Appl. Toxicol.*, 2015. Vol. 35. N 10. P. 1179-1188.
14. García-Niño W.R., Zazueta C., Tapia E., Pedraza-Chaverri J. 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.*, 2014. Vol. 28. N 11. P. 522-527.
15. Nigam A., Priya S., Bajpai P., Kumar Cytogenomics S. of hexavalent chromium (Cr 6+) exposed cells: a comprehensive review. *Indian J. Med. Res.*, 2014. Vol. 139, N 3. P. 349-370.
16. Genotoxicity of tri and hexavalent chromium compounds in vivo and their modes of action on DNA damage in vitro / Fang Z. et al. *PLoS One*. 2014. Vol. 9. N 8. P. 103-114.
17. Groundwater contaminated with hexavalent chromium [Cr (VI)]: a health survey and clinical examination of community inhabitants (Kanpur, India) / Sharma P. et al. *PLoS One*, 2012. Vol. 7. N 10. P. 47-57.
18. Karthik K. Sharavanan S., Arivalagan V. Effects of hexavalent chromium exposures and control measures through phytoremediation. *IJRSTP*, 2014. Vol. 1. N 2. P. 111-115.
19. Karthikeyan S. Studying the effect of heavy metals on tissue protein of an edible fish *Cirrhinus mrigala* under the influence of pH and water hardness. *P. Mani Biofizika*, 2014. Vol. 59. N 2. P. 392-398.
20. Kumari K., Khare A., Dange S. The applicability of oxidative stress biomarkers in assessing chromium induced toxicity in the fish *Labeo rohita*. *Biomed. Res. Int.*, 2014. Vol. 2014. P. 1-11.
21. Muscle atrophy and metal-on-metal hip implants / Berber R. et al. *Acta Orthop*, 2015. Vol. 86. N 3. P. 351-357.
22. Niki E. Evidence for beneficial effects of vitamin E. *Korean J. Intern. Med.*, 2015. Vol. 30, N 5. P. 571-579.
23. Martínez-Trujillo M., Carreón-Abud Y. Effect of mineral nutrients on the uptake of Cr(VI) by maize plants. *N Biotechnol.* 2015, No 32(3), P. 396-402.
24. Model for evaluation of the phytoavailability of chromium (Cr) to rice (*Oryza sativa* L.) in representative Chinese soils / Xiao W. et al. *J Agric Food Chem.* 2013. No 61(12). 2925 p.
25. Removal of Chromium from Soils Cultivated with Maize (*Zea Mays*) After the Addition of Natural Minerals as Soil Amendments / Molla A. et al. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2017. No 98(3). P. 347-352.
26. Cr(VI) reduction and Cr(III) immobilization by resting cells of *Pseudomonas aeruginosa* CCTCC AB93066: spectroscopic, microscopic, and mass balance analysis / Kang C. et al. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017, No 24(6), P. 5949-5963.
27. Кабата-Пендиас А., Пенди Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
28. Бунчак О. М., Мельник І. П., Колісник Н. М., Гнидюк В. С. Патент на корисну модель № 85187 „Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому”. *Бюл. №21*, 2013.
29. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1980. 207 с.
30. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. / Рожков О.А. та ін. Харків: Майдач, 2016. Книга 1. 300 с.
31. Дослідна справа в агрономії: статистична обробка результатів агрономічних досліджень: навч. посіб. / Рожков О.А. та ін. Харків, 2016. Книга 2. 298 с.

REFERENCES

1. Kuperman, F.M., Andryenko, S.S. (1959). *Fyzyolohyya kukuruzy [Physiology of corn]*. Moscow, Edition of the Moscow University, 186 p.
2. Nychorovych, A.A., Strohanova, L.E., Vlasova, M.P. (1986). *Fotosyntetycheskaya deyatel'nost' rastenyy v posevakh [Photosynthetic activity of plants in crops]*. Leningrad, Edition of ANSSSR, 68 p.
3. Nychorovych, A.A. (1965). *Fotosintez y voprosy yntensyfykatsyy sel'skokhozyaystva [Photosynthesis and issues of intensification of agriculture]*. Moscow, 47 p.
4. Bazaliy, V.V. (2016). Formuvannya produktyvnosti zerna yaroyi m"yahkoyi i tverdoyi pshenytsi, za riznykh strokiv sivby v umovakh pivdnyia Ukrainy [Formation of grain yield of spring wheat and hard wheat for different periods of sowing in the conditions of southern Ukraine]. «Ontohonez-stan problemy ta perspektyva vyvchennya roslyn v kul'turnykh ta pryrodnykh tsenozakh» [Ontogenesis is the state of the problem and the prospect of studying plants in cultural and natural coenoses]. Kherson, pp. 73-75.
5. Usov, O.S., Man'ko, K.M. (2015). Osoblyvosti formuvannya vrozhaynosti pshenytsi tverdoyi yaroyi zalezchno vid poperednyka ta osnovnoho obrobittu gruntu [Peculiarities of the formation of yield of wheat of hard yarrow depending on predecessor and basic cultivation of soil] *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet]*, Issue 23, pp. 70-75.
6. Shuvara, I.A. (2015). Vyrobnnytvo ta vykorystannja organichnyh dobryv [Production and use of organic fertilizers]. *Ivano-Frankivsk, Symfoniya forte*, 596 p.
7. Khenynh, A. (1976). Myneral'nye veshchestva, vityamyny, byostymulyatory v kormlenye sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh [Mineral substances, vitamins, biostimulants for feeding farm animals]. Moscow, Kolos, 360 p.
8. Iskra, R.Ya., Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Antonyak, H.L. (2014). *Khrom u zhyvlenni tvaryn: monohrafiya [Chromium in animal nutrition: monograph]*. Kyiv, Agrarian science, 312 p.
9. Anderson, R.A. Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: Chromium. *Journal of American College Nutrition*. 1997, Vol. 16, pp. 404-410.

10. Iskra, R.Ya., Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S. (2013). Osoblyvosti funktsionuvannya systemy antyoksydantnoho zakhystu v erytroidnykh klitynakh i tkanynakh svynezy za diyi khrom khlorydu [Peculiarities of the functioning of the antioxidant defense system in erythroid cells and swine tissues under the action of chrome chloride]. *Ukrayins'kyi biokhimichnyy zhurnal* [Ukrainian Biochemical Journal], Vol. 85, no. 3, pp. 96-102.
11. Balakrishnan, R., Satish Kumar, C.S., Rani, M.U., Srikanth, M.K., Boobalan, G., Reddy, A.G. An evaluation of the protective role of α -tocopherol on free radical induced hepatotoxicity and nephrotoxicity due to chromium in rats. *Indian J Pharmacol.* 2013, Vol. 45, no. 5, pp. 490-495.
12. Sahin, K., Tuzcu, M., Orhan, C., Sahin, N., Kucuk, O., Ozercan, I.H., Juturu, V., Komorowski, J.R. Anti-diabetic activity of chromium picolinate and biotin in rats with type 2 diabetes induced by high-fat diet and streptozotocin. *Br. J. Nutr.* 2013, Vol. 110, no. 2, pp. 197-205.
13. Senapati, V.A., Jain, A.K., Gupta, G.S., Pandey, A.K., Dhawan, A. Chromium oxide nanoparticle-induced genotoxicity and p53-dependent apoptosis in human lung alveolar cells. *J. Appl. Toxicol.* 2015, Vol. 35, no. 10, pp. 1179-1188.
14. García-Niño, W.R., Zazueta, C., Tapia, E., Pedraza-Chaverri, J. 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.* 2014, Vol. 28, no. 11, pp. 522-527.
15. Nigam, A., Priya, S., Bajpai, P., Kumar, S. of hexavalent chromium (Cr 6+) exposed cells: a comprehensive review. *Indian J. Med. Res.* 2014, Vol. 139, no. 3, pp. 349-370.
16. Fang, Z., Zhao, M., Zhen, H., Chen, L., Shi, P., Huang, Z. Genotoxicity of tri and hexavalent chromium compounds in vivo and their modes of action on DNA damage in vitro. *PLoS One.* 2014, Vol. 9, no. 8, pp. 103-114.
17. 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. Groundwater contaminated with hexavalent chromium [Cr (VI)]: a health survey and clinical examination of community inhabitants (Kanpur, India). *PLoS One.* 2012, Vol. 7, no. 10, pp. 47-57.
18. Karthik, K., Sharavanan, S., Arivalagan, V. Effects of hexavalent chromium exposures and control measures through phytoremediation. *IJRSTP.* 2014, Vol. 1, no. 2, pp. 111-115.
19. Karthikeyan, S. Studying the effect of heavy metals on tissue protein of an edible fish *Cirrhinus mrigala* under the influence of pH and water hardness. *P. Mani Biofizika.* 2014, Vol. 59, no. 2, pp. 392-398.
20. Kumari, K., Khare, A., Dange, S. The applicability of oxidative stress biomarkers in assessing chromium induced toxicity in the fish *Labeo rohita*. *Biomed. Res. Int.* 2014, Vol. 2014, pp. 1-11.
21. Berber, R., Khoo, M., Cook, E., Guppy, A., Hua, J., Miles, J., Carrington, R., Skinner, J., Hart, A. Muscle atrophy and metal-on-metal hip implants. *Acta Orthop.* 2015, Vol. 86, no. 3, pp. 351-357.
22. Niki, E. Evidence for beneficial effects of vitamin E. *Korean J. Intern. Med.* 2015, Vol. 30, no. 5, pp. 571-579.
23. Martínez-Trujillo, M., Carreón-Abud, Y. Effect of mineral nutrients on the uptake of Cr(VI) by maize plants. *N Biotechnol.* 2015, Vol. 32(3), pp. 396-402.
24. Xiao, W., Yang, X., He, Z., Rafiq, M.T., Hou, D., Li T. Model for evaluation of the phytoavailability of chromium (Cr) to rice (*Oryza sativa* L.) in representative Chinese soils. *J Agric Food Chem.* 2013, Vol. 61(12), pp. 2925-32.
25. Molla, A., Ioannou, Z., Mollas, S., Skoufogianni, E., Dimirkou, A. (2017). Removal of Chromium from Soils Cultivated with Maize (*Zea Mays*) After the Addition of Natural Minerals as Soil Amendments. *Bull Environ Contam Toxicol.* Vol. 98(3), pp. 347-352.
26. Kang, C., Wu, P., Li, L., Yu, L., Ruan, B., Gong, B., Zhu, N. Cr(VI) reduction and Cr(III) immobilization by resting cells of *Pseudomonas aeruginosa* CCTCC AB93066: spectroscopic, microscopic, and mass balance analysis. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017, Vol. 24(6), pp. 5949-5963.
27. Kabata-Pendyas, A., Pendy, Kh. (1989). *Mykroelementy v pochvakh y raste-nyyakh* [Microelements in soils and plants]. Moscow, Myr, 439 p.
28. Bunchak, O.M., Mel'nyk, I.P., Kolisnyk, N. M., Gnydjuk, V. S. (2013). Sposib otrymannya orhanichnykh dobryv novoho pokolinnya iz zbalansovanyim vmistom tryvalentnoho khromu" ["A method for obtaining organic fertilizers of a new generation with a balanced content of trivalent chromium"]. Patent, no. 85187.
29. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodyka polevoho opyta* [Methodology of field experience]. Moscow, Ahropromyzzdat, 315 p.
30. Rozhkov, O.A., Puzik, V.K., Kalens'ka, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M., Bukhalo, V.Ya., Kryshchop, Ye.A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomiyi* [Experimental case in agronomy]. Kharkiv, Maydan, Book 1, 300 p.
31. Rozhkov, A.O., Kalens'ka, S.M., Puzik, L.M., Muzafarov, N.M., Bukhalo, V.Ya. (2016). *Doslidna sprava v ahronomiyi knyha druha: Statystychna obrobka rezul'tativ ahronomichnykh doslidzhen'* [A Case Study in Agronomy, A Friend's Book: Statistical Processing of the Results of Agronomic Studies]. Kharkiv, Book 2, 298 p.

Влияние органических удобрений, изготовленных по новейшим технологиям, на продуктивность фотосинтеза пшеницы яровой в условиях Западной Лесостепи

А.М. Бунчак

Представлен теоретический подход к изучению влияния органических удобрений, изготовленных по новейшим технологиям, на фотосинтетическую деятельность растений пшеницы яровой сорта Чадо в условиях Западной Лесостепи.

Установлено, что внесение органических удобрений, изготовленных по новейшим технологиям, способствовало увеличению площади листовой поверхности пшеницы яровой по сравнению с вариантами без их внесения. В среднем за 2013-2016 гг. мощный листовой аппарат формировали растения в варианте внесения удобрения Биопроферм (10 т/г) со сбалансированным содержанием трехвалентного хрома и опрыскивание растений в фазе кушения-начало выхода в трубку жидким органическим удобрением Биохром (5 л/г). В этом варианте площадь листовой поверхности растений в фазе кушения была на 10,8 тыс. м²/г больше по сравнению с контролем, в фазе начало выхода в трубку – на 8,1 тыс. м²/г, в фазу колошения – на 10,4 тыс. м²/г. Здесь происходило, соответственно, и более интенсивное накопление растениями сухой массы.

Анализ величины фотосинтетического потенциала растений пшеницы яровой показал, что максимальный показатель ФП получен в варианте с внесением под основную обработку почвы 10 т/г органического удобрения Биопроферм, изготовленного методом ускоренной биологической ферментации с содержанием трехвалентного хрома (540 мг/кг) и опрыскивание растений в период вегетации жидким органическим удобрением Биохром в дозе 5 л/г, изготовленного методом кавитации, – 3,2 млн м²/г суток, что на 1,3 млн м²/г суток больше по сравнению с контролем и на 1,0 млн м²/г суток больше по сравнению с вариантом внесения N₁₂₀P₈₀K₈₀.

Нашими исследованиями установлено, что внесение органических удобрений существенно влияло на формирование чистой продуктивности фотосинтеза растений пшеницы твердой яровой. Так, в среднем за четыре года исследования, в фазе кущения-выхода в трубку данный показатель вариировал от 2,6 г/м² в сутки (в варианте без применения удобрений) до 4,9 г/м² в сутки (в варианте внесения Биопроферма – 10 т/г + Биохром – 5 л/г).

Ключевые слова: пшеница яровая, новейшие технологии, Биоактив, Биопроферм, трехвалентный хром, продуктивность фотосинтеза.

The effect of organic fertilizers produced on the latest technologies, on spring wheat photosynthesis productivity under conditions of the Western Forest-Steppe

O. Buncak

The yield of plants is determined primarily by the size and performance of the photosynthesis, which must quickly achieve the optimal rate during plants growth and development. One of the factors determining the size of assimilation surface area is the mode of plants nutrition.

It is well known that one of the possibilities of spring wheat productivity increasing is the improvement of genetic potential of varieties which is closely related to technological measures, in particular, nutrition conditions.

Thus, the problem of increasing the productivity of photosynthesis of agrocenosis of Chado spring wheat variety on the basis of application of organic fertilizers, manufactured on the latest technologies, in conditions of Western forest-Steppe are topical nowadays.

In the USA, Western Europe, and in recent years in Ukraine the considerable attention is paid to studies on the use of trivalent chromium in the adaptive landscape technologies of crops growing.

Trivalent chromium is considered one of the essential elements for plants proper growth and development, human nutrition and animal feeding. To achieve this goal it is necessary to provide the human body with plant foods grown on the soil containing the required number of Cr⁺³, and animal feeding should be provided with these micronutrients.

Since scientific research on the production and use of organic fertilizers with a content of trivalent chromium in the technologies of cultivation of agricultural crops in Ukraine is insufficient, and they have not been conducted in the Western Forest-Steppe, we developed a technology of production of organic fertilizers from wastes of tannery sludge and sewage by biological fermentation method with a balanced content of Cr³⁺ trace elements and the technology of production of liquid organic fertilizer "Biochrome" by cavitation method and studied their efficiency in cultivation technologies of agricultural crops.

The purpose of the study was to study the effect of organic fertilizers produced on the latest technologies, on photosynthetic activity of plants of spring wheat varieties Chado in terms of Western forest-Steppe.

Field and laboratory studies were performed during 2013-2016 in the experimental field of Podilskyi state agrarian-technical University.

The experimental plot soil was chernozem typical of heavy-grained granulometric composition which characterized by the following agrochemical parameters: pH 6.5-6.8, the content of humus – 4.12-4.34 %, easily hydrolyzed nitrogen provision – 116-124 mg/kg of mobile phosphorus – 86-91 mg/kg, exchange potassium – 127-168 mg/kg of soil. In the experiment we studied the effect of organic fertilizer "Bioproferm" (Cr⁺³ content 540 mg/kg) and plant growth regulator "Biochrome" (Cr⁺³ content 5.4 mg/l) obtained by the developed and patented technology on the productivity of photosynthesis of Chado spring wheat varieties.

Organic fertilizer "Bioproferm" and "Bioactive" and mineral fertilizer in the form of N₁₂₀P₈₀K₈₀, were introduced with the fall plowing of the soil, "Biochrome" – during the vegetation of Chado spring wheat variety. In researches were applied the technology of spring wheat cultivation conventional to the conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine. Researches and observations were performed according to standard techniques.

Introduction of organic fertilizers, manufactured on the latest technologies, contributed to the increase in leaf area of spring wheat compared to the options without application. On average for 2013-2016 the crops formed the best leaf area in the variant of "Bioproferm" fertilization (10 t/ha) with a balanced content of trivalent chromium and spraying plants in the phase of tillering – early booting stage liquid organic fertilizer "Biochrome" (5 l/ha). In this variant, the leaf area of plants at the tillering stage was 10.8 thousand m²/ha more compared to the control, in the phase of stem elongation beginning – 8.1 thousand m²/ha in the phase of earing – by 10.4 thousand m²/ha. An intensive accumulation of plant dry weight was observed accordingly.

The analysis of the photosynthetic potential of spring wheat plants showed that the maximum rate of photosynthetic productivity was obtained in the variant with basic soil treatment with 10 t/ha "Bioproferm" organic fertilizer produced by the method of the accelerated biological fermentation, with a content of trivalent chromium (540 mg/kg) and spraying the plants during vegetation with liquid organic fertilizer "Biochrome" in a dose of 5 l/ha, produced by cavitations, and 3.2 million m²/ha days 1.3 million m²/ha days longer compared to the control and 1.0 million m²/ha days more compared to the variant with the introducing N₁₂₀P₈₀K₈₀.

Studies have found that organic fertilizers significantly influenced the formation of net productivity of durum spring wheat photosynthesis. Thus, on average for four years of the study, in the phase of tillering – booting, this figure ranged from 2.6 g/m² per day (in the variant without fertilizer application) to 4.9 g/m² per day (in the variant of application of "Bioproferm" – 10 t/ha and "Biochrome" – 5 l/ha).

Key words: spring wheat, modern technology, "Bioactive", "Bioproferm", "Biochrome", trivalent chromium, photosynthesis productivity.

Надійшла 11.04.2018 р.