



Карпенко В. П.,
доктор с.-г. наук, професор,
Уманський національний університет садівництва (Умань)

УДК 633.113.9:631.584.5
DOI 10.31395/2310-0478-2019-1-65-69



Сухомуд О. Г.,
кандидат с.-г. наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва (Умань)



Кравець І. С.,
кандидат с.-г. наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва (Умань)



Жиляк І. І.,
кандидат хімічних наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва (Умань)



Адаменко Д. М.,
кандидат с.-г. наук,
Уманський національний університет садівництва (Умань)

БАГАТОРІЧНА ПШЕНИЦЯ – СВІТОВИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ

Анотація. В статті розглянуті перспективи і проблеми вирощування багаторічної пшениці. Проведений аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних науковців щодо впливу багаторічних злаків на родючість ґрунтів, зокрема наведено результати стосовно зниження ерозійних процесів, покращення структури ґрунтів, збагачення їх органічною речовиною та зменшення на ґрунті агрохімічного навантаження.

Узагальнені наукові напрацювання вітчизняних науковців та дослідників США, Франції, Польщі і інших країн в галузі селекції та технологій вирощування багаторічних злаків як культур, які б відповідали вимогам біологічних, енергоощадних, природоохоронних систем землеробства.

Ключові слова: багаторічні злаки, пирій середній, пшенично-пирійні гібриди, Кернза, родючість ґрунту.

Карпенко В. П.,
доктор с.-г. наук, професор, Уманський національний університет садівництва (г. Умань);

Сухомуд О. Г.,
кандидат с.-г. наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва (г. Умань);

Кравець І. С.,
кандидат с.-г. наук, доцент,
Уманський національний університет садівництва (г. Умань);

Адаменко Д. М.,
кандидат с.-г. наук,
Уманський національний університет садівництва (г. Умань);

Жиляк І. І.,
кандидат хімічних наук, доцент, Уманський національний університет садівництва (г. Умань).

МНОГОЛЕТНЯ ПШЕНИЦЯ – МИРОВОЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ

Аннотация. В статье отражены вопросы возможностей использования многолетних злаковых культур и их роль в

процесах удешевлення структури і плодючості ґрунтів, що в цілому забезпечить ефективне використання природних і штучних екологічних систем. Аналізом ряду літературних джерел вітчизняних і зарубіжних дослідників встановлено, що перші вітчизняні багаторічні пшениці були отримані в 1937 році, при сортоиспытаниях яких отримали два урожаї, сумарне количество яких за період вегетації склало 11,73 т/га при урожайності пшениці озимої 0,8 т/га і ярової – 0,75 т/га. Селекціонерами Інституту Родейла і Інституту Землі (США) для створення багаторічних зернових культур використовували пирей середній *Thinopyrum intermedium* (*Kernza*®), який характеризується значительним потенціалом як для селекції рослин, так і для отримання продуктів з хорошими смаковими і харчовими властивостями. Десятирічними оцінками продуктивності багаторічних пшениць встановлено, що їх урожай за 10 років вирощування на полях в Вісконсин становить 900 фунтів зерна з акра. Також ведуться експерименти спільного вирощування *Kernza*® з бобовими культурами для забезпечення інтенсифікації посівів і використання *Kernza*® для подвійного призначення – на продовольственне зерно і фураж, оскільки листя і стебла *Kernza*® мають високу харчову цінність для великого рогатого скоту, особливо весною і восени, що робить її важливою культурою подвійного призначення. Наукові дослідження підтвердили – багаторічна пшениця є перспективною культурою з високим потенціалом продуктивності, який забезпечить отримання урожаїв на рівні традиційних культур, але з перевагою багаторічного використання.

Ключові слова: багаторічні злаки, пирей середній, пшенично-пирейні гібриди, *Kernza*, плодючість ґрунту.

V. P. Karpenko,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Uman National University of Horticulture (Uman);

O. H. Sukhomud,

PhD of Agricultural Sciences, Associate professor, Uman National University of Horticulture (Uman);

I. S. Kravets,

PhD of Agricultural Sciences, Associate professor, Uman National University of Horticulture (Uman);

D. M. Adamenko,

PhD of Agricultural Sciences, Uman National University of Horticulture (Uman);

I. I. Zhyliak,

PhD of Chemical Sciences, Associate professor, Uman National University of Horticulture.

PERENNIAL WHEAT – GLOBAL EXPERIENCE AND THE PROSPECTS OF GROWING

Annotation. The article reflects on the possibilities of using perennial grains and their role in the processes of improving the structure and fertility of the soil, which in general will ensure the effective use of natural and artificial ecological systems. Through the analysis of a number of literary sources of native and foreign researchers it has been established that the first locally produced perennial wheat was obtained in 1937, and two yields were obtained, the total amount of which during the growing season was 11,73 t/ha with winter wheat yield 0.8 t/ha and spring wheat - 0.75 t/ha. The plant breeders of the Rodale Institute and the Earth Institute (USA) used intermediate wheatgrass, *Thinopyrum intermedium*, (*Kernza*) to create perennial crops, as it is characterized by its plant-breeding potential and obtaining products with good taste and nutritional properties. Ten-year estimates of the productivity of perennial wheat helped to establish that their harvest has tripled in 10 years and made up 900 pounds of grain per acre in the fields of Wisconsin. The experiments are also being carried out on the compatible cultivation of *Kernza* with legumes in order to intensify sowings and usage of *Kernza* for dual use: as food grains and fodder, due to a high nutritional value of *Kernza's* leaves and stalks for cattle, especially in spring and autumn, which makes it an important dual-use crop. Scientific studies have proved perennial wheat to be a promising crop with high productivity potential, which will provide yields at the level of traditional crops, but with the advantage of long-term use.

Keywords: perennial grains, intermediate wheatgrass, wheat and wheatgrass hybrids, *Kernza*, soil fertility.

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату призвели до низки проблем, пов'язаних зі стабільністю сільськогосподарських ресурсів, що викликає занепокоєння щодо майбутньої світової продовольчої безпеки [1–3]. Кліматичні зміни супроводжуються зростанням населення, яке, за прогнозами до 2050 року, досягне 20 мільярдів. При такому темпі приросту населення один млрд. га земель, які нині не використовуються у сільському господарстві, необхідно задіяти для задоволення прогнозованих потреб у продовольстві [4]. В свою чергу перетворення природних екосистем у сільськогосподарські угіддя передбачає зміни мікроклімату [5–7]. Ряд дослідників висловлює припущення, що для забезпечення світової продовольчої безпеки сільськогосподарське виробництво повинне включати елементи багаторічного, при тому, що в даний час майже дві третини світових посівних площ відведені під однорічні культури [3, 8–11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальною проблемою сучасного сільськогосподарського виробництва, поряд із змінами в кліматі, є зниження родючості ґрунтів. Сучасні способи використання земельних ресурсів не відповідають вимогам збалансованого природокористування, що призводить до посилення деградаційних процесів (водна, вітрова ерозія); втрати родючості ґрунту (зменшення вмісту гумусу, ущільнення ґрунтів, порушення балансу біогенних елементів тощо) [12]. Є дані, що ґрунт при оранці руйнується в 95 разів швидше, ніж відновлюється [13], а висока розораність сільськогосподарських угідь не тождєна високій віддачі

урожаїв. Так, при однакових технологіях вирощування сільськогосподарських культур прибуток з 1 га сівозмінної площі на високородючих землях в 3–5 разів вищий, ніж на малопродуктивних [14]. Слід зазначити, що в Україні частка розораності земель є найвищою у світі – понад 50% від усієї території країни та майже 80% від площ сільськогосподарських угідь [12].

Про значення багаторічних культур в процесах поліпшення родючості ґрунтів є чимало досліджень. Так, результати досліджень українських науковців свідчать, що в сівозмінах з високим нагромадженням просапних культур без багаторічних трав в ґрунті залишається в 10–15 разів менше кореневої маси, ніж у травопільній сівозміні. В міру збільшення тривалості використання багаторічних злаків зростає і кількість рослинних решток в ґрунті [15]. Основна відміна між багаторічними злаками і однорічними польовими культурами полягає в тому, що багаторічні злаки відмирають пізно восени, а польові – влітку. В результаті рослинні рештки потрапляють в різні умови розкладання. Переважання анаеробних умов при розкладанні решток багаторічних злаків призводить до утворення перегною, тоді як рештки однорічних культур розкладаються в анаеробних умовах, інтенсивно мінералізуються і не слугують джерелом органічної речовини [15]. Введення багаторічних злаків у смугові посіви злакових трав дозволяє ефективніше використовувати природні і штучні компоненти агросистеми [16].

Ряд дослідників вважають, що вирішити протиріччя між збалансованим природокористуванням та забезпеченням населення планети достатньою кількістю

продовольчого зерна в довгостроковій перспективі можливо за рахунок поступового збільшення у зерновою кліні частки багаторічних злаків [13]. Багаторічне сільськогосподарське виробництво забезпечує вирішення низки ключових екосистемних переваг у порівнянні з щорічними системами посіву [16–18]. Багаторічні культури не треба висівати щороку, вони не вимагають щорічного обробітку ґрунту або застосування гербіцидів, мають значний потенціал адаптації до кліматичних змін [9]. Завдяки біологічним особливостям різних видів багаторічних злаків регулюються процеси мінералізації органічної речовини ґрунту [16]. Потовщена кутикула, епідерміс, склеренхіма стебел покращують здатність рослин пристосовуватись до різноманітних умов існування [19]. Але, однозначно, однорічні культурні злаки нині є продуктивнішими порівняно з багаторічними, оскільки вони витрачають третину своєї енергії на насіння і запасні речовини в ньому, в той час як багаторічні злаки вкладають більшу частку своєї енергії у кореневу систему і вегетативну масу, необхідні для тривалого існування [13]. Тому задля виправлення «...маленької помилки на зорі сільського господарства 10 000 років тому» (В. Пікассо) важливо провести фундаментальні селекційну та дослідницьку роботу, щоб отримати багаторічні злаки, які могли б створити конкуренцію однорічним культурам. Для нових видів злаків потрібні значні переваги, щоб зайняти чільне місце серед давно відомих культур у сучасному виробництві [11].

Перші вітчизняні багаторічні пшениці на продовольчі цілі були отримані у 1937 році М. В. Цициним [17]. Багаторічна пшениця сорту М34085 була стабільною, не розщеплювалась і водночас відносилась за циклом свого розвитку як до ярих, так і озимих форм, а за характером цвітіння – як до само-, так і перехреснозапилених рослин. Поряд з багаторічністю сорт був стійкий до вилягання, посухи, засоленості ґрунтів і грибкових захворювань. В умовах Південного Казахстану врожайність багаторічної пшениці була вищою: з ділянки, засіяної багаторічною пшеницею, було отримано два врожаї: перший 1,44 т/га, другий – 0,32 т/га, тобто в сумі за вегетацію 1,73 т/га, в той час, коли урожайність пшениці озимої складала 0,8 т/га, а ярої – 0,75 т/га [20]. Борошномельні та харчові властивості сорту М34085 були такими: вихід борошна – 78%, вміст сирової клейковини – 57,8%, об'єм хліба із 100 мг – 407 мл, пористість хліба – 67 балів [17]. Але в подальшому дослідницька робота з багаторічною пшеницею була згорнута.

Починаючи з другої половини ХХ сторіччя дослідниками США, а пізніше інших країн, селекція і вирощування багаторічних злаків як культур, які б відповідали вимогам біологічних, енергоощадних, природоохоронних систем землеробства, набули широкого визнання. За рахунок збільшення інвестицій з державного фінансування та приватних благодійних організацій були розгорнуті широкомасштабні дослідження можливості використання багаторічних злаків на продовольчі цілі [17, 18].

У 1983 році селекціонери з Інституту органічного виробництва Родейла (США) для розробки багаторічних зернових культур використали пирій середній *Thinopyrum intermedium* [19]. Пирій поряд з високою життєздатністю може містити у зерні велику кількість клейковини та має низький вміст глютену (на рівні ячмінного борошна) [18]. За показником білизни і кількості клейковини, борошно з зерна багаторічної пшениці можна охарактеризувати, як хлібопекарське вищого сорту [22].

Починаючи з 1988 року, дослідники з Інституту Родейла проводять цикли відбору з метою підвищення урожайності, поліпшення якісних ознак зернівки пирію середнього [23].

В Інституті Землі (США) в 2003 році під керівництвом доктора Лі Де Хаан була розпочата програма створення сорту пирію середнього (Kernza®) на продовольчі цілі. Проміжний пирій є далеким родичем пшениці (назва, яка є товарним знаком походить від поєднання «кern» – з

«ядра» і «дза» – з «Конза» – індіанське слово, від якого походить назва Канзас.) [24]. Було проведено кілька етапів відбору та об'єднання кращих рослин на основі їх врожайності, розміру насіння, стійкості до хвороб та інших ознак, завдяки чому вдалось поліпшити популяцію багаторічної пшениці. Результати на цьому етапі продемонстрували великий потенціал як для селекції рослин, так і для отримання продуктів з хорошими смаковими і харчовими властивостями [25]. Хоча урожай зерна багаторічної пшениці не може конкурувати з кукурудзою або соєю, її урожай за 10 років потроївся і становив на полях у Вісконсині 900 фунтів зерна з акра [26].

Останнім часом у штатах Юта, Мінесота і Канзас створені селекційні програми, які між собою скоординовані, але розробляють типи рослин, унікально адаптовані до кожного з різних регіонів [13]. Проводяться масштабні багатofункціональні дослідження використання багаторічних злаків під керівництвом Дж. Кульмана в Державному університеті Колорадо, Земельному інституті, Університеті Мінесоти, Корнельському університеті, Університеті штату Огайо, Університеті штату Айова, Університеті Вісконсина, Університеті штату Південна Дакота, Каліфорнійському університеті, Девіс (Davis, California) [27–29].

Також ведуться експерименти сумісного вирощування Kernza® з бобовими культурами для забезпечення інтенсифікації посівів та використання Kernza® для подвійного призначення – на продовольче зерно і фураж [24]. Як зазначає В. Пікассо (2018), листя і стебла Kernza® мають високу поживну цінність для великої рогатої худоби, особливо навесні і восени, що робить її важливою культурою подвійного призначення [30].

В США запущений п'ятирічний проект з використанням міні-ризотронів, завдяки яким дослідники вивчають такі питання з Kernza®: на якій глибині ґрунту Kernza® отримує поживні речовини і воду?; як змінюється склад і функція мікробної спільноти з глибиною ґрунту?; яка кількість кореневої маси Kernza® відмирає і відростає через рік? [31, 32].

Крім США, роботи з багаторічною пшеницею проводяться у Франції, де науковці перевіряють продуктивність Kernza® в широкому спектрі різних екологічних параметрів, зокрема потенційний діапазон адаптації рослин в місцевих умовах та вивчають ринки збуту для культури. Розпочато також спільні дослідження вчених Бельгії з університетом штату Канзас. Працює група дослідників у Польщі над оцінкою потенціалу багаторічної зернової системи з додатковим збором кормів. Ряд дослідників вивчає потенційну адаптацію Kernza® до середземноморського середовища, а саме вплив біомаси багаторічних та однорічних зернових культур на ґрунтові мікроорганізми. Також дослідження з багаторічними пшеницями проводяться в Університеті Копенгагена (Данія) разом з Міжнародним центром досліджень в галузі органічних харчових систем в Канаді [33, 34].

Наукові дослідження підтвердили – багаторічна пшениця є перспективною культурою із високим продуктивним потенціалом. Kernza® знаходиться тільки в четвертому циклі відбору, а природний відбір основних культур триває не менше 5000 років. В наступному десятиріччі очікується отримання врожаїв на рівні традиційних культур, але з перевагою багаторічного використання [26].

У рослин Kernza® розвивається глибока, щільна коренева система, яка сприяє відновленню ґрунту, накопиченню вуглецю; запобігає ерозійним процесам; забезпечує рослини водою і поживними речовинами ефективніше, ніж коренева система однорічних рослин. Завдяки особливостям кореневої системи багаторічної пшениці сповільнюються втрати в ґрунті елементів живлення. Так, в ґрунті під посівом Kernza® другого року вирощування скоротилось вилугування нітратів на 86% в порівнянні з однорічною пшеницею [26].

Висновки. Таким чином, аналіз огляду літературних джерел свідчить, що вирощування багаторічної пшениці

має низку суттєвих переваг порівняно з однорічними зерновими злаками, основною серед яких є вирішення протиріччя між збалансованим природокористуванням та забезпеченням населення планети достатньою кількістю продовольчого зерна в довгостроковій перспективі. Разом з тим проблема вирощування багаторічних пшениць в Україні залишається не вирішеною, а для реалізації цієї надважливої проблеми слід вирішити наступні завдання:

- розробити оптимальні агротехнічні заходи вирощування багаторічних пшениць на органічному фоні з метою отримання кількох врожаїв: для харчових цілей та кормового призначення;
- оцінити адаптаційну здатність багаторічної пшениці до ґрунтово-кліматичних умов різних регіонів, зокрема можливого впливу зимового режиму температур на процеси яровизації;
- дослідити біологічні особливості багаторічних пшениць (конкурентність до бур'янів, стійкість до збудників хвороб та шкідників), з'ясувати особливості формування врожаю та визначити якісні показники зерна;
- визначити вплив вирощування багаторічних пшениць на вміст макро- і мікроелементів у ґрунті, його структуру, спрямованість проходження мікробіологічних та ерозійних процесів.

Література:

1. Pachauri R.K., Meyer L.A. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC: Geneva, 2014. 151 p.
2. Pimentel D., Cerasale D., Stanley R.C., Perlman R. et al. Annual vs. perennial grain production. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2012. No 161. P. 1–9.
3. Lobell D.B., Bala G., Duffy P.B. Biogeophysical impacts of cropland management changes on climate. *Geophys. Res. Lett.* 2006. No 33. P. 1–4.
4. Findell, K.L.; Berg, A.; Gentine, P.; Krasting, J.P. et al. The impact of anthropogenic land use and land cover change on regional climate extremes. *Nat. Commun.* 2017. No 8. P. 1–10.
5. Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conserv. Biol.* 1991. No 5. P. 18–32.
6. Schipanski M.E., MacDonald G.K., Rosenzweig S., Chappell M.J. et al. Realizing resilient food systems. *Bioscience.* 2016. No 66. P. 600–610.
7. Crews T.E., Carton W., Olsson L. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Glob. Sust.* 2018. No 1. P. 1–18.
8. Monfreda C., Ramankutty N., Foley J.A. Farmingtheplanet: 2. Geographic distribution of croplands, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Glob. Biogeochem. Cycles.* 2008. 22, No 1–19.
9. Glover J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J. et al. Increased food and ecosystem security via perennial grains. *Science.* 2010. No 328. P. 1638–1639.
10. Zhang Y., Li Y., Jiang L., Tian C. et al. Potential of perennial crop on environmental sustainability of agriculture. *Procedia Environ. Sci.* 2011. No 10. P. 1141–1147.
11. Утеуш Ю. А., Лобас М. Г. Кормові ресурси флори України. Інтродукція, біологія, використання, основи вирощування, економічна доцільність впровадження в культуру. Київ : Наукова думка, 1996. 220 с.
12. Паліяничко Н. І. Аналіз стану та ефективності використання земельних ресурсів в Україні. *Збалансоване природокористування.* 2016. № 1. С. 128–132.
13. International Law and Agroecological Husbandry: URL: <https://books.google.com.ua/books?id=XMiVDQAAQBAJ&dq=kernza+pdf&hl=uk> (дата звернення 20.03.2019).
14. Віноков О.О., Тимофеев М. М., Бондарева О.Б., Ковеза Г. І. та ін. Рекомендації щодо створення, відновлення і раціонального використання сіножатей та пасовищ, зокрема, культурних, в рамках здійснення протиерозійних заходів на землях сільськогосподарського призначення в агрокліматичних умовах Донецької області. Донецьк, 2017. 21 с.
15. Скрипніченко С.В. Можливості часткової компенсації втрати органічної речовини торфу : матеріали Всеукр. наук-практ. on-line конф. м. Житомир, 13 трав. 2015 р. Житомир, 2015. С. 11–12.
16. Корж З. В. Екологічна оцінка застосування фітоценозів з багаторічних трав'янистих культур на осушуваних торфовищах Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Житомир, 2001. 22 с.
17. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. Москва: Наука, 1978. 288 с.
18. Цицин Н. В. Дополнительные ресурсы растений на службе Родине. Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1944. 59 с.
19. Contrasting Physiological and Environmental Controls of Evapotranspiration over Kernza Perennial Crop, Annual Crops, and C4 and Mixed C3/C4 Grasslands. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1640> (дата звернення 20.03.2019).
20. Лихолат Ю. Вплив промислових поллютантів на анатомічну будову стебел дерноутворюючих трав. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* Львів, 2003. Вип. 33. С. 192–197.
21. Kernza® Grain: Toward a Perennial Agriculture. URL: <https://landinstitute.org/our-work/perennial-crops/kernza/> (дата звернення 20.03.2019).
22. Барильник К. Г., Кузнецова Л.И., Лаврентьева Н.С., Савкина А.А. и др. Сравнительная характеристика хлебопекарных свойств пшеничной и пшенично-пирейного гибрида. Материалы VI международ. науч.-техн. конф. г. Алматы, 1 марта 2016 г. Алматы, 2016. С.19-23.
23. Food Facts: What is Kernza? URL: <https://www.bestfoodfacts.org/what-is-kernza/> (дата звернення 20.03.2019).

24. General Mills Buys Kernza's Long Roots. URL: <http://www.vegetablegardener.com/item/127778/general-mills-buys-kernzas-long-roots> (дата звернення 20.03.2019).
25. Zeri M., Hussain M.Z., Anderson-Teixeira K.J., DeLucia E. et al. Wateruse efficiency of perennial and annual bioenergy crops in central Illinois. *Geophys. Res. -Biogeo.* 2013. No 118. P. 581–589.
26. Chimento C., Amaducci S. Characterization of fine root system and potential contribution to soil organic carbon of six perennial bioenergy crops. *Biomass Bioenerg.* 2015. No 83. P. 116–122.
27. Interview with a Plant Scientist: Shuwen Wang, Perennial Wheat URL: <https://landinstitute.org/interview-with-a-plant-scientist-shuwen-wang-perennial-wheat/> (дата звернення 20.03.2019)
28. Ecological Intensification & Perennial Polyculture URL: <https://landinstitute.org/our-work/ecological-intensification/> (дата звернення 20.03.2019).
29. Lee DeHaan, Marty Christians, Jared Crain, Jesse Poland Development and Evolution of an Intermediate Wheatgrass Domestication Program. *Sustainability.* 2018. Vol. 10(5) URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1499/htm> (дата звернення 20.03.2019).
30. Fine-tuning a new crop that saves soil, produces grain and forage for cows. URL: <https://news.wisc.edu/fine-tuning-a-new-crop-that-saves-soil-produces-grain-and-forage-for-cows/> (дата звернення 20.03.2019).
31. Gabriel de Oliveira, Nathaniel A. Brunzell, Caitlyn E. Sutherlin, Timothy E. Crews, Lea R. DeHaan. Energy, water and carbon exchange over a perennial Kernza wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology.* 2018. Vol. 249, P. 120–137.
32. Kernza® Collaborators. URL: <https://landinstitute.org/wp-content/uploads/2018/11/Kernza-Collaborators-10-2018.pdf> (дата звернення 20.03.2019).
33. Timothy E. Crews, Douglas J. Cattani Strategies, Advances, and Challenges in Breeding Perennial Grain Crops. *Sustainability* 2018. Vol. 10(7), URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/7/2192/htm> (дата звернення 20.03.2019).
34. Kernza® Perennial Grain: Sustainable by Design. URL: http://greenlandsbluewaters.net/DeHaan_Kernza_Perennial_Grain_Sustainable_by_Design.pdf (дата звернення 20.03.2019).

References:

1. Pachauri R.K., Meyer L.A. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC: Geneva, 2014. 151 p.
2. Pimentel D., Cerasale D., Stanley R.C., Perlman R. et al. Annual vs. perennial grain production. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2012. No 161. P. 1–9.
3. Lobell D.B., Bala G., Duffy P.B. Biogeophysical impacts of cropland management changes on climate. *Geophys. Res. Lett.* 2006. No 33. P. 1–4.
4. Findell, K.L.; Berg, A.; Gentine, P.; Krasting, J.P. et al. The impact of anthropogenic land use and land cover change on regional climate extremes. *Nat. Commun.* 2017. No 8. P. 1–10.
5. Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conserv. Biol.* 1991. No 5. P. 18–32.
6. Schipanski M.E., MacDonald G.K., Rosenzweig S., Chappell M.J. et al. Realizing resilient food systems. *Bioscience.* 2016. No 66. P. 600–610.
7. Crews T.E., Carton W., Olsson L. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Glob. Sust.* 2018. No 1. P. 1–18.
8. Monfreda C., Ramankutty N., Foley J.A. Farmingtheplanet: 2. Geographic distribution of croplands, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Glob. Biogeochem. Cycles.* 2008. 22, No 1–19.
9. Glover J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J. et al. Increased food and ecosystem security via perennial grains. *Science.* 2010. No 328. P. 1638–1639.
10. Zhang Y., Li Y., Jiang L., Tian C. et al. Potential of perennial crop on environmental sustainability of agriculture. *Procedia Environ. Sci.* 2011. No 10. P. 1141–1147.
11. Uteush U. A. 1996. Feed resources of flora Ukraine. Introduction, biology, using, the basis of cultivation, economic feasibility of introduction into culture / U. A. Uteush, M. G. Lobas. – K.: Scientific thought, 1996. – 220 p. (in Ukrainian).
12. Palyanychko N.I. Analysis and efficient utilization of land resources in Ukraine / N.I. Palyanychko // Sustainable nature management. – 2016.– №1.– P.128–132. (in Ukrainian).
13. International Law and Agroecological Husbandry: URL: <https://books.google.com.ua/books?id=XMiVDQAAQBAJ&dq=kernza+pdf&hl=uk>.
14. Vinnuk O.O., Timofeev M. M., Bondareva O. B., Kovez G.I. etc. Recommendations for the creation, restoration and rational use of hayfields and pastures, in particular, cultural, as part of the implementation of anti-erosion measures on agricultural lands in the agro-climatic conditions of the Donetsk region. Donetsk, 2017. 21 p. (in Ukrainian).
15. Skrypnychenko SV Possibilities of partial compensation of loss of organic matter of peat: materials Allukr. science-practice on-line conf. Zhytomyr, May 13. 2015, Zhytomir, 2015. pp. 11–12. (in Ukrainian).
16. Korzh Z.V. Ecological evaluation of the use of phytocenoses from perennial herbaceous crops on drained peatlands of the forest-steppe Ukraine: *Author. of dis. to obtain the degree of Ph.D.* Zhytomir, 2001. 22 p. (in Ukrainian).
17. Tsitsin N. V. 1978. The perennial wheat / N. V. Tsitsin. – M.: Science, 1978. – 288 p. (in Russian).
18. Tsitsin N. V. 1944. Additional plant resources to the service to the homeland / N. V. Tsitsin. – Moscow. – Leningrad: Publishing of Academy of Sciences of the USSR, 1944. – 59 p. (in Russian).
19. Contrasting Physiological and Environmental Controls of Evapotranspiration over Kernza Perennial Crop, Annual Crops, and C4 and Mixed C3/C4 Grasslands. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1640>.
20. Likhohat Y. Influence of industrial pollutants on anatomical structure of stems of turfgrass. *Visnyk of Lviv University. The biological series.* Lviv, 2003. Vp. 33. P. 192–197. (in Ukrainian).
21. Kernza® Grain: Toward a Perennial Agriculture. URL: <https://landinstitute.org/our-work/perennial-crops/kernza/>.
22. Barylnik K. G. Comparative characteristics of bakery properties of wheat

and wheat-couch grass hybrid / K.G. Barylnik, L. I. Kuznetsova, N. S. Lavrenteva, O. A. Savkina, N. N. Chikida //Materials of the VI International Scientific and Technical Conference "Kazakhstan-Refrigeration Equipment 2016". March 1, 2016. – P.19–23. (in Ukrainian).

23. Food Facts: What is Kernza? URL: <https://www.bestfoodfacts.org/what-is-kernza/>. 24. General Mills Buys Kernza's Long Roots.

URL:<http://www.vegetablegardener.com/item/127778/general-mills-buys-kernzas-long-roots> .

25. Zeri M., Hussain M.Z., Anderson-Teixeira K.J., DeLucia E. et al. Wateruse efficiency of perennial and annual bioenergy crops in central Illinois. *Geophys. Res.-Biogeo*, 2013. No 118. P. 581–589.

26. Chimento C., Amaducci S. Characterization of fine root system and potential contribution to soil organic carbon of six perennial bioenergy crops. *Biomass Bioenerg.* 2015. No 83. P. 116–122.

27. Interview with a Plant Scientist: Shuwen Wang, Perennial Wheat URL:<https://landinstitute.org/interview-with-a-plant-scientist-shuwen-wang-perennial-wheat/> .

28. Ecological Intensification & Perennial Polyculture

URL: <https://landinstitute.org/our-work/ecological-intensification/> .