

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**Сільське господарство**  
**та лісівництво**  
**№ 21**

**Вінниця**

**2021**



Журнал науково-виробничого та  
навчального спрямування  
"СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО"  
"AGRICULTURE AND FORESTRY"  
Заснований у 1995 році під назвою  
"Вісник Вінницького державного  
сільськогосподарського інституту"  
У 2010-2014 роках виходив під назвою "Збірник наукових  
праць Вінницького національного аграрного університету".  
З 2015 року "Сільське господарство та лісівництво"  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
№ 21363-11163 Р від 09.06.2015

**Головний редактор**

кандидат сільськогосподарських наук, професор **Мазур В.А.**

**Заступник головного редактора**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Дідур І.М.**

**Члени редакційної колегії:**

доктор біологічних наук, професор, академік НААН України **Мельничук М.Д.**

доктор сільськогосподарських наук, професор **Яремчук О.С.**

доктор сільськогосподарських наук, професор **Вдовенко С.А.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Телекало Н.В.**

кандидат географічних наук, доцент **Мудрак Г.В.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Панцирева Г.В.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Паламарчук І.І.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Цицюра Я.Г.**

доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН,  
ст. наук. співробітник **Черчель В.Ю.**

доктор сільськогосподарських наук, професор **Полторецький С. П.**

доктор сільськогосподарських наук, професор **Клименко М. О.**

доктор сільськогосподарських наук, ст. наук. співробітник **Москалець В. В.**

Dr. hab, prof.

**Sobieralski Krzysztof**

Dr. Inż

**Jasińska Agnieszka**

Dr. hab, prof.

**Siwulski Marek**

Doctor in Veterinary Medicine

**Federico Fracassi**

**Видавець: Вінницький національний аграрний університет**

Відповідальний секретар – **Мазур О. В.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Редагування, корекція й переклад на іноземну мову – **Кравець Р.А.**, доктор  
педагогічних наук, доцент.

Комп'ютерна верстка – **Мазур О.В.**

ISSN 2707-5826

©ВНАУ, 2021

DOI: 10.37128/2707-5826

**"СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО"****"AGRICULTURE AND FORESTRY"****Журнал науково-виробничого та навчального спрямування 05'2021 (21)****ЗМІСТ***РОСЛИННИЦТВО, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ*

**МАЗУР В.А., ЦИЦЮРА Я.Г., БРАНИЦЬКИЙ Ю.Ю.** ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ДЛЯ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ОКРЕМИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ННВК «ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ КОНСОРЦІУМ» 5

**МАЗУР В.А., ДІДУР І.М., ПАНЦИРЕВА Г.В., МОРДВАНЮК М.О.** ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ 24

**ВДОВЕНКО С.А., ШЕВЧУК О.А., ШЕВЧУК В.В., ДЄДОВ О.В.** НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗА ДІЇ СТИМУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ РОСТУ 34

**ПАЛАМАРЧУК В.Д., ТЕЛЕКАЛО Н.В.** ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЕТАНОЛУ 47

**ТЕЛЕКАЛО Н.В., МОРДВАНЮК М.О.** ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА НАКОПИЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО АЗОТУ ПОСІВАМИ ГОРОХУ ПОСІВНОГО 62

**ЦИГАНСЬКИЙ В.І.** ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ СОЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО 69

**ШКАТУЛА Ю.М., БАРСЬКИЙ Д.О.** УРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ 82

**ЗАБАРНА Т.А.** ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФАКТОРІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ 95

**ПЕЛЕХ Л.В.** ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ 109

**МАЗУР О.В., МАЗУР О.В., ЛЬОТКА Г.В., МИРОНОВА Г.В.** ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ ЗА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ 120

*ЛІСОВЕ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО*

**ПРОКОПЧУК В.М., ПАНЦИРЕВА Г.В.** ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ МОНОКУЛЬТУРНОГО САДУ БУЗКУ (*SYRINGA L.*) В УМОВАХ ДЕНДРОПАРКУ «ЛАДИЖИНСЬКИЙ ГАЙ» 129

<b>БЛИСТІВ В.І., ЮРКІВ З.М., НЕЙКО І.С., МАТУСЯК М.В.</b> ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІСОНАСІННОГО РАЙОНУВАННЯ	140
-----	
<b>ЦИГАНСЬКА О.І.</b> ВИКОРИСТАННЯ ХРИЗАНТЕМИ ДРІБНОКВІТКОВОЇ У РОЗШИРЕННІ ЗЕЛЕНИХ ЗОН УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	158
-----	
<b>ПОЛІЩУК В.В., МИКОЛАЙКО В.П., ПОЛІЩУК Т.В., КАЛЮЖНА Л. В.</b> ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ ТЮЛЬПАНА (TULIPA L.) ДО УРАЖЕННЯ СІРОЮ ГНИЛЛЮ <i>BOTRYTIS CINEREAPERIS TULIPAE</i> В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	167
-----	
<i>ОВОЧІВНИЦТВО ТА ГРИБНИЦТВО</i>	
<b>ПЛАМАРЧУК І. І.</b> ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТА ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАБАЧКА В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО УКРАЇНИ	178
-----	
<i>ЗАХИСТ РОСЛИН</i>	
<b>OKRUSHKO S.Yev.</b> IMPACT OF HERBICIDES AND GROWTH REGULATOR ON CORN YIELD	192
-----	
<b>ВЕРГЕЛЕС П.М.</b> ОЦІНКА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОГІРКА В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ	206
-----	
<i>ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</i>	
<b>ТКАЧУК О.П., ДЕМЧУК О.А.</b> ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД МЕТОДОМ СТРУКТУРИЗАЦІЇ, ЗАБРУДНЕНИХ ДІЯЛЬНІСТЮ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	220
-----	
<b>MAZUR V., KOLISNYK O., YAKOVETS L.</b> DIALIAL ANALYSIS OF THE COMBINATION CAPACITY OF RESISTANCE TO DISEASES AND PESTS OF THE SOURCE SELECTION CORN MATERIAL	233

Збірник наукових праць внесено в оновлений перелік наукових фахових видань України Категорія Б з сільськогосподарських наук під назвою «Сільське господарство та лісівництво» (підстава: Наказ Міністерства освіти і науки України 17.03.2020 №409).

Адреса редакції: **21008, Вінниця, вул. Сонячна, 3, тел. 46-00-03**

**Вінницький національний аграрний університет**

Електронна адреса: [selection@vsau.vin.ua](mailto:selection@vsau.vin.ua) адреса сайту: (<http://forestry.vsau.org/>).

**Номер схвалено і рекомендовано до друку рішенням: Редакційної колегії журналу, протокол № 6 від 19.04.21 року; Вченої ради Вінницького національного аграрного університету, протокол № 10 від 28.05.2021 року.**

УДК: 633.15:631.527.5:519.86

DOI: 10.37128/2707-5826-2021-2-4

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЕТАНОЛУ**

**В.Д. ПАЛАМАРЧУК**, доктор с.-г.  
наук, доцент

**Н. В. ТЕЛЕКАЛО**, канд. с.-г. наук,  
доцент

Вінницький національний аграрний  
університет

*В статті приведені результати вивчення виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи. Дослідженнями передбачалося вивчення впливу елементів технології вирощування та факторів вегетації на вихід біоетанолу із зерна.*

*Польові досліді проводились протягом 2011-2017 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур ДП ДГ «Корделівське» Інституту картоплярства НААНУ ВНАУ. Ґрунти дослідної ділянки чорноземи глибокі середньо суглинкові на лесі, вміст гумусу (за Тюріним) в орному шарі складав 4,60 %. Польові досліді закладали відповідно до рекомендацій, викладених у «Методиці польових дослідів із кукурудзою». Кліматичні умови 2011-2017 років були сприятливими для росту й розвитку кукурудзи, а в 2012 та 2015 році характеризувалися лімітуючим фактором – вологістю, що в кінцевому результаті вплинуло на продуктивність гібридів кукурудзи.*

*Вихід біоетанолу з сировини розраховували як вихід етанолу – його кількість, отримують з тони зброджуваних вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Дослідженнями встановлено, що використання таких гібридів ранньостиглої групи як ДКС 2971, ДКС 2960, ДКС 2787, середньоранньої групи ДКС 3472, ДКС 3420, ДКС 3476 та середньостиглої групи ДКС 4964, ДК 315, ДКС 4626 та ДК 440 дозволить істотно збільшити вихід біоетанолу із одиниці площі. Запізнення із строками сівби гібридів кукурудзи призводить до зменшення виходу біоетанолу на 0,640-0,847 тис. л/га. Позакореневі підживлення забезпечили зростання виходу біоетанолу, яке в середньому становило 0,1-1,04 тис. л/га відносно контролю, зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становила 0,10-0,65 тис. л/га, а за дворазового позакореневого підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою. Найвищий вихід біоетанолу одержано за дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг, зростання якого в середньому склало 0,72-0,90 тис. л/га відносно контролю.*

*У 2015 році, який видався досить посушливим вихід біоетанолу, в середньому, у досліджуваних гібридів кукурудзи склав 3,622 тис л/га, в 2016 році – 4,494 тис. л/га, а в 2017 році – 4,230 тис. л/га. Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів становив 3,365 тис. л/га, середньоранніх – 4,096 тис. л/га та середньостиглих – 4,885 тис. л/га.*

*Вихід біоетанолу за сівби насінням дрібної фракції, в середньому коливався в межах 2,94-3,78 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л/га, за*

сівби насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л/га або в середньому для фракції 3,81, а за сівби насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л/га або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га.

Глибина загортання насіння кукурудзи неоднозначно впливала на вихід біоетанолу із зерна. Тобто збільшення глибини загортання насіння призводить до зменшення виходу біоетанолу із одиниці посіву.

Отже, встановлено істотний вплив досліджуваних елементів технології та факторів вегетації на вихід біоетанолу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

**Ключові слова:** кукурудза, біоетанол, сировина, зерно, гібрид, продуктивність, крохмаль, мікроелементи.

**Табл. 4. Рис. 1. Літ. 15.**

**Постановка проблеми.** Біоетанол традиційно виготовляють шляхом бродіння зерна кукурудзи, цукрової тростини і меляса з буряка. Основними виробниками біоетанолу є США, Бразилія, Франція, Німеччина, Іспанія, Китай та Канада [1]. Етанол виготовляють із сировини, що містить крохмаль, який спочатку перетворюють у цукор, потім у процесі бродіння цукор перетворюється в алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню [2]. Різні твердження вітчизняних та зарубіжних вчених з окремих питань технологій вирощування та переробки кукурудзи на біоетанол, підтверджують актуальність та необхідність подальших досліджень по даній проблемі, тому робота в даному напрямку є досить актуальною і перспективною.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Традиційний спосіб одержання етанолу заснований на дріжджовому бродінні розчинів, що містять цукор, за реакцією:



За цим методом отримують розчин, що містить принаймні 18-20% етанолу, алкоголь підвищеної концентрації виготовляють перегонкою, використовуючи різницю в точці кипіння етанолу (78°C) та води (100°C). Промисловий спосіб виготовлення етанолу заснований на кислотокаталітичній реакції етилену і води:



У Європі головними джерелами сировини для біоетанолу є цукрові буряки, пшениця і кукурудза, у Північній Америці – кукурудза і пшениця, а в Південній Америці – цукровий очерет, їх загальний врожай, вміст цукру і крохмалю, а також вихід алкоголю визначають придатність цих культур для виробництва біоетанолу. В США близько 40% урожаю кукурудзи (130 млн тонн на рік) перероблюється для отримання кукурудзяного етанолу, з 1 тонни кукурудзи виробляють близько 400-500 літрів біоетанолу [2, 3].

Частка біоетанолу в суміші з бензином у США досягає 20 % [4], у Франції – 5 %. Суміш бензину з біоетанолом (10-12%) успішно використовується в Канаді та Бразилії [3]. Не високий відсоток використання (6-12 %) домішки

спирту до бензину не вимагає зміни конструкції двигунів автомобілів, збільшує октанове число моторного палива, що в свою чергу сприяє зменшенню енергетичних витрат при його виробництві, на 4-5 %, збільшується коефіцієнт корисної дії двигуна, знижуються недоспалювання палива і викиди в атмосферу продуктів згоряння, що відповідає вимогам з охорони навколишнього природного середовища.

Сьогоднішній світовий «біоетанольний бум» спричинив підвищення попиту на зернову кукурудзу. Листостеблова маса при цьому може використовуватися як тверде біопаливо для опалення. Теплотворна здатність стебел кукурудзи складає 12,5 МДж/кг, що на 19% більше, ніж у соломи колосових культур і гілок плодкових дерев. Порівняно із іншими культурами кукурудза має великий вміст крохмалю в зерні та забезпечує найвищий рівень отримання біоетанолу із гектара. З 1 тони її зерна можна отримати 325-470 л етанолу тоді як із 1 т ячменю – 240-330, жита – 280-357, пшениці – 375-445 л [5, 6], тритикале – 428 л, соризу – 464 л. Хоча сориз має більший вміст крохмалю, однак його важче гідролізувати, і тому вихід біоетанолу з кукурудзи більший [7]. Для виробництва 1,0 т біоетанолу необхідно 0,64 га пшениці або 0,47 га кукурудзи [5].

Таблиця 1

**Орієнтовна урожайність різних сільськогосподарських культур та можливий вихід біоетанолу з біосировини, [8]**

Культура (біосировина)	Планова урожайність, т/га	Вихід етанолу	
		з тони сировини, л/т	на один гектар, л/га
Цукровий буряк	90	100	9000
Топінамбур	30	87	2610
Кукурудза на зерно	7	416	2912
Пшениця	5	395	1975
Ячмінь	5,8	370	2150
Цукрова тростина	65	70	4550
Кассава (маніок)	12	180	2160

Сумарна виробнича потужність біоетанолу в Україні може становити близько 200 тис тонн на рік (5% від всього виду палив), але, у 2013-2014 роках виробництво його було практично знищене (до 42 тис. тон на рік, у 2016 році, тобто близько 1% всього палива), введенням акцизу у межах 99 євро на альтернативні моторні палива, що становить 49%, від акцизу на бензин А-95. Дана акцизна ставка призвела до зупинки 11 з 14 заводів, які виробляли біоетанол. Державою планується в перспективі зняти акциз на виробництво біоетанолу та звільнити від ПДВ при закупівлі імпортової техніки, обладнання, устаткування підприємств з виробництва біопалива [9].

Вихід етанолу залежить не лише від кількісного вмісту крохмалю в зерні, а й від інших чинників, що формують якісну характеристику крохмалю за його ферментабільністю: а) хімічний склад крохмалю (співвідношення

амілоза/амілопектин); б) гранулометрія крохмалю (лінійний розмір крохмальних гранул і співвідношення гранул за розмірами); в) характер упаковки високополімерних молекул крохмалю в крохмальній гранулі [10].

Впродовж останнього півстоліття посівні площі під кукурудзою зросли в 1,6 рази, врожайність – в 3 рази, а валові збори зерна – в 4,8 рази. Площа вирощування кукурудзи на зерно у 2018 році згідно статистичних даних становила у Світі – 189 млн. га, Україні – 4,58 млн га (8,3%) та у Вінницькій області – 381,3 тис. га (23,5%). Україна здатна за такої площі посіву вирощувати біля 25 млн. тон зерна кукурудзи [11].

Таблиця 2

**Виробництво біоетанолу із кукурудзи в Україні [9]**

Сировинна база для виробництва біоетанолу		
Сировина	Потреба на виробництво 220 тис. тон біоетанолу	Середнє виробництво в Україні на рік (2012-2015 рр.), тис. тон
Меляса	946	551,7
Цукрові буряки (при виробництві цукру із використанням меляси як відходу)	23650	13972
Зерно кукурудзи	660	22500

Ціна продажу біоетанолу в 2019 році в Україні 0,61 євро/л, в Європі – 0,96 євро/л, тоді як бензину 1,2-1,6 євро/л. У зв'язку з цим великого значення у виробничій сфері набуває оцінювання сучасних гібридів кукурудзи за придатністю використання їх зерна для виробництва біоетанолу. У зерні кукурудзи переважаючим компонентом є вуглеводи (крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза та пентозани), вміст яких може становити, залежно від підвиду 60-80 % [5, 12]. Для отримання крохмалю, а відповідно і етанолу, практичну цінність мають чотири підвиди кукурудзи крохмалистий (71,5-82,0%), зубовидний (68,0-75,5 %), напівзубовидний (66,9-74,2 %) і кременистий (65,0-73,0 %) [10].

За даними Я. Гадзало у 2018 році створені гібриди кукурудзи із врожайності 8,14 т/га, виходом крохмалю з 1 га – 6 тонн. За його словами, одним із найперспективніших напрямів селекції кукурудзи є створення сортів із високим вмістом крохмалю для виробництва біоетанолу. Вміст крохмалю в зерні залежить як від сортових особливостей, так і від технології вирощування кукурудзи на зерно. Тому, розробка комплексу елементів технології, що забезпечують збільшення урожайності та якості зерна кукурудзи є актуальним.

Використання біопалива та інших поновлюваних джерел енергії розглядається та обговорюється насамперед у контексті охорони навколишнього середовища та прагнення гарантувати умови сталого регіонального і місцевого розвитку. Розвиток альтернативних джерел енергії відкриває нові перспективи для кукурудзи на ринку України і розширення площ посіву в усіх регіонах, сприятливих для її вирощування.



**Постановка завдання.** Завданнями наших досліджень передбачалося вивчення виходу біоетанолу із зерна кукурудзи залежно від елементів технології та факторів вегетації.

**Матеріал та методика досліджень.** Польові досліди проводились протягом 2011-2017 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур ДП ДГ «Корделівське» Інституту картоплярства НААНУ Вінницького національного аграрного університету.

Ґрунти дослідної ділянки чорноземи глибокі середньо суглинкові на лесі, вміст гумусу (за Тюріним) в орному шарі складав 4,60 %. Реакція ґрунтового – рН (сольове) 5,7 (близька до нейтральної); середньозважені: гідролітична кислотність 40 мг-екв на 1 кг ґрунту; сума ввібраних основ – 158 мг-екв на 1 кг ґрунту (за Каппеном-Гільковицом); ступінь насичення основами 82,3 %. Агрофізичні властивості: щільність ґрунту – 1,2 г/см<sup>3</sup>. У ґрунтах міститься легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 106 мг на 1 кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чиріковим) 186 і 160 мг на 1 кг ґрунту, відповідно. Вміст мікроелементів даних ґрунтів становить бору (Калориметричний аналіз) високий – 0,76 мг на 1 кг ґрунту; марганцю, міді та цинку (Атомно-адсорбційно спектрофотометричний аналіз) також високий – 77,17, 6,07 та 8,01 мг на 1 кг ґрунту.

Кліматичні умови 2011-2017 років були сприятливими для росту й розвитку кукурудзи, а в 2012 та 2015 році характеризувалися лімітуючим фактором – вологістю, що в кінцевому результаті вплинуло на продуктивність гібридів кукурудзи. Польові досліди закладали відповідно до рекомендацій, викладених у «Методиці польових дослідів із кукурудзою» [13].

У дослідженнях застосовувались польовий і лабораторний методи вивчення гібридного матеріалу кукурудзи. Облікова площа ділянок для гібридів становила 10,5 м<sup>2</sup>. Повторність в дослідях для гібридів – 3-х разова. Розміщення ділянок – методом рендомізованих блоків.

Технологія вирощування загальноприйнята за виключенням елементів, які досліджувались. Попередником виступала озима пшениця. Після збирання попередника обробіток ґрунту складався із луцення стерні важкими боронами БДТ-7 та оранки плугом ПНЯ-5-40 в агрегаті із трактором ХТЗ-121. Для передпосівного обробітку ґрунту використовували культиватор типу КПС-4 в агрегаті із зубовими боронами типу БЗТСС-1. Сівбу проводили сівалкою СУПН-8 оновленою, із нормою висіву 75 тис. шт. насінин на гектар.

В дослідженнях використовували гібриди вітчизняної селекції (Харківський 195МВ та Переяславський 230СВ) та компанії *Байєр* «Монсанто» ДКС 2870, ДКС 2960, ДКС 2949, ДКС 2787, ДКС 2971, ДКС 3476, ДКС 3795, ДКС 3472, ДКС 3420, ДКС 3871, ДК 391, ДКС 3511, ДК 440, ДКС 4964, ДКС 4626, ДК 315, ДКС 4082 як найбільш продуктивні із трьох груп стиглості – ранньостиглої, середньостиглої та середньоранньої.

Строки сівби гібридів кукурудзи встановлювали відповідно до температури ґрунту на глибині 10 см [14].

У фазі 5 справжніх листків кукурудзи застосовувався після сходовий гербіцид системної дії Мелагро (д. р. нікосульфурон) для боротьби із однорічними і багаторічними злаковими бур'янами у нормі 1,25 л/га. Обприскування дослідних ділянок проводили уранці або ввечері при швидкості вітру до 4-5 м/с, не допускаючи знесення препарату, ранцевим оприскувачем.

З метою вивчення впливу маси фракції та глибини загортання насіння в ґрунт на ріст і розвиток рослин кукурудзи було проведено ряд досліджень. У межах порівнюваних гібридів були виділені три відмінні за масою фракції насіння, яке висівалося на глибину 4-5, 7-8 та 10-11 см. Позакореневі підживлення проводили у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи мікродобрива Росток кукурудза та Еколист Моно Цинк, регулятор росту рослин Вимпел та бактеріальний препарат Біомаг. Визначення вмісту крохмалю проводили за допомогою поляриметра – А (виробник CARL ZEISS JENA, Німеччина) із точністю 0,1 % згідно вимог ДСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» 25.07.2003 №250. Поляриметричний метод базується на здатності розчинів цукрів обертати площину поляризації поляризованого світла. Вихід біоетанолу із зерна розраховували як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, що отримують з тони вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродіння:  $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$ .

Із 100 кг гексоз утворюється 51,14 кг безводного етанолу і 48,86 кг діоксиду вуглецю. При відносній густоті етанолу  $d_{20}^4 = 0,78927$  його теоретичний вихід становить 64,79 л [15].

Дослідні дані оброблялись дисперсійним, кореляційним і регресійним методами аналізу за Б.А. Доспеховим (1985) на персональному комп'ютері із використанням спеціальних прикладних програм для Windows – 2003/2010: Excel-7.0, Mathcad 2000.

**Виклад основного матеріалу.** Вихід біоетанолу з сировини зазвичай розраховують як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, отримують з тони зброджуваних вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродіння:  $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$ . За відносній густоти етанолу  $d_{20}^4 = 0,78927$  його теоретичний вихід становить 54,79 л [15].

Дослідженнями встановлено залежність виходу біоетанолу від груп стиглості гібридів, їх сортових особливостей, елементів технології (строків сівби, позакореневих підживлень та глибини загортання насіння і розмірів його фракції) (табл. 3). Вихід біоетанолу в групі ранньостиглих гібридів становив 3,131 тис. л/га, середньоранніх – 3,551 тис. л/га та середньостиглих – 4,139 тис. л/га ( $НІР_{05}$  група стиглості = 0,09 тис. л/га), тобто використання середньостиглих гібридів кукурудзи забезпечує додатковий вихід цього біопалива 0,588-1,008 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами.

Використання таких гібридів ранньостиглої групи як ДКС 2971, ДКС 2960, ДКС 2787, середньоранньої групи ДКС 3472, ДКС 3420, ДКС 3476 та

середньостиглої групи ДКС 4964, ДК 315, ДКС 4626 та ДК 440 дозволить істотно збільшити вихід біоетанолу із одиниці площі.

Таблиця 3

**Вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від строку сівби, тис. л/га  
(за 2011-2013 рр.)**

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строки сівби (С)	Роки досліджень			середнє
			2011	2012	2013	
1	2	3	4	5	6	7
Ранньостигла група	Харківський 195МВ	Ранній (РТГ* t=+8°C)	3,763	3,092	3,386	3,414
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,529	2,891	3,275	3,232
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,003	2,390	2,741	2,711
	ДКС 2870	Ранній (РТГ* t=+8°C)	3,780	3,242	3,507	3,510
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,257	2,817	3,508	3,194
		Пізній (РТГ t=+12°C)	2,966	2,439	2,566	2,657
	ДКС 2960	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,290	3,012	3,439	3,580
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,592	2,776	3,502	3,290
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,142	2,450	3,081	2,891
	ДКС 2949	Ранній (РТГ* t=+8°C)	3,526	2,700	3,291	3,172
		Середній (РТГ t=+10°C)	2,932	2,451	2,835	2,739
		Пізній (РТГ t=+12°C)	2,625	1,966	2,824	2,472
	ДКС 2787	Ранній (РТГ* t=+8°C)	3,745	3,110	3,480	3,445
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,429	2,876	3,392	3,232
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,217	2,352	3,236	2,935
	ДКС 2971 (st)	Ранній (РТГ* t=+8°C)	3,845	2,965	3,503	3,438
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,784	2,959	3,468	3,404
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,524	2,483	3,142	3,050
Середньорання група	ДКС 3476	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,128	3,387	4,025	3,847
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,213	3,005	3,912	3,710
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,346	2,491	3,632	3,156
	ДКС 3795	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,486	3,335	4,315	4,045
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,661	3,007	3,850	3,506
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,339	2,150	3,203	2,897
	ДКС 3472	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,505	3,616	4,440	4,187
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,147	3,507	3,968	3,874
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,630	2,850	3,642	3,374
	ДКС 3420	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,518	3,363	4,362	4,081
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,736	3,024	3,696	3,485
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,397	2,457	3,646	3,167
	Переяславський 230СВ	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,353	3,326	3,661	3,780
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,560	3,297	3,410	3,422
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,281	2,243	3,354	2,959
	ДКС 3871 (st)	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,124	3,326	4,004	3,818
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,736	3,017	3,697	3,483
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,185	2,604	3,593	3,127

продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
Середньостигла група	DK 391	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,863	4,067	4,372	4,434
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,150	3,373	3,946	3,823
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,903	3,072	3,799	3,591
	DKC 3511	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,400	3,783	4,560	4,248
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,080	3,924	4,186	4,063
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,749	2,933	3,953	3,545
	DK 440	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,552	4,501	4,392	4,482
		Середній (РТГ t=+10°C)	3,965	4,105	4,275	4,115
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,740	3,695	3,992	3,809
	DKC 4964	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,792	4,688	4,848	4,776
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,811	4,182	4,444	4,479
		Пізній (РТГ t=+12°C)	4,267	3,667	3,896	3,943
	DKC 4626	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,560	4,458	4,918	4,645
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,186	4,085	4,109	4,127
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,814	3,640	3,953	3,802
DK 315 (st)	Ранній (РТГ* t=+8°C)	5,454	3,771	5,088	4,771	
	Середній (РТГ t=+10°C)	4,276	3,462	4,515	4,084	
	Пізній (РТГ t=+12°C)	3,961	3,155	4,202	3,773	
НІР <sub>05</sub> група стиглості			0,07	0,03	0,05	-
НІР <sub>05</sub> гібрид			0,14	0,07	0,11	-
НІР <sub>05</sub> строки сівби*			0,07	0,05	0,06	-

*Примітка:* РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння  
Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Запізнення із строками сівби гібридів кукурудзи призводить до зменшення виходу біоетанолу (НІР<sub>05</sub> строки сівби = 0,09 тис. л/га) на 0,640-0,847 тис. л/га порівняно з раннім строком сівби. Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів складав 3,903 тис. л/га, середньоранніх – 4,495 тис. л/га та середньостиглих – 5,097 тис. л/га (НІР<sub>05</sub> група стиглості = 0,11 тис. л/га). Використання гібридів кукурудзи із тривалим вегетаційним періодом забезпечує підвищення виходу біоетанолу на 0,602-1,194 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами. Використання таких гібридів як DKC 2960, DKC 3472 та DKC 3420, DKC 4964 і DK 315 дозволить збільшити вихід біоетанолу на 0,462-0,629 тис. л/га (НІР<sub>05</sub> гібрид = 0,93 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечили зростання виходу біоетанолу, яке в середньому за три роки досліджень становило 0,1-1,04 тис. л/га (НІР<sub>05</sub> підживлення = 0,35 тис. л/га) відносно контролю (підживлення водою). Зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становила 0,10-0,65 тис. л/га, а за дворазового позакореневого підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою (НІР<sub>05</sub> кількість підживлень = 0,36 тис. л/га).

Дослідженнями проведеними впродовж 2015-2017 рр. встановлено, що вихід біоетанолу істотно залежав від умов року. У 2015 році, який видався досить посушливим вихід біоетанолу, в середньому, у досліджуваних гібридів кукурудзи склав 3,622 тис л/га, в 2016 році – 4,494 тис. л/га, а в 2017 році – 4,230 тис. л/га. Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів становив 3,365 тис. л/га,

середньоранніх – 4,096 тис. л/га та середньостиглих – 4,885 тис. л/га (НІР<sub>05</sub> група стиглості = 0,21 тис. л/га). Використання середньостиглих гібридів кукурудзи дозволить підвищити вихід біоетанолу із одиниці площі на 0,789-1,520 тис. л/га. Правильний вибір гібриду, навіть в межах однієї групи стиглості, дозволить підвищити вихід біоетанолу із одиниці площі на 0,301-0,404 тис. л/га (НІР<sub>05</sub> гібрид = 0,48 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечили зростання виходу біоетанолу із одиниці площі в середньому на 0,13-0,90 тис. л/га, порівняно з контролем – підживлення водою (НІР<sub>05</sub> підживлення = 0,44 тис. л/га). Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи сприяє збільшенню виходу біоетанолу із одиниці площі на 0,13-0,71 тис. л/га, а дворазове підживлень у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – на 0,38-0,90 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою (НІР<sub>05</sub> кількість підживлень = 0,29 тис. л/га). Найвищий вихід біоетанолу одержано за дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг, зростання якого в середньому за три роки склало 0,72-0,90 тис. л/га відносно контролю (підживлення водою). У групі ранньостиглих гібридів орієнтовний вихід біоетанолу (НІР<sub>05</sub> група стиглості = 0,124 тис. л/га) (табл. 4), в середньому протягом років досліджень склав – 3,22 тис. л/га, середньоранніх – 3,70 тис. л/га та середньостиглих – 4,13 тис. л/га.

Таблиця 4

**Теоретичний вихід біоетанолу із посіву кукурудзи залежно від елементів технології вирощування та факторів вегетації, тис. л /га, (2014-2016 рр.)**

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загорання насіння (D)		
			4-5 см	7-8 см	10-11 см
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M* (187 г)	3,041	3,048	2,836
		S** (238 г)	3,391	3,421	3,358
		V*** (277 г)	3,395	3,383	3,478
	DKC 2971	M* (194 г)	3,052	3,000	2,774
		S** (256 г)	3,295	3,278	3,263
		V*** (279 г)	3,345	3,343	3,300
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M* (249 г)	3,684	3,620	3,517
		S** (326 г)	3,989	3,975	3,975
		V*** (385 г)	3,918	3,958	3,888
	DKC 3795	M* (166 г)	3,377	3,328	3,166
		S** (207 г)	3,745	3,570	3,636
		V*** (287 г)	3,806	3,713	3,775
Середньостиглі гібриди	DK 315	M* (223 г)	3,890	3,875	3,714
		S** (294 г)	4,160	4,260	4,234
		V*** (327 г)	4,267	4,366	4,260
	DKC 4082	M* (172 г)	3,836	3,819	3,688
		S** (227 г)	4,195	4,447	4,453
		V*** (278 г)	4,149	4,410	4,382
Сума значення фактора			66,535	66,814	65,697
Середнє за фактором			3,696	3,712	3,650

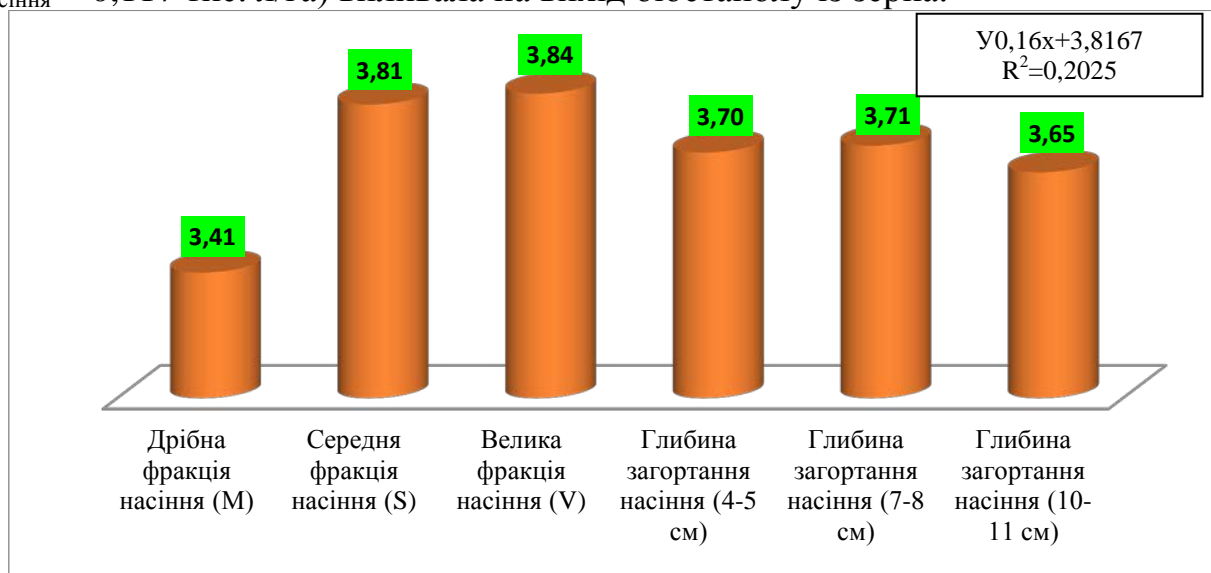
**Примітки:** \* – дрібна фракція насіння; \*\* – середня фракція насіння; \*\*\* – велика фракція насіння  
Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

За роками досліджень орієнтовний вихід біоетанолу змінювався залежно від умов року. У середньому, в досліджуваних гібридів, за 2014 рік він склав 3,70 тис. л/га, за 2015 рік – 3,34 тис. л/га та в 2016 році – 4,01 тис. л/га.

Найбільш сприятливий рік для даного показника за вологозабезпеченням та температурними показниками був 2016 рік.

На орієнтовний вихід біоетанолу впливала фракція насіння ( $НІР_{05}$  фракція насіння = 0,306 тис. л/га). Зокрема вихід біоетанолу за сівби насінням дрібної фракції, в середньому за три роки досліджень коливався в межах 2,94-3,78 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л/га, за сівби насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л/га або в середньому для фракції 3,81, а за сівби насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л/га або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га (рис. 1).

Глибина загортання насіння кукурудзи неоднозначно ( $НІР_{05}$  глибина загортання насіння = 0,117 тис. л/га) впливала на вихід біоетанолу із зерна.



**Рис. 1. Орієнтовний вихід біоетанолу із одиниці площі посіву гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування, тис. л /га (середнє за 2014-2016 рр.)**

*Джерело: сформовано на основі власних досліджень.*

Так, використання не глибокого (4-5 см) загортання насіння сприяло виходу біоетанолу, в середньому за три роки, в межах 3,23-4,11 тис. л/га, або в середньому для даної глибини 3,697 тис. л/га, за використання середньої (7-8 см) глибини загортання – 3,21-4,23 тис. л/га, або в середньому – 3,713 тис. л/га, а за використання глибокого (10-11 см) загортання – 3,11-4,17 тис. л/га, або в середньому – 3,648 тис. л/га. Тобто збільшення глибини загортання насіння призводить до зменшення виходу біоетанолу із одиниці посіву.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Встановлено зростання виходу біоетанолу із одиниці площі у гібридів ДКС 2870, Харківський 195МВ та ДКС 2971 ранньостиглої групи, ДКС 3420, ДКС 3476 та ДКС 3795 середньоранньої групи, ДКС 4964, ДКС 3511 та ДК 440 середньостиглої групи.

Використання даних гібридів дозволить збільшити вихід біоетанолу на 0,462-0,629 тис. л/га. Застосування пізніх строків сівби сприяє зменшенню виходу біоетанолу на 0,640-0,847 тис. л/га порівняно з раннім строком сівби за рахунок скорочення рівня урожайності при запізненні із сівбою. Позакореневі підживлення сприяли збільшенню виходу біоетанолу на 0,1-1,04 тис. л/га порівняно з контролем (без позакореневих підживлень). Зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становило 0,10-0,65 тис. л/га, а дворазового підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га відносно контролю. За дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг, зростання виходу біоетанолу склало 0,72-0,90 тис. л/га, а вмісту крохмалю на 1,18-1,85 % порівняно з контролем. Вихід біоетанолу за сівби насінням дрібної фракції, в середньому за три роки досліджень коливався в межах 2,94-3,78 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л/га, за сівби насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л/га або в середньому для фракції 3,81, а за сівби насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л/га або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га. Глибина загорання насіння кукурудзи неоднозначно впливала на вихід біоетанолу із зерна, зокрема збільшення глибини загорання насіння призводить до зменшення виходу біоетанолу із одиниці посіву.

### Список використаної літератури

1. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія. К.: Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.
2. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.
3. Паламарчук В.Д. Вплив глибини загорання та фракції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №2. С. 55-65.
4. Прутська О. О. Державне регулювання розвитку ринку біопалива в Україні. *Вісник Запорізького аграрного університету*. 2010. №1. С. 179-182.
5. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. №3. С. 162-163.
6. Vitalii Palamarchuk, Inna Honcharuk, Tetiana Honcharuk, Natalia Telekalo. Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, Volume 8, Issue 3. 8(3), 47–53.
7. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. №1. С. 44-47.
8. Facts on health and the environment. Biofuel yields for different feedstocks . URL: <http://www.greenfacts.org/en/biofuels/figtableboxes/biofuel-yields-countries.htm>.
9. Перспективи розвитку ринку біоетанолу в Україні. URL: [http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister\\_bioethanol\\_1.pdf](http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf).

10. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013., Т. 45. № 1. С. 3-20.
11. Кернасюк Ю. Ринок кукурудзи: основні тренди. Агробізнес сьогодні. К.: Імпрес-контакт, 2018. №19(жовт.). С. 12-14.
12. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: *Підручник*. 2013. 636 с.
13. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. [та ін.]. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
14. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.
15. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк І.П., Дубровін В.О., Ємець А.І., Забарний Г.М., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Циганков С.П. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.

#### Список використаної літератури у транслітерації /References

1. Kaletnik G.M. (2010). Biofuels. Food, energy and ecological security of Ukraine: monograph. [*Food, energy and ecological security of Ukraine: monograph*]. 516 p. [in Ukrainian].
2. Nagy Janos. (2012). Corn. [Corn]. Vinnytsia. [in Ukrainian].
3. Palamarchuk V.D. (2018). Vplyv hlybiny zahortannia ta fraktsii nasinnia na vmist krokhmalu u zerni kukurudzy ta vykhid bioetanolu. [*Influence of wrapping depth and seed fraction on starch content in corn grain and bioethanol yield*]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2. 55-65. [in Ukrainian].
4. Prutska O. O. (2010). Derzhavne rehuliuвання rozvytku rynku biopalyva v Ukraini. [*State regulation of biofuel market development in Ukraine*]. Visnyk Zaporizhskoho ahrarnoho universytetu – *Bulletin of Zaporizhia Agrarian University*. 1. 179-182. [in Ukrainian].
5. Kamenshchuk B.D. (2013). Otsinka hibrydiv kukurudzy na prydatnist do vyrobnytstva bioetanolu. [*Evaluation of maize hybrids for suitability for bioethanol production*]. Ahronom – *Agronomist*. 3. 162-163. [in Ukrainian].
6. Palamarchuk, V., Honcharuk, I. & Honcharuk, T. et al. (2018). Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(3), 47-53 [In English].
7. Dudka T.V. (2012). Dotsilnist otrymannia bioetanolu iz zerna kukurudzy. [*Expediency of obtaining bioethanol from corn grain*]. Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – *Variety research and protection of plant variety rights*. 1. 44-47. [in Ukrainian].



8. Facts on health and the environment. Biofuel yields for different feedstocks. URL: <http://www.greenfacts.org/en/biofuels/figtableboxes/biofuel-yields-countries.htm>. [In English].

9. Perspektyvy rozvytku rynku bioetanolu v Ukraini. [*Prospects for the development of the bioethanol market in Ukraine*]. URL: [http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister\\_bioethanol\\_1.pdf](http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf). [in Ukrainian].

10. Rybalka O.I., Chervonis M.V., Morhun B.V., Pochynok V.M., Polishchuk S.S. (2013). Henetychni ta selektsiini kryterii stvorennia sortiv zernovykh kultur spyrto-dystyliatnoho napriamu tekhnolohichnoho vykorystannia zerna. [*Genetic and selection criteria for the creation of varieties of grain crops of alcohol-distillate direction of technological use of grain*]. *Fyziolohiya y byokhymyia kult. Rastenyi – Physiology and biochemistry of cultivated plants*. 45. 1. 3-20. [in Ukrainian].

11. Kernasiuk Yu. (2018). Rynok kukurudzy: osnovni trendy. [*Corn market: main trends*]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*. 19. 12-14. [in Ukrainian].

12. Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S. & Yermakova, L.M. et al. (2013). *Biolojiia ta ekolojiia silskohospodarskykh Roslyn [Biology and ecology of agricultural plants]*. Vinnytsia: FOP Danyliuk [in Ukrainian].

13. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S. & Pashchenko, Yu. M. (et al.) (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Method of conducting field experiments with corn]*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].

14. Palamarchuk V.D., Didur I.M., Kolisnyk O.M., Aliksieiev O.O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannia vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. [*Aspects of modern technology of growing high-starch corn in the right-bank Forest-steppe*]. Vinnytsia: Vydavnytstvo «Druk». [in Ukrainian].

15. Blium Ya.B., Heletukha H.H., Hryhoriuk I.P., Dubrovin V.O., Yemets A.I., Zabarnyi H.M., Kaletnik H.M., Melnychuk M.D., Myronenko V.H., Rakhmetov D.B., Tsyhankov S.P. (2010). *Novitni tekhnolohii bioenerhokonversii: Monohrafiia. [The latest technologies of bioenergy conversion: Monograph]*. K.: «Ahrar Media Hrup». [in Ukrainian].

## **АННОТАЦИЯ** **ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ДЛЯ** **ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА**

В статье приведены результаты изучения производства биоэтанола из зерна кукурузы. Исследованиями предполагалось изучение влияния элементов технологии выращивания и факторов вегетации на выход биоэтанола из зерна.

Полевые опыты проводились в течение 2011-2017 гг. на опытном поле кафедры растениеводства, селекции и биоэнергетических культур ГП ОХ «Корделевка» Института картофелеводства НААНУ ВНАУ. Почвы опытного участка черноземы глубокие средне-суглинистые на лессе, содержание гумуса в пахотном слое составляло 4,60%. Полевые опыты закладывали в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Методике полевых опытов с кукурузой». Климатические условия 2011-2017 годов были благоприятными для роста и развития кукурузы, а в 2012 и 2015 году характеризовались лимитирующим

фактором – влажністю, що в кінцевому підсумку впливало на продуктивність гібридів кукурузи. Вихід біоетанола з сировини розраховували як вихід етанолу - його кількість, отриманого з тонни сброжених вуглеводів в перерахунок на крохмал. Дослідженнями встановлено, що використання таких гібридів ранньозрілої групи як DKS 2971, DKS 2960, DKS 2787, середньозрілої групи DKS 3472, DKS 3420, DKS 3476 і середньозрілої групи DKS 4964, DK 315, DKS 4626 і DK 440 дозволить суттєво збільшити вихід біоетанола з одиниць площі. Затримка з термінами посіву гібридів кукурузи призводить до зменшення виходу біоетанола на 0,640-0,847 тис. л / га. Внекорневі підгодівки забезпечили зростання виходу біоетанола, яке в середньому становило 0,1-1,04 тис. л / га порівняно з контролем (підгодівка водою), зростання виходу біоетанола при однократній внекорневій підгодівці становило 0,10-0,65 тис. л / га, а при двократній внекорневій підгодівці - 0,30-1,04 тис. л / га порівняно з контролем. Найвищий вихід біоетанола отримано за двократнього внесення мікроудобрень Еколіст Моно Цинк в поєднанні з бактеріальним препаратом Біомаг, зростання якого в середньому становило 0,72-0,90 тис. л / га порівняно з контролем.

В 2015 році, який виявився досить посушливим вихід біоетанола, в середньому, в досліджуваних гібридах кукурузи становив 3,622 тис л / га, в 2016 році – 4,494 тис. л / га, а в 2017 році – 4,230 тис. л / га. Вихід біоетанола в групі ранньозрілих гібридів становив 3,365 тис. л / га, середньозрілі – 4,096 тис. л / га і середньозрілі – 4,885 тис. л / га. Вихід біоетанола при посіві насінням дрібної фракції, в середньому коливався в межах 2,94-3,78 тис. л / га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л / га, при посіві насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л / га або в середньому для фракції 3,81, а при посіві насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л / га або в середньому для фракції 3,84 тис. л / га. Глибина заделки насіння кукурузи неоднозначно впливала на вихід біоетанола з зерна, тобто збільшення глибини заделки насіння призводить до зменшення виходу біоетанола з одиниць посіву.

Отже, встановлено суттєве вплив досліджуваних елементів технології і факторів вегетації на вихід біоетанола в гібридах кукурузи різних груп зрілості.

**Ключові слова:** кукуруза, біоетанол, сировина, зерно, гібрид, продуктивність, крохмал, мікроелементи.

**Табл. 4. Рис. 1. Лит. 15.**

## ANNOTATION PROSPECTS OF GROWING CORN FOR GRAIN FOR BIOETHANOL PRODUCTION

The article presents the results of studying the production of bioethanol from corn grain. The research was supposed to study the influence of elements of cultivation technology and vegetation factors on the yield of bioethanol from grain. Field researches were carried out during 2011-2017. on the experimental field of the Department of Plant Growing, Breeding and Bioenergetic Crops of the State Enterprise "Kordelivka" of the Institute of Potato Growing of the NAANU VNAU. The soils of the experimental plot are deep, medium-loamy black soil on loess, the humus content in the arable layer was 4.60%. Field experiments were laid in accordance with the recommendations set out in the "Methodology for field experiments with corn." The climatic conditions of 2011-2017 were favorable for the growth and development of corn, and in 2012 and 2015 were characterized by the limiting factor - humidity, which ultimately affected the productivity of the corn hybrids. The yield of bioethanol from raw materials was calculated as the yield of ethanol - its amount obtained from a ton of fermented carbohydrates in terms of starch. Research has established that the use of such hybrids of the early maturing group as DKS 2971, DKS 2960, DKS 2787, the mid-early group DKS 3472, DKS 3420, DKS 3476 and the mid-ripening group DKS 4964, DK 315, DKS 4626 and DK 440 will significantly increase the yield of bioethanol per unit

area. A delay in sowing corn hybrids leads to a decrease in the yield of bioethanol by 0.640-0.847 thousand l / ha. Foliage fertilizing provided an increase in bioethanol yield, which averaged 0.1-1.04 thousand l / ha relative to control (water feeding), the growth of bioethanol yield with a single foliar top dressing was 0.10-0.65 thousand l / ha, and with double foliar feeding - 0.30-1.04 thousand l / ha in comparison with the control. The highest bioethanol yield was obtained for a double application of Ecolist Mono Zinc microfertilizer in combination with the bacterial preparation Biomag, the growth of which averaged 0.72-0.90 thousand l / ha relative to the control. In 2015, which turned out to be quite arid, the yield of bioethanol, on average, in the studied corn hybrids was 3.622 thousand l / ha, in 2016 - 4.494 thousand l / ha, and in 2017 - 4.230 thousand l / ha. The yield of bioethanol in the group of early-maturing hybrids was 3.365 thousand l / ha, medium-early - 4.096 thousand l / ha and mid-season - 4.885 thousand l / ha. The yield of bioethanol when sowing with seeds of a fine fraction, on average, fluctuated within 2.94-3.78 thousand l / ha, or on average for a fraction of 3.41 thousand l / ha, when sowing with seeds of an average fraction - 3.28- 4.36 thousand l / ha, or on average for a fraction of 3.81, and when sowing with seeds of a coarse fraction - 3.33-4.31 thousand l / ha, or on average for a fraction of 3.84 thousand l / ha. The seeding depth of corn seeds had an ambiguous effect on the yield of bioethanol from the grain, that is, an increase in the seeding depth leads to a decrease in the yield of bioethanol from the sowing unit. So, a significant influence of the studied elements of technology and vegetation factors on the yield of bioethanol in corn hybrids of different ripeness groups has been established.

**Key words:** corn, bioethanol, raw materials, grain, hybrid, productivity, starch, microelements.

**Tab. 4. Fig. 1. Lit. 15.**

### Інформація про авторів

**Паламарчук Віталій Дмитрович** – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур, Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: vd-palamarchuk@ukr.net).

**Телекало Наталя Валеріївна** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: nataliiatelekal@gmail.com).

**Паламарчук Віталій Дмитрович** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и биоэнергетических культур Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3 email: vd-palamarchuk@ukr.net).

**Телекало Наталья Валерьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и биоэнергетических культур Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, e-mail: nataliiatelekal@gmail.com).

**Palamarchuk Vitalii** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Production, Selection and Bioenergetic cultures (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: vd-palamarchuk@ukr.net).

**Telekalo Nataliy** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Production, Selection and Bioenergetic cultures (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: nataliiatelekal@gmail.com).