

УДК 502.211:[582:633.1:633.25(100)+(477)]
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2019-2-20-29

Карпенко В. П., Кравець І. С.,
Адаменко Д. М., Сухомуд О. Г.

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКІВ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ

Наведено аналітичний огляд вітчизняних і зарубіжних літературних джерел стосовно агроекологічних перспектив селекції та використання багаторічних злаків у сільськогосподарському виробництві, як альтернативи традиційним злаковим культурам. У результаті проведеного аналізу встановлено, що в умовах глобальної зміни клімату багаторічні злаки мають низку переваг, оскільки сприяють відновленню природної родючості ґрунтів, а їх технологія вирощування забезпечує зниження енергозатрат та пестицидного навантаження на навколишнє середовище. Потенціал використання багаторічних злаків як тих, що наявні нині, так і тих, що знаходяться в селекційному процесі, повністю не розкритий, але вже на даному етапі можна чітко виділити напрямки їх використання – харчовий та кормовий.

Ключові слова: багаторічні злаки, пшенично-пирійні гібриди, Kernza®, Сова, харчові цілі, лютеїн, кормове призначення, стійкість до хвороб.

Постановка проблеми. Сучасні сільськогосподарські технології та ринки зосереджені в основному на обмеженій кількості однорічних злакових культур. Головна увага в технологіях їх вирощування зосереджена з нівелюванням збільшенні врожаю до соціальних, екологічних та ринкових наслідків. Проте нині продовольча безпека та сільське господарство переходять у епоху, яка характеризується дефіцитними та виснаженими ресурсами, зміною клімату, нестабільністю цін. Щоб пристосуватися до цих умов, сільськогосподарські технології, наука та ринки повинні бути змінені таким чином, щоб забезпечити достатню кількість продуктів харчування для зростаючого населення і одночасно відповідати економічним, соціальним та екологічним викликам двадцять першого століття.

Нинішні технології, які використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, вимагають надмірного споживання води, значної кількості синтетичних пестицидів та мінеральних добрив та характеризуються підвищеним рівнем виділення CO² наслідок порушення проходження біологічних процесів. Натомість багаторічні злакові культури здатні покращувати структуру ґрунту, є більш стійкими та адаптованими до збудників хвороб, шкідників та кліматичних змін, пом'якшують антропогенні наслідки та сприяють розвитку біорізноманіття і функціонування екосистеми.

Багаторічні злакові культури є альтернативою для зміни парадигми в сільському господарстві, оскільки мають значний потенціал для включення їх до виробничих систем.

Аналіз останніх публікацій. Згідно з підсумковим документом Саміту ООН «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» від 25 вересня 2015 року було затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку та 169 завдань. Серед виділених глобальних цілей зазначені: подолання голоду та розвиток сільського господарства, пом'якшення наслідків змін клімату, доступна та чиста енергія [1]. Україна також приєдналася до глобального процесу забезпечення сталого розвитку [2].

На сучасному етапі розвитку, та враховуючи світові тенденції України, для вирішення даних завдань необхідним є технологічне переоснащення, модернізація галузей аграрного виробництва з підвищенням їх енергоефективності, забезпечення

дотримання екологічних норм, міжнародних стандартів з якості продовольства та харчової сировини, а також – гарантування продовольчої безпеки держави [3].

За даними Індексу глобальної харчової безпеки (GFSI) 2018 року, Україна посіла лише 63-тю позицію серед 113 країн, поступившись не тільки всім країнам Європи, але й тим країнам, куди Україна активно експортує продовольство, зокрема Єгипту, Тунісу, Марокко [4]. Хоча за 2018 рік серед 42 країн Європи найбільші площі сільськогосподарських угідь в Україні – 35,9 млн.га [5], з них понад 14 млн. га зайняті під традиційними зерновими культурами [6].

Нині у світі ведуться дослідження [7–12] зі створення та вивчення технологій вирощування і використанню багаторічних культур: пшениці, жита, соняшнику, рису, сорго, які можуть стати економічною та екологічною альтернативою в сільському господарстві.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати агроекологічні перспективи вирощування та використання багаторічних пшениць з урахуванням їх еколого-біологічних особливостей, як альтернативи традиційним зерновим культурам в Україні.

Матеріал та методи

Використано загальноприйнятні наукові методи: аналіз, синтез, індукція і дедукція, абстрагування й узагальнення. Матеріалом слугували літературні джерела з вибраного напрямку досліджень.

Результати та обговорення

Перші дослідження зі створення багаторічних і зерново-кормових пшениць, пшенично-пирійних, пшенично-елімуських та житньо-пирійних гібридів були розпочаті ще у 30 роках ХХ ст. М. В. Циціним, а в 1978 р. на основі цих досліджень було опубліковано працю “Багаторічна пшениця” [13].

М. В. Цицін першим втілював ідею створення багаторічної пшениці шляхом схрещування звичайної м'якої пшениці із диким злаком – пирієм сизим. Виведені сорти мали здатність відростати після скошування впродовж двох-трьох років, потім врожай різко знижувався і їх використання ставало економічно недоцільним [14].

Найбільш вивченою була багаторічна пшениця сорту М34085, вона мала стабільність, не розщеплювалась, за циклом розвитку одночасно відносилась до ярих і озимих форм, за характером цвітіння – як до самозапильних рослин, так і перехреснозапильних. Цей сорт, крім багаторічності, був стійким до вилягання, посухи, засоленості ґрунтів, грибкових захворювань.

При проведенні випробувань в умовах Південного Казахстану і в порівнянні з озимою і ярою пшеницями, урожайність яких складала відповідно 0,8 та 0,75 т/га, урожайність багаторічної пшениці була суттєво вищою. Було отримано два врожаї: перший 1,44 т/га, другий – 0,32 т/га, тобто в сумі за вегетацію 1,73 т/га. Борошномельні та харчові властивості також були придатними для подальшого використання: вихід борошна – 78%, вміст сирої клейковини – 57,8%, об'єм хліба із 100 мг – 407 мл, пористість хліба – 67 балів. Але в подальшому дослідницька робота з багаторічною пшеницею була згорнута і вона не набула масового поширення [13].

У США перші дослідження з вивчення багаторічних зернових рослин для отримання зерна проводилися У. Джексоном в Інституті органічного виробництва Родейла в Пенсильванії (США) [15]. У 1983 році було вивчено майже 100 багаторічних трав для визначення їх придатності для виробництва зерна. Починаючи з 2003 року, ці дослідження були перенесені до Інституті Землі в штаті Канзас (США) [16],

результатом цієї кропіткої роботи став гібрид Kernza®, який має хороші перспективи для використання на продовольчі цілі і зелену масу.

У 2018 році на основі американського селекційного матеріалу вченими Омського ДАУ, було створено новий багаторічний злак – Сова, в якому переважають характеристики пирію [17].

Сучасні представники пшенично-пирійних гібридів отримані внаслідок складних міжсорткових і міжгібридних схрещувань за участі великої кількості сучасних сортів м'якої озимої і твердої пшениць з трьома видами пирію, однією із важливих ознак яких є багаторічність (здатність до перезимівлі впродовж 2–3 років). У процесі досліджень встановлено, що всі пшенично-пирійні гібриди можна розділити на три групи:

1. Рослини, що мають стабільне відростання на наступний рік після збирання зерна (на другий рік вегетації 30–60 рослин на м²);

2. Рослини, що не відростають на наступний рік після збирання зерна, тобто вони є практично однорічними, але з відростанням зеленої маси після збирання зерна або відростанням зеленої маси, яку можна скошувати 3–4 рази впродовж вегетаційного періоду;

3. Рослини, що займають проміжне місце між першою і другою групою: у них кількість рослин, що перезимували на другий рік залежить від характеру зимових умов і тривалості стадії яровизації проростків, ця група є найбільш чисельною за кількістю зразків [18].

Багаторічні злакові культури мають низку переваг над традиційними: протистоять ерозії ґрунтів, сприяють надходженню у ґрунт великої кількості органічної речовини, забезпечують зменшення норми використання добрив і пестицидів.

Фенологія багаторічних зернових культур значно відрізняється від однорічних і залежить від віку рослин, початку відновлення вегетації весною та закінчення її восени, що збільшує можливість їх використання на корм [19].

Щоб зрозуміти агрономічний потенціал багаторічних злаків їх потрібно вивчати впродовж декількох років, оскільки виробництво зерна і зеленої маси суттєво змінюється від віку рослин. Багаторічні злаки, за поверненням вкладених інвестицій у їх вирощування, можна прирівняти до деревних багаторічних рослин. Це пояснюється низькими репродуктивними властивостями в перший рік вирощування та утворенням рослинами в першу чергу потужної кореневої маси. В наступні роки багаторічні зернові культури мають раннє відростання, що дає можливість в межах однієї вегетації отримати два врожаї зеленої маси і один урожай зерна.

Поряд з цим, вони мають нижчий показник врожаю, менший урожай з рослини та масу зерна. Дослідження в умовах штату Мічиган показали, що багаторічна пшениця давала 50% врожаю в порівнянні до однорічної, а багаторічне жито – 73% до свого однорічного аналогу. При цьому становлено, що врожайність багаторічних зернових залишалася стабільною, незважаючи на суттєві відмінності у температурі повітря та кількості опадів впродовж років досліджень [19].

На сході штату Вашингтон [20] при дослідженні 31 багаторічного генотипу пшениці врожай зерна п'ятого року вирощування складав 93% від однорічної пшениці з найбільшою врожайністю.

Австралійські дослідники [21] на основі 2 річних досліджень, що проводилися на майже 90 багаторічних похідних пшениці, встановили, що урожайність зерна сильно коливалася залежно від погодних умов.

Вирощування багаторічних зернових культур вважається економічно доцільним вже за 40–60% річного врожаю однорічних зернових культур та урожайності зеленої маси до 600–800 ц/га.

Багаторічні злаки стають світовим трендом в отриманні хліба для здорового харчування [14]. Сучасні форми мають багато позитивних якостей, які виділяють їх серед багатьох видів сортів пшениці озимої. Їх зерно має високі хлібопекарські якості, які значно кращі за показниками загальної хлібопекарської оцінки сучасних сортів м'якої пшениці озимої. Цей показник в середньому складає 4,6 бали, з вмістом клейковини першої групи якості 36 % та білку в зерні – 15,73 % (максимальні показники: клейковина – більше 40%, білок – 19%), при цьому у традиційних сортів м'якої озимої пшениці ці показники складають близько 3,6 балів, за вмісту клейковини другої групи якості 30,8% та білку в зерні 12,48 %. При цьому врожайність зерна в середньому за 5 років в межах 25 – 50 ц/га. Ці дані свідчать про те, що сучасні пшенично-пирійні гібриди можна використовувати в якості покращувачів слабких пшениць і тритикале [18].

Борошно із зерна пшенично-елімуєсних гібридів та багаторічних пшениць має фізико-хімічні показники якості, які характерні для борошна хлібопекарського вищого сорту та загального призначення, за технологічною оцінкою по пробній лабораторній випічці відповідає ГОСТ 27669-88 і тому може бути альтернативою борошну із зерна озимих пшениць. Клейковина, антиоксиданти у зерні багатьох багаторічних пшениць розміщені в оболонці зернівки, що робить їх мало доступними, тому для виготовлення хліба рекомендується борошно грубого помолу, тобто разом з оболонкою. Таке борошно для випікання хліба краще використовувати в сумішах і для виготовлення тіста застосовувати закваски. Хліб із такого борошна за органолептичними показниками, смаком і запахом більше схожий до хліба із житнього обдирного борошна або його суміші із пшеничним [14, 22].

У США зерно Kernza® вже більше десяти років використовується для виготовлення різних продуктів. Для виготовлення хліба із зерна Kernza® роблять борошно грубого помолу і випікають в суміші із борошном з традиційної пшениці або іншими зерновими. Такий хліб має злегка горіховий смак із медовими нотками. З борошна Kernza® печуть млинці, солоні вафлі, крекери, кекси, виготовляють макаронні вироби (з вмістом Kernza® 51%) [23].

Із зерна Kernza® виготовляють здорові сніданки Kernza® Krunh –пластівці із ледь солодким натуральним медовим смаком зерен. Зерно, вирощене в різних регіонах США, має різним смак, який залежить від ґрунту, тому пластівці фарбують натуральними харчовими барвниками для позначення регіону вирощування: Тихоокеанський північний-захід – зелений, Канзас – червоний, Мінесота – жовтий [24].

Зерно Kernza® придатне також для виготовлення пива (торгова марка Long Root Ale), яке має горіхово-житній гострий смак [25, 26].

У зерні пшенично-пирійних гібридів міститься один із надзвичайно необхідних для людського організму антиоксидантів – лютеїн. Тому зерно можна використовувати для виробництва різноманітних медичних дієтичних добавок [18].

В людському організмі лютеїн є одним із основних компонентів макулярного пігменту макули, яка розміщена в центральній частині ока і відповідає за центральний зір та найвищу гостроту зору, працює як блакитний світлофільтр, захищаючи очі від шкідливого впливу ультрафіолету. Лютеїн не синтезується в організмі людини, тому має надходити з їжею або медикаментами. При щоденному споживанні 6 мг лютеїну небезпека розвитку вікової манулярної дегенерації, яка характеризується втратою центрального зору і сліпотою, знижується на 43% [27-29].

Лютеїн краще всього акумулюється в тих частинах тіла, які найбільше піддаються шкідливому впливу вільних радикалів, тому нині лютеїну, як і іншим каротиноїдам, надається велике значення в профілактиці захворювань ока, серця, молочних залоз, зміцнення імунної системи і зниження ризику виникнення раку [30].

Багаторічні пшениці відносяться до групи культур подвійного використання – як зернова культура і кормова, що є важливим для фермерів, які мають у своєму господарстві тваринницьку складову. Можливість робити три укоси або випаси за сезон дозволяє підвищити прибутковість вирощування культури [31].

Вивчення подвійного використання багаторічних злаків розпочалося з польового експерименту дослідників Мічиганського державного університету з проведенням весняного укосу [32]. Після перезимівлі багаторічні рослини відростали раніше і швидше, ніж однорічна пшениця навесні. Тому в цей період став можливий випас худоби без шкоди для майбутнього урожаю зерна [33].

Рослини багаторічних злаків вирізняються високою куцистістю – в середньому до 15 і більше стебел, досягання в них починається з колоса і поширюється в низ, при цьому коли зерно досягає воскової стиглості листки і стебла ще зелені. Завдяки такій особливості ці гібриди після збирання зерна можна використовувати як кормову культуру на укіс зеленої маси або для випасання худоби [18].

На темпи відростання і продуктивність зеленої маси після збирання урожаю зерна впливає тип ґрунту, температура повітря та наявність опадів, що позначається також і на наступному весняному відростанні [32 – 34].

За вегетаційний період можна отримати до 500 ц/га зеленої маси, роблячи впродовж вегетативного сезону три укоси. Урожайність зеленої маси сучасних пшенично-пирійних гібридів може досягати 600–800 ц/га у середньому за 5 років вирощування. При цьому вихід сіна у вагових одиницях зеленої маси перевищує цей показник у озимого жита або вико-вівсяної суміші у півтора рази [18].

Крім того, весняне збирання багаторічних пшениць на корм сприяє збільшенню врожаю зерна у рік укосу за наступного розростання кореневої біомаси рослин [35]. Аналогічні закономірності із впливу на урожайність зерна та біомасу коренів спостерігали і при весняному випасі худоби [36].

У разі відсутності в господарстві тваринницької складової і відповідно потреби в зеленій масі, як кормах, є можливість її альтернативного використання. Зелена маса або солома багаторічних зернових містить целюлозу та інші полісахариди, за рахунок цього вона є придатною для використання, як відтворювана рослинна сировина, для виробництва біогазу [37 – 39].

Зерно багаторічних пшениць також є цінною кормовою сировиною при виготовленні кормів для птиці – за рахунок вмісту пігменту лютеїну [18]. У птахівництві для надання жовтку бажаного забарвлення використовують ксантофіли (лютеїн – для жовтого і зеаксантин – для оранжево-жовтого). Нині в якості основних природних джерел цих речовин використовують люцернове борошно з високим вмістом лютеїну, та кукурудзяне – зеаксантину.

Враховуючи, що рівень даних пігментів у природних кормах не завжди постійний і може змінюватися у результаті окислення при тривалому зберіганні, все частіше віддається перевага використанню синтетичних каротиноїдів [40]. Для урізноманітнення і підвищення якості природних джерел лютеїну можна замінювати люцернове борошно на борошно пшенично-пирійних гібридів.

Сучасна тенденція розвитку сільського господарства направлена на органічне землеробство, тобто виробництво біологічно чистої продукції, без використання хімічних заходів захисту. У зв'язку з глобальним потеплінням з'являються нові хвороби і шкідники, енергозберігаючі технології із залишенням стерні на полі також сприяють збереженню інфекційного фону, тому щоб отримати високий урожай посіви потрібно регулярно обробляти пестицидами. За відсутності такого захисту втрати врожаю можуть сягати 30 – 50 %, а в зерні накопичуються токсичні речовини [14].

В усіх гібридних лініях, які стали основою для виведення багаторічних злакових культур, було виявлено стійкість до хвороб. Це стало ще однією із переваг багаторічних злаків над однорічними [41]. Новостворені багаторічні злаки вирізняються високою стійкістю до таких хвороб як фузаріоз, іржа, борошниста роса, кореневі гнилі [18, 42]. Що дозволяє вирощувати екологічно чисту продукцію без застосування пестицидів.

Висновки

Багаторічні злакові культури, як альтернатива традиційним зерновим культурам, широко вивчаються у всьому світі вже тривалий період, результатом цих досліджень є гібриди Kernza® і Сова.

На основі літературних даних можна чітко виділити перспективи цих нових злакових культур та окреслити перспективи їх подальших досліджень і використання в Україні, серед них:

- вивчення фенології багаторічних злаків у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах країни, з метою з'ясування можливих регіонів вирощування, з урахуванням особливостей їх біології та доцільності заміни ними однорічних зернових культур;

- з'ясування перспектив використання зерна багаторічних злаків: в харчовій промисловості – для виготовлення хліба, кондитерських виробів, пластівців, макаронних виробів, пива, спиртних напоїв; в медичній промисловості – для виготовлення біологічно-активних добавок із підвищеним вмістом лютеїну, як каротиноїда важливого в профілактиці захворювань ока, серця, молочних залоз, зміцненні імунної системи і зниження ризику виникнення раку;

- дослідження багаторічних злаків в якості кормової культури: вивчення поживної цінності корму, скошувань у різні періоди вегетації та їх впливу на урожайність зерна і відростання зеленої маси; включення зерна, як високобілкового компоненту, у кормовий раціон худоби та птиці;

- дослідження можливості включення багаторічних злаків у вигляді зеленої маси або сіна до списку відновлюваної рослинної сировини для виробництва біогазу;

- вивчення перспектив отримання органічної продукції, за рахунок використання потенціалу ґрунту, особливостей кореневої системи багаторічних злакових рослин, стійкості до збудників хвороб і шкідників, посухи та мінусових температур, тощо.

Література

1. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Education for Sustainable Development Goals: learning objectives. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444> (дата звернення 01.10.2019).
2. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Цілі Сталого Розвитку: Україна. Національна доповідь 2017. <http://www.me.gov.ua/> (дата звернення 01.10.2019).
3. Аграрний і сільський розвиток для зростання та оновлення української економіки: наукова доповідь / за ред.: О.М. Бородіної, О.В. Шубравської. Київ : НАН України, 2018. 152 с.
4. The Economist Intelligence Unit. EIU Global Food Security Index – 2018. <https://foodsecurityindex.eiu.com/> (дата звернення 01.10.2019).
5. Agricultural Onesoil Map. Wheat data for the year 2018 Ukraine, all regions. <https://map.onesoil.ai/2018/ua#2/44.35/-43.66> (дата звернення 01.10.2019).
6. Державна служба статистики України. Посівні площі культур сільськогосподарських під урожай 2018 року. www.ukrstat.gov.ua > operativ > operativ 2018. (дата звернення 01.10.2019).
7. Bell L.W., Wade L.J., Ewing M.A. Perennial wheat: a review of environmental and agronomic prospects for development in Australia. *Crop Pasture Science*. 2010. Vol. 61, No. 9. P. 679–690.
8. Sipos T., Halasz, E. The role of perennial rye (*Secale cereale* x *S. montanum*) in sustainable agriculture. *Cereal Research Communications*. 2007. Vol. 35, No. 2. P. 1073–1075.
9. Pearlstein S.I., Felger R.S., Glenn E.P., Harrington J., Al-Ghanem, K.A. Nelson, S.G. Nipa (*Distichlis palmeri*): A perennial grain crop for saltwater irrigation. *Journal of Arid Environments*. 2012. Vol. 82. P.60–70.
10. Kantar M.B., Betts K., Michno J.M., Luby J.J., Morrell P.I., Hulke B.S., Stupar, R.M., Wyse D.L. Evaluating an interspecific *Helianthus annuus* x *Helianthus tuberosus* population for use in a perennial sunflower breeding program. *Field Crops Research*. 2014. Vol. 155. P. 254–264.

11. Shim J. Perennial rice: improving rice productivity for a sustainable upland ecosystem. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2012. Vol. 44. P.191–201.
12. Hu F.Y., Tao D.Y., Sacks E., Fu B.Y., Xu P., Li J., Yang Y., McNally K., Khush G.S., Paterson, A.H., Li Z. K. Convergent evolution of perenniality in rice and sorghum. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2003. Vol. 100, No. 7. P. 4050–4054.
13. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. Москва: Наука, 1978. 288 с.
14. Медведева А. Миру нужен здоровый хлеб – российские ученые вывели фиолетовую пшеницу и уникальный сорт СОВА. *Agroxxi. Agro-industrial Portal*. <https://www.agroxxi.ru/> (дата звернення 05.10.2019).
15. Jackson W. New roots for agriculture. University of Nebraska Press. 1980. 150 p.
16. Cox T.S, Van Tassel D.L., Cox C.M., DeHaan L.R. Progress in breeding perennial grains. *Crop and Pasture Science*. 2010. Vol. 61, No. 7. P. 513–521.
17. Hayes R.C., Wang S., Newell M.T., Turner K., Larsen J., Gazza L., Anderson J.A., Bell L.W., Cattani D.J., Frels K., Galassi E., Morgounov A.I., Revell C.K., Thapa D.B., Sacks E.J., Sameri M., Wade L.J., Westerbergh A., Shamanin V., Amanov A., Li G.D. The Performance of Early-Generation Perennial Winter Cereals at 21 Sites across Four Continents. *Sustainability*. 2018. Vol.10, No. 4. P. 1124.
18. Упельник В. П., Белов В. И., Иванова Л. П., Долгова С. П., Демидов А. С. Наследие академика Н.В. Цицина – современное состояние и перспективы использования коллекции промежуточных пшенично-пырейных гибридов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. Том 16, № 3. С. 667–674.
19. Jaikumar N.S., Snapp S.S., Murphy K., Jones S.S. Agronomic assessment of perennial wheat and perennial rye as cereal crops. *Agronomy Journal*. 2012. V. 104, No. 6. P. 1716–1726.
20. Murphy K.M., S.R. Lyon K.A. Balow S.S. Jones. Post-sexual cycle regrowth and grain yield in *Thinopyrum elongatum* x *Triticum aestivum* amphiploids. *Plant Breed*. 2010. Vol. 129, No. 5. P. 480–483.
21. Hayes R.C., Newell M.T., DeHaan L.R., Murphy K.M., Crane S., Norton M.R., Wade L.J., Newberry M., Fahim M., Jones S.S., Cox T.S., Larkin, P.J. Perennial cereal crops: an initial evaluation of wheat derivatives. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 133. P. 68–89.
22. Барильник К. Г., Кузнецова Л.И., Лаврентьева Н.С., Савкина А.А. и др. Сравнительная характеристика хлебопекарных свойств пшеничной и пшенично-пырейного гибрида. Материалы VI междунар. науч.-техн. конф. (г. Алматы, 1 марта 2016 г.) Алматы, 2016. С.19–23.
23. The Land Institute. A new grain – Kernza – finds its way into products. <https://landinstitute.org/media-coverage/new-grain-kernza-finds-way-products/> (дата звернення 02.10.2019).
24. The Future Market. Kernza Krunch — the future market. <http://thefuturemarket.com/kernza-krunch> (дата звернення 03.10.2019).
25. Bland A. After a long day of fighting climate change, this grain is ready for a beer. NPR. Food for Thought. Retrieved from <https://www.lexiconoffood.com/link/after-long-day-fighting-climate-change-grain-ready-beer> (дата звернення 03.10.2019).
26. Patagonia Provisions. A short story about Long Root Wit. Retrieved from <https://www.patagoniaprovisions.com/pages/long-root-wit> (дата звернення 03.10.2019).
27. Саксонова Е.О. Лютеин и зеаксантин – основные компоненты антиоксидантной системы защиты глаза. *Русский медицинский журнал*. 2005. Т.13, №2. С. 124–129.
28. Завгородняя Н.Г. Михальчик С.В. Применение коротких каротиноидов для профилактики и лечения диабетической ретинопатии. „Філатовські читання”, присвяченої 80-річчю тканинної терапії за методом академіка В.П. Філатова: матеріали наук.-практ конф. (Одеса, 23-24 травня 2013 р.). Одеса, 2013. С. 275–276.
29. Гарник Т. П., Анохіна С.В. Роль каротиноїдів у забезпеченні здоров'я органа зору. *Фітотерапія*. 2016. № 2. С. 39–42
30. Григоренко О.М. Роль вітамінів у харчуванні людини. *Харчова наука і технологія*. 2010. № 3. С. 33–36.
31. Ryan M.R., Crews T.E., Culman S.W., DeHaan L.R., Hayes R.C., Jungers J.M., Bakker M.G. Managing for Multifunctionality in Perennial Grain Crops. *Bioscience*. 2018. Vol. 68, No. 4. P. 294–304.
32. Tinsley S. G. An evaluation of perennial wheat and intermediate wheatgrass as dual-purpose, forage-grain crops under organic management (Master's thesis). Michigan State University, Department of Plant, Soil and Micro-bial Sciences, East Lansing, MI. 2012. 125 p.
33. Larkin P.J., Newell M.T., Hayes R.C., Aktar J., Norton M.R., Moroni S.J., Wade L.J. Progress in developing perennial wheats for grain and grazing. *Crop and Pasture Science*. 2014. Vol. 65, No. 11. P. 1147-1164.
34. Newell M.T, Hayes R.C. An initial investigation of forage production and feed quality of perennial wheat derivatives. *Crop and Pasture Science*. 2017. Vol. 68, No. 12. P. 1141–1148.
35. Pugliese J. Y., Culman S.W., Sprunger C.D. Harvesting forage of the perennial grain crop kernza (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and soil*. 2019. Vol. 437, No.1–2. P. 241–254.

36. Lopez-Marisco L., Altesor A., Oyarzabal M., Baldassini P., Paruelo J.M. Grazing increases below-ground biomass and net primary production in a temperate grassland. *Plant and soil*. 2015. Vol. 392. P. 155–162.
37. Гелегуха Г.Г., Железна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка № 7 Біоенергетичної асоціації України. www.uabio.org/activity/uabio-analytics (дата звернення 04.10.2019).
38. Abbasi T., Tauseet S., Abbasi S. *Biogas Energy*. New York: Springer, 2012. 169 p.
39. Biteco-energy. Вихід біогазу з різних видів субстратів <http://www.biteco-energy.com/vygod-biogaza-iz-razlichnogo-syruya-2/> (дата звернення 03.10.2019)
40. Вершняк Т. Поліпшення якості курячих яєць. *Агробізнес сьогодні*. <http://agro-business.com.ua> (дата звернення 03.10.2019).
41. Turner M.K., DeHaan, L.R., Jin Y., Anderson J. A. Wheatgrass–wheat partial amphiploids as a novel source of stem rust and fusarium head blight resistance. *Crop Science*. 2013. Vol. 53, No. 5. P. 1994–2005.
42. Culman S.W., DuPont S.T., Glover J.D., Buckley D.H., Fick G.W., Ferris H., Crews T.E. Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2010. Vol.137, No. 1–2. P.13–24.

References

1. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: learning objectives*. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
2. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2017). *Sustainable Development Goals: Ukraine. National report 2017*. Retrieved from <http://www.me.gov.ua/> (in Ukr).
3. Borodina, O.M. (Eds.), & Shubravska, O.V. (Eds.). (2018). *Agrarian and Rural Development for Growth and Renewal of the Ukrainian Economy: Scientific Report*. Kyiv: NAS of Ukraine, 152. (in Ukr).
4. The Economist Intelligence Unit. (2019). *EIU Global Food Security Index – 2018*. Retrieved from <https://foodsecurityindex.eiu.com/>
5. *Agricultural Onesoil Map*. (2019). Wheat data for the year 2018 Ukraine, all regions. Retrieved from <https://map.onesoil.ai/2018/ua#2/44.35/-43.66> (in Bel).
6. *State Statistics Service of Ukraine*. (2019). Cultivation Lands of Agricultural Crops for Harvest in 2018. Retrieved from www.ukrstat.gov.ua › *operativ* › *operativ 2018*. (in Ukr).
7. Bell, L.W., Wade, L.J., & Ewing, M.A. (2010). Perennial wheat: a review of environmental and agronomic prospects for development in Australia. *Crop Pasture Science*, 61(9), 679–690. doi: 10.1071/CP10064
8. Sipos, T., & Halasz, E. (2007). The role of perennial rye (*Secale cereale* x *S. montanum*) in sustainable agriculture. *Cereal Research Communications*, 35 (2), 1073–1075. doi: 10.1556/CRC.35.2007.2.227
9. Pearlstein, S.I., Felger, R.S., Glenn, E.P., Harrington, J., Al-Ghanem, K.A., & Nelson, S.G. (2012). Nipa (*Distichlis palmeri*): A perennial grain crop for saltwater irrigation. *Journal of Arid Environments*, 82, 60–70. doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.02.009
10. Kantar, M.B., Betts, K., Michno, J.M., Luby, J.J., Morrell, P.I., Hulke, B.S., ... Wyse, D.L. (2014). Evaluating an interspecific *Helianthus annuus* x *Helianthus tuberosus* population for use in a perennial sunflower breeding program. *Field Crops Research*, 155, 254–264. doi: 10.1016/j.fcr.2013.04.018
11. Shim, J. (2012). Perennial rice: improving rice productivity for a sustainable upland ecosystem. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 44 (2), 191–201.
12. Hu, F.Y., Tao, D.Y., Sacks, E., Fu, B.Y., Xu, P., Li, J., ...Li, Z. K. (2003). Convergent evolution of perenniality in rice and sorghum. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100 (7), 4050–4054. doi: 10.1073/pnas.0630531100
13. Tsitsin, N. V. (1978). *The perennial wheat*. Moscow.: Science. 288 (in Rus).
14. Medvedeva, A. (2019, May 14). The world needs healthy bread – Russian scientists have developed purple wheat and the unique SOVA variety. *Agroxxi. Agro-industrial Portal*. Retrieved from <https://www.agroxxi.ru/> (in Rus).
15. Jackson, W. (1980). *New roots for agriculture*. University of Nebraska Press. 150.
16. Cox, T.S, Van Tassel, D.L., Cox, C.M., & DeHaan, L.R. (2010). Progress in breeding perennial grains. *Crop and Pasture Science*, 61(7), 513–521. doi:10.1071/CP09201
17. Hayes, R.C., Wang, S., Newell, M.T., Turner, K., Larsen, J., Gazza, L., ... Li, G.D. (2018). The Performance of Early-Generation Perennial Winter Cereals at 21 Sites across Four Continents. *Sustainability*, 10(4), 1124. doi.:10.3390/su10041124.
18. Upelniak, V.P., Belov, V.I., Ivanova, L.P., Dolgova, S.P., & Demidov, A.S. (2012). The legacy of academician N.V. Tsitsin – the current state and prospects of using the collection of intermediate wheatgrass hybrids. *Vavilovskiy zhurnal henetyky y selektsyy (Vavilovskiy Journal of Genetics and Selection)*, 16(3), 667–674. (in Rus).
19. Jaikumar, N.S., Snapp, S.S., Murphy, K., & Jones, S.S. (2012). Agronomic assessment of perennial wheat and perennial rye as cereal crops. *Agronomy Journal*, 104(6), 1716–1726. doi: 10.2134/agronj2012.0291.

20. Murphy, K.M., Lyon, S.R., Balow, K.A., & Jones, S.S. (2010). Post-sexual cycle regrowth and grain yield in *Thinopyrum elongatum* x *Triticum aestivum* amphiploids. *Plant Breed*, 129(5), 480–483. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01712.x
21. Hayes, R.C., Newell, M.T., DeHaan, L.R., Murphy, K.M., Crane, S., Norton, M.R., ... Larkin, P.J. (2012). Perennial cereal crops: An initial evaluation of wheat derivatives. *Field Crops Research*, 133, 68–89. doi: 10.1016/j.fcr.2012.03.014
22. Baryl'nik, K. G., Kuznetsova, L. I., Lavrenteva, N. S., Savkina, O. A., & Chikida N. N. (2016, March). *Comparative characteristic of bakery properties of wheat and wheat-couch grass hybrid*. Poster session presented at the VI International Scientific and Technical Conference "Kazakhstan-Refrigeration Equipment 2016". Almaty, 19–23. (in Rus).
23. The Land Institute. (2017). *A new grain – Kernza – finds its way into products*. Retrieved from <https://landinstitute.org/media-coverage/new-grain-kernza-finds-way-products/>
24. The Future Market. (2019) *Kernza Krunch — the future market*. Retrieved from <http://thefuturemarket.com/kernza-krunch>
25. Bland, A. (2016, October 26). After a long day of fighting climate change, this grain is ready for a beer. NPR. Food for Thought. Retrieved from <https://www.lexiconoffood.com/link/after-long-day-fighting-climate-change-grain-ready-beer>
26. Patagonia Provisions. (2019). *A short story about Long Root Wit*. Retrieved from <https://www.patagoniaprovisions.com/pages/long-root-wit>
27. Saksonova, E.O. (2005). Lutein and zeaxanthin – the main components of the antioxidant eye protection system. *Russian Medical Journal*, 13(2), 124–129. (in Rus).
28. Zavgorodnaya, N.G., & Muxalchuk, S.V. (2013, May). The use of short carotenoids for the prevention and treatment of diabetic retinopathy. "Filatovski chytannia", dedicated to the 80th anniversary of tissue therapy by the method of Academician V.P. Filatov, Odessa, 275–276. (in Ukr).
29. Garnuk, T.P., & Anokhina, S.V. (2016). The role of carotenoids in the health of the visual organ (Literature Review). *Phytotherapy*, 2, 39–42. (in Ukr).
30. Grigorenko, O. M. (2010). The role of vitamins in human nutrition. *Food Science and Technology*, 3, 33–36. (in Ukr).
31. Ryan, M.R., Crews, T.E., Culman, S.W., DeHaan, L.R., Hayes, R.C., Jungers, J.M., & Bakker, M.G. (2018). Managing for Multifunctionality in Perennial Grain Crops. *Bioscience*, 68(4), 294–304. doi:10.1093/biosci/biy014
32. Tinsley, S. G. (2012). *An evaluation of perennial wheat and intermediate wheatgrass as dual-purpose, forage-grain crops under organic management* (Master's thesis). Michigan State University, Michigan, USA.
33. Larkin, P.J., Newell, M.T., Hayes, R.C., Aktar, J., Norton, M.R., Moroni, S.J., & Wade, L.J. (2014). Progress in developing perennial wheats for grain and grazing. *Crop and Pasture Science* 65(11), 1147–1164. doi:10.1071/CP13330
34. Newell, M.T., & Hayes R.C. (2017). An initial investigation of forage production and feed quality of perennial wheat derivatives. *Crop and Pasture Science*, 68(12), 1141–1148. doi:10.1071/CP16405
35. Pugliese, J.Y., Culman, S.W., & Sprunger, C. D. (2019). Harvesting forage of the perennial grain crop kernza (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and Soil*, 437(1–2), 241–254. doi: 10.1007/s11104-019-03974-6
36. Lopez-Marisco, L., Altesor, A., Oyarzabal, M., Baldassini, P., & Paruelo, J.M. (2015). Grazing increases below-ground biomass and net primary production in a temperate grassland. *Plant and Soil*, 392, 155–162. doi: 10.1371/journal.pone.0215223
37. Geletuha, G.G., & Zheleznova, T.A. (2014). *Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine*. Analytical note Nr. 7 of the Bioenergy Association of Ukraine. Retrieved from www.uabio.org/activity/uabio-analytics
38. Abbasi, T., Tauseet, S., & Abbasi, S. (2012). *Biogas Energy*. New York: Springer, 169
39. Biteco-energy. (2013). *Biogas output from different types of substrates*. Retrieved from <http://www.biteco-energy.com/vyhod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2/>
40. Vershnyak, T. (2011, March 22) Improving the quality of chicken eggs. *Agribusiness Today*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua>
41. Turner, M.K., DeHaan, L.R., Jin, Y., & Anderson, J. A. (2013). Wheatgrass–wheat partial amphiploids as a novel source of stem rust and fusarium head blight resistance. *Crop Science*, 53(5), 1994–2005. doi: 10.2135/cropsci2012.10.0584
42. Culman, S.W., DuPont, S.T., Glover, J.D., Buckley, D.H., Fick, G.W., Ferris, H., & Crews, T.E. (2010). Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. *Agric. Ecosyst. Environ*, 137(1–2), 13–24. doi:10.1016/j.agee.2009.11.008

Summary. *V. P. Karpenko , I. S. Kravets , D. M. Adamenko , O. H. Sukhomud Agro-ecological prospects of the perennial grain crops use in Ukraine and abroad.*

Introduction. *Food security and agriculture are turning into an era characterized by scarce and depleted resources, climate change, and price volatility. Modern agrarian technologies require excessive consumption of water, synthetic pesticides, mineral fertilizers, produce increased CO² emissions, disrupting natural biological processes.*

In contrast, perennial grain crops, unlike annual ones, can improve soil structure, are resistant and adapted to pathogens, pests and climate change, mitigate anthropogenic consequences and have significant potential as a food and feed crop. Perennial grain crops are an alternative to the paradigm shift in agriculture because they have considerable potential for integrating into production systems.

Topicality of the theme. *Climate change has led to problems related to the stability of agriculture, raising concerns about the future of global food security. Therefore, the global goals of transforming the world include: hunger extermination and development of agriculture, climate change mitigation, affordable and clean energy. In 2018, 42 of Europe's largest agricultural areas can be found in Ukraine - 35.9 million hectares of which over 14 million hectares are occupied by traditional crops, but according to the Global Food Security Index (GFSI) in 2018, Ukraine is ranked only 63rd among 113 countries.*

Nowadays, research on the creation and study of technologies for growing and using perennial crops is being conducted in the world: wheat, rye, sunflower, rice, sorghum, which can become an economic and environmental alternative in agriculture.

The purpose of the study is *to theoretically substantiate the agro-ecological prospects of growing and using perennial wheat, taking into account their ecological and biological characteristics, as an alternative to traditional grain crops in Ukraine.*

Material and methods. *Common scientific methods are used: analysis, synthesis, induction and deduction, abstraction and generalization. Literary sources from the chosen field of research served as the material.*

Results. *Perennial cereals, as an alternative to traditional cereals, have been widely studied throughout the world for a long time. The result of these studies is the creation of hybrids of perennial grain crops Kernza® and Owl. Potential for the use of perennial grain crops, both present and in the selection process, is not fully disclosed, but at this stage it is possible to clearly identify the directions of their use: obtaining organic products, through the use of soil potential, features of the root system of perennial grain crops, resistance to pathogens and pests, droughts and freezing temperatures; in the food industry for the production of bread, confectionery, flakes, pasta, beer, alcoholic drinks; in the medical industry for the manufacture of biologically active additives with high lutein content, as a carotenoid important in the prevention of the eye, heart, mammary glands diseases, strengthening the immune system and reducing the risk of cancer; in fodder production the inclusion of grain as a high-protein component in the feed ration of livestock and poultry, for the production of green mass, hay, for grazing; inclusion of perennial grain crops in the form of green mass or hay in the list of renewable plant raw materials for biogas production.*

Conclusions. *At the present stage of development, perennial grain crops can become a source of organic production due to the features of the root system of plants, resistance to pathogens and pests, drought and sub-zero temperatures.*

They are an alternative to traditional grain crops and have prospects for use in various industries, such as food, medical, feed and biogas.

Keywords: *perennial cereals, wheat-wheat hybrids, Kernza®, Sova, whole kitchens, lutein, forage, speed to disease.*

Уманський національний університет садівництва

Одержано редакцією 16.09.2019
Прийнято до публікації 12.12.2019