

ралом и сохой, считалась главным агроприемом интенсификации земледелия, цель которого – ускоренная мобилизация питательных веществ почвы. Украинский фермер И.Е. Овсинский впервые в земледелии предложил поверхностную обработку почвы на стьке 19 и 20 тысячелетий. С этой целью он сконструировал культиваторы с плоскорезными рабочими органами, которые хорошо подрезают сорняки, рыхлят почву на 5-6 см, не оборачивая обрабатываемого слоя. Большинство научных учреждений и исследователей выступили с резкой критикой выводов И. Овсинского.

Ключевые слова: эволюция, эрозия, плуг, сорняки, почва, отвальная обработка, безотвальная обработка.

Evolution of theoretical and practical basics of transition from beard tillage to beardless and surface soil tillage in Ukraine until the first half of 20th century

I. Prymak, M. Voitovyk, O. Panchenko V. Karpenko, S. Levandovska, I. Panchenko

The idea of the positive effect of maximum deep soil plowing began was suggested in Russia and European countries since the second half of the 18th century.

Deep soil plowing was recommended by A.T. Bolotov (1738-1833), I.M. Komov (1750-1792), O.O. Yizmailiyskiy (1851-1914), D.I. Mendeleiev (1834-1907), S.M. Usov (1796-1859), K.A. Timiriazev (1843- 1920).

According to I.O. Stebuta and P.A. Kostychev, plowing provides a very rapid mineralization of organic matter and good soil aeration, nutrients desorption, and destroys wild grass.

V.V. Dokuchaev and O.O. Yizmailiyskiy emphasized the interrelation of the erosion problem with the problem of drought in their early papers. Scientists suggested that soil moisture preservation along with erosion soil persistence is achieved due to its cloddy granulated structure.

The majority of domestic agronomists of the 19th and early 20th centuries propagated intensively the fallow system of farming for the chernozemic areas of the country, as they can not think of any another alternative to the disappearing long fallow system.

Plowing at the end of the 19th century, which replaced tillage with a wooden plow, was considered the main measure of crop growing intensification, which aimed to accelerate the desorption of ash and nitrogen nutrition elements of plants to obtain high yields. O.M. Shyshkin recommended adding manure for deep under winter plowing in arid areas.

P.A. Kostychev always spoke in prize of surface tillage. The scientist recommended adding manure under a surface tillage, which created mulch, preventing the bottom layers of the soil from drying out.

I.Ye. Ovsinskyi suggested cultivating fields to not deeper than 5 cm in order to destroy wild grass and loosen the top layer of soil for seeds placement. According to the farmer, both drought and excessive rainfall under deep plowing is equally dangerous for tilled soil.

Surface tillage of soil was carried out by I.Ye. Ovsinskyi with cut cultivators of his own design or with multyframed plows. I. Ye. Ovsinskyi believed that deep plowing disturbed the course of capillaries in the soil and it dried.

I. Ovsinskyi believed that soil top layer, being more fertile, should remain on the top, and the manure plowed in to two-inch depth under plowing, would give better results.

A. Kh. Evan, V. Rotmistrov, F. Grauzdin supported the scientists, D.M. Prianishnikov spoke in favor of his recommendations, however, the majority of scientists did not accept his conclusions (O.O. Iizmailiyskiy, A.P. Modestov, A. Zanes, A.I. Neverov, F. Kosorotov, F. Kryshstofovych, etc.).

High potential weeds infestation and inevitable increase of actual infestation of agrophytocenoses under the surface and beardless tillage became the main obstacle for introducing these types of tillage into cultivating practices.

In the middle of the first half of the 20th century, the majority of scientists considered 18-22 cm to be the optimum depth of plowing of chernozemic soils and only in some cases they considered 25-27 cm depth to be acceptable.

Key words: evolution, erosion, plow, wild grass, soil, beard tillage, beardless tillage.

Надійшла 29.03.2018 р.

УДК 504.633.11:633.31/37

РАЗАНОВ С.Ф., д-р с.-г. наук

ТКАЧУК О.П., канд. с.-г. наук

Вінницький національний аграрний університет

tkachukor@rambler.ru

ЯКІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЗЕРНА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ВИРОЩЕНОЇ ПІСЛЯ БОБОВИХ ПОПЕРЕДНИКІВ

Встановлено, що вміст білка в зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників, становив 9,9–12,0 %. Вміст сирової клейковини у зерні озимої пшениці склав 15,3–20,2 %. Найбільше сирового білка і клейковини у зерні було виявлено на варіанті попередника буркуну білого, а найменше – лядвенцю рогатого і козлятнику східного. Вміст білка і сирової клейковини у зерні озимої пшениці вирощеної після буркуну білого, люцерни посівної, конюшини лучної і еспарцету піщаного відповідно до ДСТУ 3768:2009 відповідає зерну третього класу (група А), а з решти варіантів – нижчим класам якості.

Вміст свинцю у зерні озимої пшениці, вирощеному після бобових попередників склав 1,58–2,23 мг/кг. Найнижчу концентрацію свинцю у зерні забезпечив попередник еспарцет піщаний. Зерно озимої пшениці, вирощене після кукурудзи на силос, містило свинцю 3,90 мг/кг, що у 1,8–2,5 разів більше, ніж зерно, вирощене після бобових попередників.

Вміст кадмію у зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників, склав 0,13–0,20 мг/кг. Найменша концентрація кадмію у зерні озимої пшениці була на варіанті козлятнику східного. Концентрація кадмію у зерні озимої пшениці після кукурудзи на силос склала 0,34 мг/кг, що у 1,7–2,6 рази більше, ніж після бобових попередників.

Фактичний вміст міді у зерні озимої пшениці після бобових попередників становив 3,88–4,61 мг/кг. Найменше міді містило зерно після попередника конюшини лучної і еспарцету піщаного. Зерно озимої пшениці вирощене після кукурудзи на силос містило 9,91 мг/кг міді, що більше, ніж після бобових попередників у 2,2–4,6 рази.

Вміст цинку у зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників становив 21,62–25,24 мг/кг. Найменше цинку містило зерно після конюшини лучної. Концентрація цинку у зерні озимої пшениці, вирощеної після попередника кукурудзи на силос становила 39,95 мг/кг, що у 1,6–1,9 рази більше, ніж після бобових попередників.

Ключові слова: озима пшениця, зерно, якість, екологічна безпека, попередник, свинець, кадмій, цинк, мідь.

Постановка проблеми. Озима пшениця є основною продовольчою культурою в Україні [1–4]. Окрім використання її для харчових і технічних потреб, певну частину зерна озимої пшениці використовують для фуражних потреб. Враховуючи вирощування озимої пшениці за інтенсивними технологіями, що передбачають підвищення продуктивності посівів за рахунок застосування високих норм мінеральних добрив і пестицидів, спостерігається стала тенденція забруднення її зерна токсичними речовинами: нітратами, залишками пестицидів, важкими металами, солями, кислотами та важкими металами [5–9]. Саме таке зерно найчастіше переходить в розряд фуражного та використовується для годівлі тварин, що суттєво знижує якість та безпеку тваринницької продукції [10–11].

Використання такої продукції як харчової сировини негативно позначається на стані здоров'я населення [12–16]. Тому актуальним питанням за вирощування фуражного зерна озимої пшениці є пошук альтернативних способів підвищення її продуктивності, які б не забруднювали продукцію токсикантами та одночасно забезпечували високу поживність такого корму.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Останні кілька років частка продовольчого зерна озимої пшениці 3-го і 4-го класів у більшості регіонів України складає до 25 %. За офіційними даними у структурі загального обсягу зерна озимої пшениці, вирощеного в Україні, частка продовольчого складає 54 %, а решта є фуражним. Проте і фуражне зерно озимої пшениці має низьку якість, що зумовлює перевитрату кормів [17–18].

Параметри поживності та екологічної безпеки зерна озимої пшениці, що використовується на продовольчі, кормові та інші цілі визначені ДСТУ 3768:2009. Національний стандарт на пшеницю розроблено з урахуванням фактичного стану зернового господарства України, перспектив його розвитку та вимог до зерна пшениці на внутрішньому і зовнішньому ринках. Стандарт згармонізований з Директивою № 687/2008 від 28.07.2008 та з ІЗО 7970:2000. У ньому уточнені нормативні документи, що стосуються вимог щодо безпеки та охорони довкілля, визначення показників якості та методів контролювання [19].

Обов'язковими вимогами до зерна пшениці є ті, що гарантують безпеку життя і здоров'я людини, тварин та охорону довкілля [20–24]. Основним показником якості зерна озимої пшениці є вміст білка, що визначається азотним живленням рослин. Встановлена позитивна залежність між вмістом білка в зерні і нормою азотного мінерального удобрення [25–28].

Окрім мінеральних добрив забезпечити азотний баланс рослин можна вирощуванням бобових багаторічних трав як попередників озимої пшениці, що не лише накопичують симбіотично фіксований азот у ґрунті, але й істотно впливають на зниження вмісту важких металів у ґрунті [29, 30].

Метою досліджень було вивчити вплив бобових багаторічних трав як попередників озимої пшениці на показники якості та екологічної безпеки зерна озимої пшениці.

Об'єкт досліджень – зміна показників якості та екологічної безпеки зерна озимої пшениці вирощеного після різних бобових попередників.

Предмет досліджень – зерно озимої пшениці та показники його складу.

Матеріал і методика досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2013–2017 рр. на сірих лісових ґрунтах Науково-дослідного господарства «Агрономічне» Вінницького націо-

нального аграрного університету. Озиму пшеницю висівали після таких видів бобових багатолітніх трав: люцерни посівної, конюшини лучної, еспарцету піщаного, буркуну білого, лядвенцю рогатого і козлятнику східного. Засобів хімізації за вирощування озимої пшениці не застосовували.

Лабораторний аналіз якості зерна озимої пшениці здійснювали у Науково-вимірвальній агрохімічній лабораторії кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету, а екологічної безпеки зерна – у Випробувальному центрі Вінницької філії Державної установи «Держгрунтохорона» Інституту охорони ґрунтів України.

Визначали у зерні вміст вологи, білка, сирі клейковини, та важких металів: свинцю, кадмію, міді і цинку.

Основні результати досліджень. Згідно з ДСТУ 3768:2009 зерно м'якої пшениці залежно від показників якості поділяють на 6 класів (класи 1, 2, 3 належать до групи А, класи 4 і 5 входять до групи Б і клас 6). Деякі параметри цих класів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники якості зерна озимої пшениці згідно з ДСТУ 3768:2009

Показник якості зерна	Клас					
	Група А			Група Б		-
	1	2	3	4	5	6
Вологість, % не більше	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Білок, % не менше	14,0	12,5	11,0	11,0	11,0	Не обмежено
Клейковина сира, % не менше	28,0	23,0	18,0	Не визначено		
Свинець, мг/кг не більше	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Кадмій, мг/кг не більше	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Мідь, мг/кг не більше	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Цинк, мг/кг не більше	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0

Вміст білка в зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників, становив 9,9–12,0 %. Найвищий його вміст був характерний для попередника буркуну білого, а найнижчий – лядвенцю рогатого і козлятнику східного (табл. 2).

За вмістом білка зерно озимої пшениці вирощене після буркуну білого, люцерни посівної, конюшини лучної і еспарцету піщаного згідно з ДСТУ 3768:2009 відповідає третьому класу (група А), а вирощене після лядвенцю рогатого і козлятнику східного – відповідає 6 класу.

Таблиця 2 – Показники якості зерна озимої пшениці залежно від попередників (2013-2017 рр.)

Попередник	Вміст білка, %	Вміст сирі клейковини, %	Вміст вологи, %
Люцерна посівна	11,4	18,8	10,7
Конюшина лучна	11,2	18,5	11,2
Еспарцет піщаний	11,0	18,0	10,1
Буркун білий	12,0	20,2	9,8
Лядвенець рогатий	9,9	15,3	10,4
Козлятник східний	10,0	15,6	10,3

Вміст сирі клейковини у зерні озимої пшениці склав 15,3–20,2 %. Найбільше сирі клейковини у зерні було виявлено на варіанті попередника буркуну білого, а найменше – лядвенцю рогатого і козлятнику східного.

Вміст сирі клейковини у зерні озимої пшениці вирощеної після буркуну білого, люцерни посівної, конюшини лучної і еспарцету піщаного відповідно до ДСТУ 3768:2009 відповідає зерну третього класу (група А), а з решти варіантів – нижчим класам якості.

Вміст вологи у зерні озимої пшениці становив 9,8–11,2 %. Найвищий вміст вологи був характерний для варіанта конюшини лучної, а найнижчий – буркуну білого. За вмістом вологи зерно озимої пшениці зі всіх варіантів відповідає найвищим класам.

Поряд з високою якістю зерна озимої пшениці має забезпечуватись екологічність продукції, що визначається концентрацією важких металів у зерні.

Інтенсивне використання мінеральних добрив та пестицидів на досліджуваному ґрунті у попередні роки сприяло накопиченню важких металів у зерні озимої пшениці і залежало від виду бобових попередників. Зокрема вміст свинцю у зерні озимої пшениці, вирощеному після бобових попередників склав 1,58–2,23 мг/кг за величини граничнодопустимої концентрації свинцю у зерні згідно з ДСТУ 3768:2009 – 0,5 мг/кг. Найнижчу концентрацію свинцю у зерні забезпечив попередник еспарцет піщаний, що у 3,2 рази вище ГДК, конюшина лучна – у 3,3 рази, козлятник східний і люцерна посівна – у 3,7 рази, буркун білий – у 4,1 та лядвенець рогатий – у 4,5 рази вище ГДК (табл. 3).

Таблиця 3 – Вміст важких металів у зерні озимої пшениці, вирощеної після різних попередників, мг/кг (2013-2017 рр.)

Попередник	Свинець		Кадмій		Мідь		Цинк	
	фактичний вміст	ГДК	фактичний вміст	ГДК	фактичний вміст	ГДК	фактичний вміст	ГДК
Люцерна посівна	1,86	0,50	0,16	0,10	4,18	10,0	24,84	50,0
Конюшина лучна	1,67	0,50	0,16	0,10	3,88	10,0	21,62	50,0
Еспарцет піщаний	1,58	0,50	0,17	0,10	3,90	10,0	22,16	50,0
Буркун білий	2,07	0,50	0,17	0,10	4,30	10,0	24,22	50,0
Лядвенець рогатий	2,23	0,50	0,20	0,10	4,61	10,0	22,56	50,0
Козлятник східний	1,83	0,50	0,13	0,10	4,05	10,0	25,24	50,0
Кукурудза на силос	3,90	0,50	0,34	0,10	9,91	10,0	39,95	50,0

Водночас зерно озимої пшениці, вирощене після традиційного попередника – кукурудзи на силос, містило свинцю 3,90 мг/кг, що у 7,8 разів вище ГДК та у 1,8–2,5 разів більше, ніж зерно, вирощене після бобових попередників.

Вміст кадмію у зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників, склав 0,13–0,20 мг/кг за ГДК 0,10 мг/кг. Найменша концентрація кадмію у зерні озимої пшениці була на варіанті козлятнику східного – у 1,3 рази вище ГДК, на варіанті люцерни посівної і конюшини лучної – у 1,6, на варіанті еспарцету піщаного і буркуну білого – у 1,7 рази більше ГДК. Найвища концентрація кадмію у зерні озимої пшениці була виявлена на варіанті лядвенцю рогатого – у 2 рази вище ГДК.

Концентрація кадмію у зерні озимої пшениці, вирощеної після кукурудзи на силос склала 0,34 мг/кг, що у 3,4 рази вище ГДК та у 1,7–2,6 рази більше, ніж після бобових попередників.

Фактичний вміст міді у зерні озимої пшениці після бобових попередників становив 3,88–4,61 мг/кг за величини ГДК 10,0 мг/кг. Найменше міді містило зерно після попередника конюшини лучної і еспарцету піщаного – у 2,6 рази менше ГДК, після козлятнику східного – у 2,5 рази менше, після люцерни посівної – у 2,4, після буркуну білого – у 2,3 і після лядвенцю рогатого – у 2,2 рази менше ГДК.

Зерно озимої пшениці вирощене після кукурудзи на силос містило 9,91 мг/кг міді, що відповідало нормі ГДК та було більше, ніж після бобових попередників у 2,2–4,6 рази.

Вміст цинку у зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових попередників становив 21,62–25,24 мг/кг за ГДК 50,0 мг/кг. Найменше цинку містило зерно після конюшини лучної – у 2,3 рази менше ГДК, після еспарцету піщаного та лядвенцю рогатого – відповідно у 2,3 та 2,2 рази менше ГДК, після буркуну білого – у 2,1 рази, після люцерни посівної і козлятнику східного – у 2,0 рази менше ГДК.

Концентрація цинку у зерні озимої пшениці, вирощеної після попередника кукурудзи на силос становила 39,95 мг/кг, що у 1,3 рази менше ГДК та у 1,6–1,9 рази більше, ніж після бобових попередників.

Висновки. Зерно озимої пшениці вирощене без засобів хімізації після таких бобових попередників як буркун білий, люцерна посівна, конюшина лучна і еспарцет піщаний за показниками якісного складу відповідає 3 класу групи А згідно з ДСТУ 3768:2009.

Бобові багаторічні трави в якості попередників озимої пшениці сприяють зниженню у її зерні свинцю у 1,8–2,5 разів, кадмію – у 1,7–2,6, міді – у 2,2–4,6 та цинку – у 1,6–1,9 разів порівняно з традиційним попередником кукурудзою на силос.

Використання як попередника озимої пшениці еспарцету піщаного, порівняно з іншими видами бобових трав, сприяє накопиченню у зерні пшениці найменшої кількості свинцю та міді; за попередника козлятнику східного виявлено найменшу концентрацію у зерні кадмію, але найбільшу концентрацію цинку; за використання як попередника пшениці конюшини лучної спостерігається найменший вміст у зерні міді та цинку; після попередника озимої пшениці лядвенцю рогатого найбільша концентрація у її зерні була по свинцю, кадмію та міді. Водночас необхідно відмітити, що серед усіх попередників найвища інтенсивність забруднення зерна озимої пшениці спостерігається після лядвенцю рогатого.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслак О. Перспективи ринку зерна врожаю 2016 року. Агробізнес сьогодні. 2016. № 17 (336). URL: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/6145-perspektyvy-rynku-zerna-vrozhaiu-2016-roku.html> (дата звернення 15.12.2017.).
2. Виробництво зернових в Україні цьогоріч зросло на 6 % – ФАО. Укрінформ, 27.12.2016. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2146924-virobnictvo-zernovih-v-ukraini-cogoric-zroslo-na-6-fao.html>. (дата звернення 15.12.2017.).
3. Вінницька область встановила аграрний рекорд. Укрінформ, 10.08.2016. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2064659-vinnicka-oblast-vstanovila-agrarnij-rekord.html (дата звернення 15.12.2017.).
4. Ткачук О.П., Яковець Л.А. Динаміка виробництва зерна та внесення мінеральних добрив під зернові культури у Вінницькій області. «Сільське господарство та лісівництво»: збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, 2017. № 6. том 1. С. 141–148.
5. Дмитренко О.В. Вплив інтенсивних технологій вирощування на якість зерна пшениці озимої. Збалансоване природокористування. 2014. № 1, 2014. С. 189–193.
6. Станкевич Г.М., Борта А.В., Страхова Т.В. Управління якістю та безпекою зерна – основа стратегічного успіху України. Перспективи розвитку науково-методичного забезпечення для самостійного вивчення дисциплін та їх окремих розділів: матеріали 47 науково-методичної конференції викладачів ОНАХТ 4–5 квітня 2016 р. С. 137.
7. Тогагинська О.В. Оцінка технологій вирощування пшениці озимої за еколого-агрохімічними показниками темно-сірого опідзоленого ґрунту. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2017. № 1–2. URL: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=853. (дата звернення 15.12.2017.).
8. Рудаков Ю.М., Гончар Н.В., Козечко В.І., Накльока Ю.І. Вплив попередників і добрив на вміст нітратів і важких металів у зерні пшениці озимої в північному Степу: збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2012. Вип. 81(1). С. 160–164.
9. Флоря Л.В. Агроекологічна оцінка вмісту важких металів в ґрунтах і зерні озимої пшениці Північно-Західного Причорномор'я. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали III міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2014. С. 76–77.
10. Лихочвор В. Система удобрення озимої пшениці. Агробізнес сьогодні. 2014. № 7 (278). URL: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2180-systema-udobrennia-ozymoi-pshenytsi.html>. (дата звернення 15.12.2017.).
11. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Інтенсивна хімізація землеробства – як передумова забруднення зернової продукції важкими металами. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2017. № 1(134). С. 66–71.
12. Okoro H.K. A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments. *Scient. reports*. 2012. Vol. 1 (3). P. 1–9.
13. Francesco B. The Role of Food and Nutrition System Approaches in Tackling Hidden Hunger. *Int. J. Env. Res. Public Health*. 2012. Vol. 8 (2). P. 358–373.
14. Modeling uptake kinetics of cadmium by field-grown lettuce / Chen W. et al. *Environmental Pollution*. 2013. V. 152. P. 147–152.
15. Timmer L.W., Childers C.C., Nigg H.N. Pesticides registered for use on Florida citrus. Gainesville, FL: 2014. Florida Citrus Pest Management Guide, SP-43, University of Florida.
16. Conn S., Gilliam M. Comparative physiology of elemental distributions in plants. *Annals of Botany*. 2015. V. 105. P. 1081–1102.
17. Гарбар Л.А., Антал Т.В. Якість зерна і насіння пшениці твердої ярої залежно від технології вирощування в лісостепу України: збірник наукових праць SWorld по матеріалам Міжнародної науково-практичної конференції «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития-2011». URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/uk/agriculture-311/agriculture-animal-husbandry-and-forestry-311/7826-yakst-grain-snasnyua-pshenits-tverdo-yaro-fallow-ud-tehnolog-viroschuvannya-lisostepu-in-ukraine>. (дата звернення 15.12.2017.).
18. Ткачук О.П., Яковець Л.А. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області. «Сільське господарство та лісівництво»: збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, 2016. № 4. С. 179–186.
19. ДСТУ 3768:2009. Пшениця. Технічні умови. URL: http://zenolab.com.ua/ua/pshenitsya_tekhnichni_umovi.htm. (дата звернення 15.12.2017.).
20. Емельянов А.Н. Экологические принципы в кормопроизводстве, как основа повышения эффективности земледелия Дальнего Востока. *Кормопроизводство*. 2013. № 2. С. 3–5.
21. Протопіш І.Г., Квітко Г.П., Гетман Н.Я. Багаторічні бобові трави – безальтернативний попередник пшениці озимої в умовах правобережного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 72. С. 34–39.

22. Wójcik M., Tukiendorf A. Cadmium uptake, localization and detoxification in *Zea mays*. *Biol. Plant.* 2015. № 2. P. 237–245.
23. Proctor M.C.F. *Physiological ecology. Bryophyte Biology* / eds. B. Goffinet, A. J. Shaw. Cambridge University Press, 2017. P. 225–248.
24. Kirkham M.B. Cadmium in plants on polluted soils: effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. *Geoderma.* 2016. V. 137. P. 19–32.
25. He Z.L., Yang X.E., Stoffella P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journ. of Trace Elements in Med. and Biol.* 2015. V. 19. P. 125–140.
26. Hall J.L., Williams L.E. Transition metal transporters in plants. *Ibid.* 2013. V. 54, № 393. P. 26101–26113.
27. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn hyperaccumulating plant species (*Sedum Alfredii* Hance) / Yang X.E. et al. *Plant Soil.* 2014. 259. P. 181–189.
28. Yang X.E., Long X.X., Ni W.Z., Fu C.X. *Sedum alfredii* H – a new zinc hyperaccumulating plant species native to China. *Chinese Sci. Bulletin.* 2012. № 47. P. 1003–1006.
29. Квітко Г.П., Протопіш І.Г. Формування структури врожаю та якості пшениці озимої залежно від строків сівби і попередників в Лісостепу Правобережному: збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2013. Вип. 4. С. 24–35.
30. Эседуллаев С.Т., Шмелёва Н.В. Эффективность козлятника восточного, как предшественника зерновых и технических культур и его влияние на плодородие почвы. *Кормопроизводство.* 2013. № 5. С. 9–10.

REFERENCES

1. Maslak, O. (2016). *Perspektivi rinka zerna vrozhaia 2016 roku* [Prospects of the grain market of the harvest in 2016]. *Agrobiznes s'ogodni* [Agrobusiness today], no. 17 (336). Retrieved from: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/6145-perspektyvy-rynku-zerna-vrozhaia-2016-roku.html> (application date dated 15.12.2017).
2. *Virobnictvo zernovih v Ukraїni c'ogo rich zroslo na 6 %* – FAO [The production of cereals in Ukraine increased by 6% – FAO]. *Ukrinform*, 27.12.2016. Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2146924-virobnictvo-zernovih-v-ukraini-cogoric-zroslo-na-6-fao.html>. (reference date dated 15.12.2017).
3. *Vinnic'ka oblast' vstanovila agrarnij rekord* [Vinnytsya oblast set an agrarian record] / *Ukrinform*, 10.08.2016. Retrieved from: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2064659-vinnicka-oblast-vstanovila-agrarnij-rekord.html (reference date is 15.12.2017.).
4. Tkachuk, O.P., Yakovets, L.A. (2017). *Dinamika virobnictva zerna ta vnesennja mineral'nih dobriv pid zernovi kul'turi u Vinnic'kij oblasti* [Dynamics of grain production and mineral fertilizers under grain crops in Vinnytsia oblast]. «Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnictvo». *Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu* ["Agriculture and Forestry". Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University], no. 6, Vol. 1, pp. 141-148.
5. *Dmitrenko, O.V. (2014). Vpliv intensivnih tehnologij viroshhuvannja na jakist' zerna pshenici ozimoj* [Influence of intensive cultivation technologies on the quality of winter wheat grain]. *Zbalansovane prirodokoristuvannja* [Balanced nature management], no. 1, pp. 189-193.
6. *Stankevich, G.M., Borta, A.V., Strahova, T.V. (2016). Upravlinnja jakistju ta bezpekoju zerna – osnova strategichnogo uspihu Ukraїni* [Managing the quality and safety of grain is the basis of Ukraine's strategic success]. *Materialy 47 naukovu-metodychnoi konferencii vykladachiv ONAHT "Perspektyvy rozvytku naukovu-metodychnogo zabezpechennja dlja samostijnogo vyvchennja dyscyplin ta ih okremyh rozdiliv* [Materials of 47 scientific and methodological conference of teachers ONAHT "Prospects of development of scientific and methodological support for independent study of disciplines and their separate sections"], 137 p.
7. *Togachins'ka, O.V., Tymoshchuk, T.M. (2017). Ocinka tehnologij viroshhuvannja pshenici ozimoj za ekologo-agrohimičnimi pokaznikami temno-sirogo opidzolenogo gruntu* [Estimation of winter wheat cultivation technologies in ecological and agro-chemical indices of dark gray podzolized soil]. *Visnik Poltav's'koi derzhavnoi agrarnoi akademii* [The Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], no. 1-2. Retrieved from: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=853. (reference date dated 15.12.2017).
8. *Rudakov, Ju.M., Gonchar, N.V., Kozechko, V.I., Naklooka, Yu.I. (2012). Vpliv poperednikiv i dobriv na vmist nitrativ i vazhkih metaliv u zerni pshenici ozimoj v pivnichnomu Stepu* [Effect of precursors and fertilizers on the content of nitrates and heavy metals in winter wheat grains in the northern steppe]. *Zbirnik naukovih prac' Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva* [Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture], Issue 81(1), pp. 160-164.
9. *Florja, L.V. (2014). Agroekologična ocinka vmistu vazhkih metaliv v gruntah i zerni ozimoj pshenici Pivnichno-Zahidnogo Prichornomor'ja: materialy III mizhnarodnoi naukovoi konferencii studentiv, aspirantiv ta molodyh vchenyh "Ekologija, neoekologija, ohorona navkolyshn'ogo seredovishha ta zbalansovane pryrodokorystuvannja"* [Agroecological assessment of the content of heavy metals in soils and wheat grains of the Northwest Black Sea: materials of the 3rd international scientific conference of students, postgraduates and young scientists "Ecology, neecology, environmental protection and sustainable use of nature"]. *Kharkiv, KhNU them. VN Karazin*, pp. 76-77.
10. *Lihochvor, V. (2014). Sistema udobrennja ozimoj pshenici* [System of fertilization of winter wheat]. *Agrobiznes s'ogodni* [Agrobusiness today], no. 7 (278). Retrieved from: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2180-sistema-udobrennja-ozymoi-pshenytsi.html>. (reference date dated 15.12.2017).
11. *Razanov, S.F., Tkachuk, O.P. (2017). Intensivna himizacija zemlerobstva – jak peredumova zabrudnennja zernovoi produkcii vazhkimi metalami* [Intensive chemistry of agriculture – as a precondition for contamination of grain products by heavy metals]. *Tehnologija virobnictva i pererobki produkcii tvarinnictva* [Technology of production and processing of livestock products.], no. 1(134), pp. 66-71.
12. *Okoro, H.K. A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments.* *Scient. reports.* 2012, Vol. 1 (3), pp. 1-9.

13. Francesco, B. The Role of Food and Nutrition System Approaches in Tackling Hidden Hunger. *Int. J. Env. Res. Public. Health.* 2012, Vol. 8 (2), pp. 358-373.
14. Chen, W., Li, L., Chang, A.C. Modeling uptake kinetics of cadmium by field-grown lettuce. *Environmental Pollution.* 2013, Vol. 152, pp. 147-152.
15. Timmer, L.W., Childers, C.C., Nigg, H.N. Pesticides registered for use on Florida citrus. Gainesville, FL. Florida Citrus Pest Management Guide, SP-43, University of Florida, 2014.
16. Conn, S., Gilliam, M. Comparative physiology of elemental distributions in plants. *Annals of Botany.* 2015, Vol. 105, pp. 1081-1102.
17. Garbar, L.A., Antal, T.V. Jakist' zerna i nasinnja pshenici tvrdoj' jaroi' zalezno vid tehnologii viroshhuvannja v lisostepu Ukraini [Quality of grains and wheat seeds of hard fir, depending on the technology of cultivation in the forest-steppe of Ukraine]. *Sbornik nauchnyh trudov SWorld po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnye issledovanija i ih prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostojanie i puti razvitija-2011».* [Collection of scientific works by SWorld on the materials of the International scientific and practical conference "Scientific researches and their practical application. Current state and development paths-2011"]. Retrieved from: <http://www.sworld.com.ua/index.php/uk/agriculture-311/agriculture-animal-farming-and-forestry-311/7826-yakst-grain-snasnnya-phenits-tverdo-yarofallow-vid-tehnolog-viroshhuvannja-losostepu-in-ukraine>. (application date dated 15.12.2017.)
18. Tkachuk, O.P., Yakovets, L.A. (2016). Osoblivosti zabrudnennja zernovoi' produkcii' vazhkimi metalami v umovah Vinnic'koi' oblasti [Features of contamination of grain products by heavy metals in the conditions of Vinnitsa region]. «Sil'ske gospodarstvo ta lisivnictvo». *Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu ["Agriculture and Forestry"]*. Collection of scientific works of Vinnitsia National Agrarian University, no. 4, pp. 179-186.
19. DSTU 3768:2009. Pshenicja. Tehnichni umovi. [DSTU 3768: 2009. Wheat. Specifications.] Retrieved from: http://zernolab.com.ua/en/pshenitsya_tekhnichni_umovi.htm. (reference date dated 15/12/2017).
20. Emel'janov, A.N. (2013). Jekologicheskie principy v kormoproizvodstve, kak osnova povyshenija jeffektivnosti zemledelija Dal'nego Vostoka [Environmental principles in forage production as a basis for increasing the efficiency of agriculture in the Far East]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, no. 2, pp. 3-5.
21. Protopish, I.G. Kvitko, G.P., Getman, N.Ja. (2012). Bagatorichni bobovi travi – bezal'ternativnij poperednik pshenici ozimoi' v umovah pravoberezhnogo Lisostepu [Perennial legumes – a non-alternative predecessor of winter wheat in the right-bank forest-steppe]. *Kormi i kormovirobnictvo [Forage and fodder production]*, Issue 72, pp. 34-39.
22. Wójcik, M., Tukiendorf, A. Cadmium uptake, localization and detoxification in *Zea mays*. *Biol. Plant.* 2015, no. 2, pp. 237-245.
23. Proctor, M.C.F. *Physiological ecology. Bryophyte Biology.* Cambridge University Press. 2017, pp. 225-248.
24. Kirkham, M.B. Cadmium in plants on polluted soils: effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. *Geoderma.* 2016, Vol. 137, pp. 19-32.
25. He, Z.L., Yang, X.E., Stoffella, P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journ. of Trace Elements in Med. and Biol.* 2015, Vol. 19, pp. 125-140.
26. Hall, J.L., Williams, L.E. Transition metal transporters in plants. *Ibid.* 2013, Vol. 54, no. 393, pp. 26101-26113.
27. Yang, X.E., Long, X.X., Ye, H.B. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn hyperaccumulating plant species (*Sedum Alfredii* Hance). *Plant Soil.* 2014, no. 259, pp. 181-189.
28. Yang, X.E., Long, X.X., Ni, W.Z., Fu, C.X. *Sedum alfredii* H – a new zinc hyperaccumulating plant species native to China. *Chinese Sci. Bulletin.* 2012, no. 47, pp. 1003-1006.
29. Kvitko, G.P., Protopish, I.G. (2013). Formuvannja strukturi vrozhaju ta jakosti pshenici ozimoi' zalezno vid strokiv sivi i poperednikiv v Lisostepu Pravoberezhnomu [Formation of the crop structure and quality of winter wheat depending on the timing of sowing and predecessors in the Forest-Steppe Pravoberezhnyi]. *Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu [Collection of scientific works of Vinnitsa National Agrarian University]*, Issue 4, pp. 24-35.
30. Josedullaev, S.T., Shmeljova, N.V. (2013). Jeffektivnost' kozljatnika vostochnogo, kak predshestvennika zernovyh i tehniceskikh kul'tur i ego vlijanie na plodorodie pochvy [Efficiency of the Oriental Goat, as a precursor of cereals and technical crops, and its effect on soil fertility]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, no. 5, pp. 9-10.

Качество и экологическая безопасность зерна озимой пшеницы выращенной после бобовых предшественников

С.Ф. Разанов, А.П. Ткачук

Установлено, что содержание белка в зерне озимой пшеницы, выращенной после бобовых предшественников, составляло 9,9-12,0 %. Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы составило 15,3-20,2 %. Больше сырого белка и клейковины в зерне было обнаружено на варианте предшественника донника белого, а наименьше – лядвенца рогатого и козлятника восточного. Содержание белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы выращенной после донника белого, люцерны посевной, клевера лугового и эспарцета песчаного в соответствии с ДСТУ 3768: 2009 соответствует зерну третьего класса (группа А), а из оставшихся вариантов – низшим классам качества.

Содержание свинца в зерне озимой пшеницы, выращенном после бобовых предшественников составило 1,58-2,23 мг/кг. Самую низкую концентрацию свинца в зерне обеспечил предшественник эспарцет песчаный. Зерно озимой пшеницы, выращенное после кукурузы на силос, содержало свинца 3,90 мг/кг, что в 1,8-2,5 раз больше, чем зерно, выращенное после бобовых предшественников.

Содержание кадмия в зерне озимой пшеницы, выращенной после бобовых предшественников, составило 0,13-0,20 мг/кг. Наименьшая концентрация кадмия в зерне озимой пшеницы была на варианте козлятника восточного. Концентрация кадмия в зерне озимой пшеницы после кукурузы на силос составила 0,34 мг/кг, что в 1,7-2,6 раза больше, чем после бобовых предшественников.

Фактичне вміщення міді в зерні озимої пшениці після бобових предшественників становило 3,88-4,61 мг/кг. Менше міді містило зерно після предшественника клевера лугового і еспарцета піщаного. Зерно озимої пшениці вирощене після кукурузи на силос містило 9,91 мг/кг міді, що більше, ніж після бобових предшественників в 2,2-4,6 рази.

Вміщення цинку в зерні озимої пшениці, вирощеної після бобових предшественників становило 21,62-25,24 мг/кг. Менше цинку містило зерно після клевера лугового. Концентрація цинку в зерні озимої пшениці, вирощеної після предшественника кукурузи на силос становила 39,95 мг/кг, що в 1,6-1,9 рази більше, ніж після бобових предшественників.

Ключові слова: озима пшениця, зерно, якість, екологічна безпека, предшественник, свинець, кадмій, цинк, мідь.

Quality and ecological safety of winter wheat grain grown after bean precursors

S. Razanov, A. Tkachuk

According to DSTU 3768: 2009, wheat grains, depending on quality indicators, are divided into 6 classes (classes 1, 2, 3 belong to group A, classes 4 and 5 are in group B and class 6). The protein content of winter wheat, grown after bean predecessors, was 9.9-12.0 %. Its highest content was characteristic of the precursor of *Melilotus officinalis*, and the lowest one – *Lótus corniculátus* and *Galéga orientalis L.*

In terms of the protein content, winter wheat grain grown after *Melilotus officinalis*, alfalfa, cranberries and *Onobrychis arenaria* in accordance with the DSTU 3768:2009 corresponds to grade 3 (group A), and the grain grown after *Lótus corniculátus* and *Galéga orientalis L.* corresponds to grade 6.

The content of raw gluten in winter wheat grain was 15.3-20.2 %. The largest amount of raw gluten in the grain was found on the variant with *Melilotus officinalis* precursor, and the smallest – on *Lótus corniculátus* and *Galéga orientalis L.*

The content of raw gluten in the grain of winter wheat grown after white currant, alfalfa, clover, and *Onobrychis arenaria*, according to DSTU 3768: 2009, corresponds to the third class grain (Group A), and the remaining variants – to the lower quality grades. Intensive use of mineral fertilizers and pesticides on the investigated soil in previous years contributed to the accumulation of heavy metals in winter wheat grain and depended on the type of legume precursors.

In particular, lead content in winter wheat grains grown after bean precursors was 1.58-2.23 mg/kg at the limit of the maximum permissible concentration of lead in grain in accordance with DSTU 3768: 2009 of 0.5 mg/kg. The lowest concentration of lead in the grain was provided by the precursors of *Onobrychis arenaria*, which is 3.2 times higher than the MPC, *Trifolium pratense* by 3.3 times, *Lótus corniculátus* and *Trifolium pratense* – by 3.7 times, *Melilotus officinalis* – 4.1 and *Lótus corniculátus* – 4.5 times higher than the MPC.

At the same time, winter wheat, grown after the traditional predecessor – silage corn, contained 3.90 mg/kg of lead, which is 7.8 times higher than MPC and 1.8-2.5 times more than the grain grown after bean precursors.

The content of cadmium in winter wheat, grown after bean precursors, was 0.13-0.20 mg/kg at MPC of 0.10 mg/kg. The lowest concentration of cadmium in winter wheat grain was on the variant of the *Galéga orientalis L.* – 1.3 times higher than the MPC, in the variant of the alfalfa of and the clover – in 1.6, in the version of the *Onobrychis arenaria* and *Melilotus officinalis* – by 1.7 times higher than the MPC. The highest concentration of cadmium in winter wheat grain was found on the variant of *Lótus corniculátus* – 2 times higher than the MPC.

The concentration of cadmium in winter wheat grain grown after silage corn on was 0.34 mg/kg, which is 3.4 times higher than the MPC and 1.7-2.6 times more than after bean precursors. The actual content of copper in winter wheat grain after bean precursors was 3.88-4.61 mg/kg at the value of the MPC of 10.0 mg/kg. The smallest amount of copper was contained in grain after the precursors of the clover and *Onobrychis arenaria* – by 2.6 times less than the MPC, after the *Galéga orientalis L.* – 2.5 times less, after the alfalfa – by 2.4, after *Melilotus officinalis* – 2.3 and after *Lótus corniculátus* – 2.2 times less than the MPC.

The grain of winter wheat grown after silage corn contained 9.91 mg/kg of copper, which corresponded to the MPC standard and was 2.2-2.6 times larger than after bean precursors.

The zinc content in winter wheat grains grown after bean precursors was 21.62-25.24 mg/kg at MPC of 50.0 mg/kg. The least amount of zinc was contained in grain after *Trifolium pratense* – in 2.3 times less than the MPC, after *Onobrychis arenaria* and *Lótus corniculátus* – respectively, by 2.3 and 2.2 times less than the MPC, after *Melilotus officinalis* – by 2.1 times, after the alfalfa and *Lótus corniculátus* – 2.0 times less than the MPC.

Zinc concentrations in winter wheat grown after the silage corn predecessor was 39.95 mg/kg, which is 1.3 times the MPC and 1.6-1.9 times higher than that of legumes predecessors.

Grain of winter wheat grown without the chemicals after legume predecessors as such as *Melilotus officinalis*, alfalfa, *Trifolium pratense* and *Onobrychis arenaria* corresponds to grade 3 of group A on the indicators of qualitative composition, according to DSTU 3768:2009.

Bean perennial grasses as predecessors of winter wheat contribute to lead decrease in its grain by 1.8–2.5 times, cadmium – by 1.7–2.6 times, copper – by 2.2–4.6 times and zinc – by 1.6-1,9 times compared with the traditional precursor of silage corn.

Using *Onobrychis arenaria* as a precursor of winter wheat, in comparison with other types of legumes, provides accumulating of wheat the smallest amount of lead and copper in the grain. *Lótus corniculátus* as a predecessor provides the lowest concentration of cadmium though zinc concentration was high; *Trifolium pratense* as a precursor of wheat provided the lowest copper and zinc content in the grain. *Lótus corniculátus* as a precursor of winter wheat, provided the highest concentration of lead, cadmium and copper in its grain. At the same time, it should be noted that among all the predecessors, the highest intensity of contamination of winter wheat is observed after *Lótus corniculátus*.

Key words: winter wheat, grain, quality, ecological safety, precursors, lead, cadmium, zinc, copper.

Надійшло 30.03.2018 р.