

УДК: 631.563.2:633.15:546.95

ЗМІНА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИ ДОСУШЦІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

Л.А. ЯКОВЕЦЬ, аспірантка
Вінницький національний аграрний
університет¹

Досліджено динаміку вмісту важких металів у вологому та висушеному зерні кукурудзи залежно від періоду очікування. Виявлено, що між вмістом свинцю, кадмію, міді та цинку у вологому і висушеному зерні кукурудзи та періодом очікування спостерігається обернена прямолінійна залежність: чим довший період очікування – тим менший вміст свинцю, кадмію, міді та цинку у зерні кукурудзи. Штучне досушування зерна кукурудзи зумовлює виведення свинцю. В той же час вміст кадмію і міді у вологому та висушеному зерні кукурудзи був у межах похибки, а цинку – більше у висушеному зерні.

Ключові слова: важкі метали, зерно, забруднення, кукурудза, динаміка вологості зерна кукурудзи.

Табл. 2. Літ. 15.

Постановка проблеми. У світовій практиці головним напрямом аграрної політики є забезпечення населення продуктами харчування, основою якого є виробництво зерна сільськогосподарських культур. У вирішенні цієї проблеми важлива роль належить кукурудзі, одній із найбільш продуктивних і цінних за біологічними властивостями культур [1]. За посівними і валовими зборами зерна кукурудзи перші вісім місць у світі посідають США, Китай, Бразилія, Мексика, Аргентина, Індія, Франція та Італія. В Україні під посіви кукурудзи на зерно відведено близько 2,6 млн. га, що суттєво нижче від інших країн виробників [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кукурудза відзначається цілим рядом кормових і харчових властивостей, використовується у різноманітних галузях сільського господарства і переробної промисловості. Її зерно містить 9-12% білків, 65-70% вуглеводів, 4-8% олії, 1,5% мінеральних речовин, з якого виготовляють 3500 видів продукції – борошно, крупу, харчовий крохмаль, цукор, сироп, рослинну олію, прохолодні напої, пиво, етиловий спирт, гліцерин, органічні кислоти, вітамін Е, консерви (цукрова кукурудза) та інші вироби. Із листя, стебел та стрижнів качанів виробляють папір, целюлозу, ацетон, метиловий спирт, лінолеум, віскозу, активоване вугілля, пластмасу, анестезуючі засоби [3, 4]. За даними авторів, за повної стиглості вміст вологи у зерні кукурудзи коливається в межах 28-37%, – коли припиняється надходження сухої речовини та починається процес зменшення маси зернівки через втрату вологи. Тобто фаза повної стиглості завершує онтогенетичний

¹ Науковий керівник, канд. с.-г. наук, ст. викл. Ткачук О.П.

цикл, але певний час у рослинах тривають процеси життєдіяльності, спрямовані в основному на консервацію зернівки, її підготовку до наступного періоду вегетації [7].

Супроводжуються вони, насамперед, поступовим зменшенням вмісту вологи в зерні кукурудзи, що зумовлюється генетичними особливостями зразка. Від того як відбувається природний процес втрати вологи зерном кукурудзи, залежить якість посівного матеріалу, характеристики товарного зерна, визначаються господарські та економічні складові оцінки гібрида кукурудзи [5].

Якість зерна кукурудзи залежить від сукупного поєднання багатьох погодно-кліматичних, ґрунтових та технологічних факторів. Для успішного регулювання та підвищення якості зерна кукурудзи необхідно ретельно вивчити та проаналізувати процеси, які відбуваються у кукурудзі у різні фази росту й розвитку з метою подальшого її регулювання [6].

Основними факторами, які впливають на якість зерна кукурудзи, є: спосіб збирання і вологість зерна. Якщо на перший фактор можливо вплинути фізично, тобто підібрати або купити нову техніку та обладнання, то вологість зерна зумовлюється лише вологовіддачею насіння кукурудзи, яка, в свою чергу, залежить від ФАО і регіону в якому вирощується рослина [7].

На інтенсивність вологовіддачі великий вплив мають фізіологічні властивості зерна: розмір, форма, фізична будова. Щільна оболонка зерна може утруднити процес випаровування вологи. Форма зерна теж грає важливу роль: зубоподібні зерна мають більшу ступінь вологовіддачі, хоча під час вегетації більше схильні до впливу зовнішнього середовища і грибних захворювань, тоді як кременисті види, навпаки, повільніше віддають вологу, але більш стійкі до впливу подразників [5].

Втрата вологості зерном кукурудзи під час дозрівання – складний інтегральний процес, який залежить від багатьох чинників:

- фізико-біохімічних властивостей зерна;
- морфологічних ознак качана кукурудзи (товщина стрижня, лінійні розміри зернівки, крупність зерна, кількість і здатність до розкриття обгорток, проникнення качана, строки прояву чорного прошарку в зерні, консистенція ендосперму);
- біологічних і онтогенетичних властивостей гібрида кукурудзи (тривалість латентної фази, стійкість до посухи) [8].

В Україні вологість зерна кукурудзи під час збирання значно коливається залежно від кліматичних зон вирощування. Так, за оптимальних строків сівби у Степу вологість зерна кукурудзи може становити 14-19%, у Лісостепу зазвичай – 20-25%, на Поліссі – 30-35%. До того ж восени створюються відповідні погодні умови, за яких природна вологовіддача практично припиняється і може вирівнюватись за групами. Відповідно до кліматичних зон, об'єктивність оцінювання тривалості вегетаційного періоду в

Україні підвищуватиметься з півдня на північ, але важливим є виявлення строків збирання, які здатні найкраще диференціювати генотипи за вологістю зерна кукурудзи [8].

Серед існуючих способів тривалого зберігання зерна найбільш розповсюдженим є його зберігання у сухому стані, що і визначає необхідність проведення такої важливої технологічної операції як сушіння зерна, основне призначення якої – зниження вологості зерна до стану, при якому воно впадає в стан анабіозу. Просушене зерно досягає повної фізіологічної зрілості і може довгостроково зберігатися. Разом з тим, сушіння зерна є одним з найенергоємніших та дорогим процесом у післязбиральній обробці і зберіганні зерна.

В Україні, як і за кордоном, для сушіння зерна використовують переважно конвективні сушарки шахтного, а останнім часом і колонкового типу, з гравітаційно-рухомим шаром зерна. Колонкові сушарки модульного типу різних закордонних виробників з'явилися в Україні у роки її незалежності і їхня кількість на підприємствах різних форм власності стрімко зростає. Однак найбільш розповсюдженими залишаються шахтні зерносушарки [9, 10].

Однією з причин незбалансованого розвитку агроєкосистем в Україні вітчизняні вчені вважають високий рівень техногенного забруднення навколишнього природного середовища [11]. Найбільш поширеними поліюантами є важкі метали [12]. Обґрунтовану тривогу дослідників викликає зростання забруднення важкими металами, пов'язане з використанням автотранспорту, щорічним спалюванням мільйонів тонн вугілля та іншого палива, агротехногенним навантаженням. Упродовж останніх десятиліть щорічний видобуток кадмію з надр Землі у світі становить близько 22 тис. т, свинцю – 783 тис. т, цинку – 1,35 млн т [13]. Частина від загальної кількості надходить на поверхню ґрунту і депонується ним у міцно фіксованій формі, але значна кількість залишається мобільною, спричиняючи зміни агрохімічних і екотоксикологічних властивостей ґрунту. Особливо небезпечним є забруднення поліюантами сільськогосподарських угідь. В Україні близько 8% земель сільськогосподарського використання містять важкі метали вище гранично допустимої концентрації (ГДК) [11]. Забруднення ґрунтів важкими металами спонукає до пошуку способів очищення та ефективного використання цих земель. Депонування забруднювачів ґрунтом у ряді випадків унеможлиблює реалізацію потенціалу сорту сільськогосподарських культур, спричиняє забруднення рослинницької продукції [13]. Адже у процесі онтогенезу рослин метали з ґрунту надходять до коренів і надземної маси, змінюючи кількісні та якісні характеристики урожаю сільськогосподарських культур [14]. Тому одним із актуальних завдань сучасної агроєкології є визначення продуктивності польових культур, а також біохімічних і токсикологічних характеристик

урожаю в умовах забрудненості агроєкотопів важкими металами і виявленні можливості використання таких ґрунтів для вирощування польових культур.

Метою статті було встановити інтенсивність вмісту важких металів при досушці зерна кукурудзи залежно від періоду очікування, від збирання урожаю до переробки зернової маси.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтенсивна хімізація технологічних процесів вирощування зернових культур зумовлює внесення високих норм мінеральних добрив та пестицидів. Ці засоби сприяють накопиченню у зерні важких металів. У процесі зберігання продукції внаслідок перебігу фізіологічних реакцій, вміст цих речовин у зерні може змінюватися.

Дослідження проводили впродовж 2016-2017 рр. із вологим та висушеним зерном кукурудзи, вирощеним на полях з інтенсивною хімізацією технологічних процесів вирощування зернових культур у господарствах Вінницької області.

Лабораторні аналізи зерна кукурудзи проводили у сертифікованій лабораторії випробувального центру Вінницької філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», де визначали вміст основних важких металів: свинцю, кадмію, цинку та міді у різні періоди після збирання урожаю: після збирання, через 3 місяці, 6 місяців, 12 місяців та 24 місяці після збирання культури.

Згідно ГОСТу 30178-96 ГДК важких металів у зерні кукурудзи становить: свинець – 0,5 мг/кг, кадмій – 0,1 мг/кг, цинк – 50,0 мг/кг та мідь – 10,0 мг/кг [15].

Аналізували вологе зерно кукурудзи з вологістю 28% та висушене на колонкових сушарках до вологості 15%. Вологість зерна на час збирання урожаю, його штучного досушування та через 2 роки після збирання, визначали у Науково вимірювальній агрохімічній лабораторії, кафедри екології та охорони навколишнього середовища.

Таблиця 1

Динаміка вологості зерна кукурудзи

Період визначення і спосіб підготовки зерна	Вміст вологи, %
Після збирання урожаю (вологе зерно)	28
Штучне досушування зерна	15
Через 2 роки зберігання без штучного досушування	11,1
Через 2 роки зберігання штучно висушеного зерна	11,3

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Вологість зерна на час збирання склала 28%, що значно погіршує умови його зберігання, проведене штучне досушування зерна сприяло зниженню його

вологості від 14% до 15%. Через 2 роки зберігання в природних умовах вологість зерна кукурудзи склала 11,1-11,3%, тобто зменшилась на 3,7% у висушеному зерні та на 16,9% – у вологому (табл. 1).

На час збирання вологого зерна кукурудзи вміст свинцю становив 1,25 мг/кг, що складає 2,5 ГДК. Через 3 місяці після збирання, вміст свинцю зменшився на 64,8% і склав 0,44 мг/кг, через 6 місяців – на 92,0% та склав 0,10 мг/кг і більше не змінювався. Зерно вологої кукурудзи через 6 місяців після збирання мало вміст свинцю, який становив 0,2 ГДК і був безпечним для використання (табл. 2).

На час збирання висушеного зерна кукурудзи вміст свинцю становив 0,22 мг/кг, що складає 0,4 ГДК і на 54,5% менше ніж вміст свинцю вологого зерна. Через 3 місяці після збирання, вміст свинцю зменшився на 9,1% і склав 0,20 мг/кг, через 6 місяців – на 36,4%, через 12 місяців – на 54,5% і склав 0,10 мг/кг та більше не змінювався. Зерно висушеної кукурудзи через 1 рік після збирання мало вміст свинцю, що становив 0,2 ГДК і відповідав вмісту свинцю у вологому зерні кукурудзи через рік після збирання.

У вологому зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст кадмію становив 0,02 мг/кг, що складає 0,2 ГДК. Через 3 місяці після збирання, вміст кадмію не змінювався і склав 0,02 мг/кг, а через 6 місяців вміст кадмію зменшився на 50,0% та склав 0,01 мг/кг і більше не змінювався.

Таблиця 2

Динаміка вмісту важких металів у вологому та висушеному зерні кукурудзи залежно від періоду очікування, мг/кг

Період очікування	Концентрація важких металів у зерні							
	Pb		Cd		Cu		Zn	
	без досуш.	з досуш.	без досуш.	з досуш.	без досуш.	з досуш.	без досуш.	з досуш.
Після збирання	1,25	0,22	0,02	0,04	0,95	1,00	17,90	23,20
Через 3 міс.	0,44	0,20	0,02	0,04	0,29	0,73	12,40	12,30
Через 6 міс.	0,10	0,14	0,01	0,01	0,13	0,60	10,50	9,80
Через 12 міс.	0,10	0,10	0,01	0,01	0,10	0,48	8,05	7,20
Через 24 міс.	0,10	0,10	0,01	0,01	0,10	0,35	8,00	7,11
НІР₀₅	0,1	0,05	0,01	0,02	0,2	0,2	3,3	4,5

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

У висушеному зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст кадмію становив 0,04 мг/кг, що складає 0,4 ГДК і на 50,0% більше, ніж вологого зерна. Через 6 місяців вміст кадмію зменшився на 75,0% та склав 0,01 мг/кг і більше

не змінювався. Зерно висушеної кукурудзи через 6 місяців після збирання мало вміст кадмію, що становив 0,1 ГДК і відповідало вмісту кадмію у вологому зерні кукурудзи через рік після збирання.

У вологому зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст міді становив 0,95 мг/кг, що складає 0,1 ГДК. Через 3 місяці після збирання, концентрація міді зменшилась на 69,5% і склала 0,29 мг/кг, через 6 місяців – на 86,3%, через 12 місяців – на 89,5% та склала 1,10 мг/кг і більше не змінювалась. Зерно вологої кукурудзи через 1 рік після збирання мало концентрацію міді, що становила 0,01 ГДК.

У висушеному зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст міді становив 1,00 мг/кг, що складає 0,1 ГДК і на 5,0% більше ніж вміст міді вологого зерна. Через 3 місяці після збирання вміст міді зменшився на 27,0% і склав 0,73 мг/кг, через 6 місяців – на 40,0%, через 12 місяців – на 52,0%, через 24 місяці – на 65,0% та склав 0,35 мг/кг. Зерно висушеної кукурудзи через 2 роки після збирання мало вміст міді, що становив 0,03 ГДК.

У вологому зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст цинку становив 17,90 мг/кг, що складає 0,4 ГДК. Через 3 місяці після збирання, вміст цинку зменшився на 30,7% і склав 12,40 мг/кг, через 6 місяців – на 41,3%, через 12 місяців – на 55,0%, і через 24 місяці – на 55,3% та склав 8,00 мг/кг. Зерно вологої кукурудзи через 2 роки після збирання мало вміст цинку, що становив 0,2 ГДК.

У висушеному зерні кукурудзи на час збирання зернових вміст цинку становив 23,20 мг/кг, що складає 0,5 ГДК і на 22,8% більше, ніж вологого зерна. Через 3 місяці після збирання висушеного зерна кукурудзи, вміст цинку зменшився на 46,9% і склав 12,30 мг/кг, через 6 місяців – на 57,7%, через 12 місяців – на 68,9%, порівняно з періодом збирання зерна і через 24 місяці – на 69,3% та склав 7,11 мг/кг. Зерно висушеної кукурудзи через 2 роки після збирання мало вміст цинку, що становив 0,1 ГДК, що на 20,0% більше, ніж вологого зерна і був безпечним для використання.

Отже, штучне досушування зерна кукурудзи зумовлює виведення свинцю. В той же час вміст кадмію і міді у вологому та висушеному зерні кукурудзи був у межах похибки, а цинку – більше у висушеному зерні.

Висновки і перспективи подальших доліджень. Отже, між вмістом свинцю, кадмію, міді та цинку у вологому і висушеному зерні кукурудзи та періодом очікування спостерігається обернена прямолінійна залежність: чим довший період очікування – тим менший вміст свинцю, кадмію, міді та цинку у зерні кукурудзи. Зменшення вмісту важких металів у зерні кукурудзи з часом зберігання зумовлене втратою вологи зерном.

Список використаної літератури

1. Пащенко Ю.М., Пащенко Ю.М., Борисов В.М. Адаптивні і ресурсозберезувальні технології вирощування гібридів кукурудзи. Монографія. Дніпропетровськ, 2009. 224 с.
2. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. 580 с.
3. Коковіхін С.В., Писаренко П.В., Присяжний Ю.І., Пілярська О.О. Вплив умов вологозабезпеченості фону мінерального живлення та густоти стояння рослин на урожайність ділянок гібридизації кукурудзи в умовах зрошення. Зрошуване землеробство. 2011. №. 56. С. 20-25.
4. Спрег Дж.Ф. Мировое производство кукурузы. Кукуруза и ее улучшение. Москва, 1957. С. 322-337.
5. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений. Москва, 1972. 343 с.
6. Мазур В.А. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2017. №6 (Том 1). С. 7-13.
7. Вологість зерна кукурудзи під час збирання: формування, облік, значення. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vologist-zerna-kukurudzy-pid-chas-zbyrannya-formuvannya-oblik-znachennya>.
8. Станкевич, Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна. К: Либідь, 1997. 320 с.
9. Станкевич, Г.М. Оперативне зерносушіння. The Ukrainian Farmer. 2011. № 3. С. 18-20.
10. Балюк С.А., Медведєв В.В. Підсумки діяльності українського товариства Ґрунтознавців та агрохіміків у 2010– 2014 рр. І актуальні завдання на перспективу. Спец. випуск до ІХ з'їзду УТГА. Кн. 1. 30 червня – 4 липня 2014 року, м. Миколаїв. Харків, 2014. С. 8.
11. Детоксикація важких металів у ґрунтовій екосистемі. Методичні рекомендації. Укладачі: Фатєєв А.І., Самохвалова В.Л. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 70 с.
12. Singh O.V., Labana S., Pandey G. Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. Appl Microbiol Biotechnol. 2003. 61. P. 405-412.
13. Greger M. Metal Availability and Bioconcentration in Plants. In: Prasad M.N.V., Hagemeyer J. eds. Heavy metal stress in plants. From molecules to ecosystems. Berlin: Springer, 1999. P. 1-27.
14. Линдман А.В. Процессы миграции свинца и кадмия в системе «почва – растение». Иваново, 2009. 138 с.
15. ГОСТ 30178-96 Мужгосударственный стандарт. Сырые продукты пищевые. Москва, 2010.

Список використаної літератури у транслітерації /References

1. Pashchenko Yu.M., Pashchenko Yu.M., Borisov V.M. (2009). Adaptive and resource-saving technologies for the hybrid breeding of corn [*Adaptive and resource-conserving technologies for the cultivation of hybrids of corn*]. Monograph Dnipropetrovsk. [in Ukrainian].

1. Nagy Janos (2012). Kukurudza [Maize]. Vinnitsa: FOP Korzun D.Yu. [in Ukrainian].

2. Kokovikhin S.V., Pisarenko P.V., Prisyazhnyi Yu.I. (2011). Having drawn in the minds of volatility without a background to the background of living and that standing on Roslin for the harvest of the girls of the British Kukurudzi in the minds of zroshchennya [Influence of humidity conditions of the mineral nutrient background and plant density on the yield of maize hybridization areas under irrigation conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*. 56. 20-25 [in Ukrainian].

3. Spreg Dzh.F. (1957). Myrovoe proyzvodstvo kukuruzy. Kukuza y ee uluchshenye. Moskva [*World corn production. Corn and its improvement*]. 322-337 [in Russian].

4. Kuperman F.M. (1972). Byologyya razvytyya kulturnykh rastenyj [Biology of the development of cultivated plants]. Moskva. [in Russian].

5. Mazur V.A. (2017). Vplyv texnologichnyx pryjomiv vyroshhuvannya na formuvannya yakisnyx pokaznykiv zerna kukurudzy [*Influence of technological methods of cultivation on the formation of quality indicators of corn grain*]. *Sil'ske gospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. 6, Vols 1. 7-13. [in Ukrainian].

6. Vologist zerna kukurudzy pid chas zbyrannya: formuvannya, oblik, znachennya. [*Vologist grain maize pid hour zbirannya: formavannya, regional, value*]. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vologist-zerna-kukurudzy-pid-chas-zbyrannya-formuvannya-oblik-znachennya>. [in Ukrainian].

7. Stankevich, G.M., Strakhova, TV, Atanasevich, V.I. (1997). Sushinnya zerna [*Grain drying*]. Kyiv: Libid. [in Ukrainian].

8. Stankevich G.M. (2011). Operatyvne zerno sushinnya [Operative grain drying]. *The Ukrainian Farmer*. 3, 18-20. [in Ukrainian].

9. Balyuk S.A., Medvedev V.V. (2014). Pidsumky diyalnosti ukrayinskogo tovarystva Gruntoznavciv ta agroximikiv u 2010– 2014 rr. I aktualni zavdannya na perspektyvu. Specz. vypusk do IX zyizdu UTGA. Kn. 1. 30 chervnya – 4 lypnya [*The pouches of the Ukrainian partnership of Ūruntoznavtsiv and agrokhimikiv from 2010–2014 p. I actual prospect for the future. Specialist. Issue prior to IX UTCA. KN. 1. 30 chervnya - 4 lipnya*]. [in Ukrainian].

10. Detoksykaciya vazhkyx metaliv u gruntovij ekosystemi. Metodychni rekomendaciyi (2012). [*Detoxification of heavy metals in the soil ecosystem. Guidelines.*]. Ukladachi: Fatyeyev A.I., Samoxvalova V.L. Xarkiv: KP «Miskdruk». [in Ukrainian].

11. Singh O.V., Labana S., Pandey G. (2003). Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. *Appl Microbiol Biotechnol.* 61. 405-412. (In Switzerland).

12. Greger M. (1999). Metal Availability and Bioconcentration in Plants. In: Prasad M.N.V., Hagemeyer J. eds. Heavy metal stress in plants. *From molecules to ecosystems.* Berlin: Springer. 1-27. (in Germany)

13. Lyndman A.V. (2009). Процессы миграции свинца и кадмия в системе «почва – растение» [*Processes of migration of lead and cadmium in the system "soil-plant"*]. Yvanovo, GOST 30178-96 Homeland standard. Cheese and food products. [in Russian].

15. Muzhgosudarstvennyj standart. Сырые и продукты пищевые. (2010) [*Homeland standard. Cheese and food products*]. Moskva. [in Russian].

АННОТАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ДОСУШКЕ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Исследована динамика содержания тяжелых металлов во влажном и высушенном зерне кукурузы в зависимости от периода ожидания. Выявлено, что между содержанием свинца, кадмия, меди и цинка во влажном и высушенном зерне кукурузы и периодом ожидания наблюдается обратная прямолинейная зависимость: чем длиннее период ожидания – тем меньше содержание свинца, кадмия, меди и цинка в зерне кукурузы.

Ключевые слова: тяжелые металлы, зерно, загрязнения, кукуруза, влажность.

Табл. 2. Лит. 15.

ANOTATION CHANGE OF CONTENT OF HEAVY METALS IN A CURRENT GRAIN

The dynamics of the content of heavy metals in wet and dried corn grain depending on the waiting period is studied. It was revealed that the inverse linear relationship was observed between the content of lead, cadmium, copper and zinc in the wet and dried corn of corn and the waiting period: the longer the waiting period, the less the content of lead, cadmium, copper and zinc in corn grain.

Keywords: heavy metals, grain, contamination, corn, moisture.

Tabl. 2. Lit. 15.

Інформація про автора

Яковець Людмила Анатоліївна – аспірантка кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету, (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. e.mail: top@vsau.vin.ua).

Яковец Людмила Анатольевна – аспирантка кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета, (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3 e.mail: top@vsau.vin.ua).

Yakovets Lyudmila Anatoliivna – postgraduate student of the 3rd year of study, Department of Ecology and Environmental Protection of Vinnytsia National Agrarian University, (21008, Vinnytsia, Sonaychna St., 3, e.mail: top@vsau.vin.ua).