

DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-10

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.15:631.527.5:519.86

**ВПЛИВ СПОСОБІВ СІВБИ НА ВМІСТ КРОХМАЛЮ ТА БІЛКУ
В ЗЕРНІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ****М. В. Степаненко**

Білоцерківський національний
аграрний університет
Соборна площа, 8/1, Біла Церква,
Київська обл., 09117

Про авторів:

Микола СТЕПАНЕНКО,
здобувач
ORCID: 0000-0002-1286-4151

Для листування:

Микола СТЕПАНЕНКО
e-mail:
mykola.Stepanenko@syngenta.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

6 жовтня 2023 р.

Погоджено до друку:

24 жовтня 2023 р.

В статті представлені результати вивчення впливу способів сівби, кліматичних умов та біологічних особливостей гібрида на характеристику хімічного складу зерна у гібридів кукурудзи різних груп стиглості та можливості їх перероблення на біоетанол. Застосовували польовий, лабораторний, статистичний. В дослідженнях вивчали вплив двох факторів: фактор А гібриди кукурудзи різних груп стиглості (СИ Талісман (ФАО 200), СИ Фотон (ФАО 260), НК Термо (ФАО 330), СИ Зефір (ФАО 430)) та фактор В спосіб сівби (70 см (контроль); 20,3 × 76,2 см; 20,3 × 91,4 см; 20,3 × 96,5 см) на хімічний склад зерна. Облікова площа ділянок становила 38,6 м². Повторність триразова.

Проведеними дослідженнями встановлений вплив біологічних особливостей конкретного гібрида, кліматичних чинників та способів сівби на формування хімічного складу зерна, зокрема і вмісту крохмалю та білку. Встановлений антагоністичну залежність за кількістю крохмалю та білку у зерні одного гібриду. Встановлено, що в більш посушливий зі значними температурними показниками 2022 рік спостерігалось зменшення вмісту крохмалю (69,3 %) у досліджуваних гібридів кукурудзи незалежно від досліджуваних факторів вегетації та способів сівби, порівняно із 2021 роком який виявився більш сприятливим за кліматичними умовами – 69,9 %. Найвищий вміст крохмалю для ранньостиглого та середньораннього гібрида кукурудзи встановлено на варіанті де сівбу проводили за схемою 20,3 × 91,4 см – СИ Талісман (ФАО 200) – 68,5 % та СИ Фотон (ФАО 260) – 71,3 %. Для гібридів середньостиглої та середньопізньої групи найвищий вміст крохмалю відмічений для схеми 20,3 × 96,5 см – НК Термо (ФАО 330) – 70,4 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 69,4 %.

Найвищий вміст білка встановлено на контрольному варіанті із широкорядним способом сівби із шириною міжрядь 70 см у гібриду СИ Талісман (ФАО 200) – 9,32 %, СИ Фотон (ФАО 260) – 9,62 %, НК Термо (ФАО 330) – 11,02 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 10,29 %.

Ключові слова: хімічний склад, білок, біоетанол, крохмаль, зерно, способи сівби, гібрид, група стиглості, площа живлення.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Степаненко М. В., 2023

Influence of sowing methods on starch and protein content in the grain of corn hybrids

Bila Tserkva national agrarian university
8/1 Soborna square, Bila Tserkva,
Kyiv region, 09117

About authors:

Mykola STEPANENKO
ORCID: 0000-0002-1286-4151

For corresponding:

Mykola STEPANENKO
e-mail:
mykola.Stepanenko@syngenta.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
October 6, 2023
Accepted:
October 24, 2023

The article presents the results of studying the influence of sowing methods, climatic conditions and biological characteristics of the hybrid on the characteristic of the chemical composition of grain in corn hybrids of different maturity groups and the possibility of their processing into bioethanol. Field, laboratory, and statistical methods were used. The research studied the effect of two factors: factor A – corn hybrids of different maturity groups (SY Talisman (FAO 200), SY Photon (FAO 260), NK Termo (FAO 330), SY Zefir (FAO 430)) and factor B – sowing method (70 cm (control); 20.3 × 76.2 cm; 20.3 × 91.4 cm; 20.3 × 96.5 cm) on the chemical composition of grain. The registered area of the plots was 38.6 m². The replication was three times.

The research has established the influence of biological characteristics of a particular hybrid, climatic factors and sowing methods on the formation of the chemical composition of grain, including starch and protein content. An antagonistic relationship was found between the amount of starch and protein in the grain of one hybrid. It was found that in the drier year of 2022 with significant temperature indicators, a decrease in starch content (69.3 %) was observed in the studied corn hybrids, regardless of the studied vegetation factors and sowing methods, compared to 2021, which was more favorable in terms of climatic conditions – 69.9 %. The highest starch content for early and medium early corn hybrids was found in the variant where sowing was carried out according to the scheme of 20.3 × 91.4 cm – SY Talisman (FAO 200) – 68.5 % and SY Photon (FAO 260) – 71.3 %. For the hybrids of the mid-season and mid-late groups, the highest starch content was observed for the 20.3 × 96.5 cm scheme – NK Termo (FAO 330) – 70.4 % and SY Zefir (FAO 430) – 69.4 %.

The highest protein content was found in the control variant with a wide-row sowing method with a row spacing of 70 cm in the hybrid SY Talisman (FAO 200) – 9.32 %, SY Photon (FAO 260) – 9.62 %, NK Termo (FAO 330) – 11.02 % and SY Zefir (FAO 430) – 10.29 %.

Keywords: chemical composition, protein, bioethanol, starch, grain, sowing methods, hybrid, maturity group, nutrition area.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Популяризація вирощування кукурудзи обумовлюється різноманітними напрямками її використання до яких долучилася можливість використання як сировину для отримання альтернативних видів палив (біоетанолу та біогазу). В умовах України площі вирощування кукурудзи були й залишаються значними та збільшення її урожайності дозволить частину урожаю використовувати як сировину для виробництва біопалив без створення проблем для продовольчої безпеки країни. Одним з основних елементів підвищення продуктивності гібридів кукурудзи є оптимізація сучасної технології вирощування

та окремих її елементів, зокрема і способів сівби та формування оптимальної площі живлення рослин. Це дозволить не лише підвищити урожайність, а й поліпшити якість урожаю, зокрема вміст крохмалю у зерні. У зв'язку із цим вивчення впливу способів сівби на вміст крохмалю у зерні є важливим та актуальним в умовах сучасного розвитку аграрної галузі.

Виробництву зерна в Україні приділяється велика увага, окрім того, зерно має характеризуватися відповідними параметрами щодо напрямів його використання. Для зерна кукурудзи важливе значення має вміст крохмалю у

зерні оскільки дозволяє переробляти його на біоетанол та збільшує вихід спирту [2, 17, 25, 31].

Кукурудза, як типовий представник групи зернових культур, має досить специфічні особливості які обумовлені генотипом рослин та умовами вирощування, а вивчення біохімічного складу зерна дозволяє встановити напрямок його перероблення [5, 14, 21, 29].

Згідно з даними ряду авторів хімічний склад зерна кукурудзи за оптимальних умов агротехніки, залежно від ґрунтово-кліматичних умов та гібриду, в середньому може становити: 11–14 % білку, 60–85 % крохмалю, 4,1–5,5 % жиру [1, 13, 14, 19]. Вуглеводи зерна кукурудзи представлені крохмалем, цукрами, клітковиною, геміцелюлозою та пентозанами [23].

Варто зазначити, що накопичення крохмалю в зерні має свої особливості, що стосуються утворення глюкози та фруктози у процесі фотосинтетичної діяльності та наступного перетворення на складніші вуглеводи (крохмаль) у генеративних органах (зерні). Звичайно, що у процесі дозрівання зерна кукурудзи вміст крохмалю зростає [3, 19, 24, 30].

Вирощування кукурудзи зосереджено в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, за використання основної продукції для продовольчих цілей, як корм [11] та виробництві альтернативних видів палива [23, 18, 19, 24].

У процесі перероблення на біоетанол кукурудзяний крохмаль, який знаходиться в зерні, перетворюється на цукор, який у процесі бродіння забезпечує утворення алкоголю (спирту), після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню [17, 20, 23].

Досвід західних країн показує важливість перероблення кукурудзи на біоетанол, зокрема у Сполучених Штатах Америки до 40 % урожаю кукурудзи, або 130 млн т щорічно переробляється на біоетанол, який використовується як добавка до високооктанових марок бензину [2, 23].

Перспективність використання

кукурудзи як сировину для виробництва біоетанолу обумовлюється високим вмістом вуглеводів (крохмалю) у зерні та виходом спирту, зокрема з однієї тони зерна кукурудзи можна отримати 325–470 л етанолу, тоді як з 1 т жита – 280–357, ячменю – 240–330, пшениці – 375–445 л [2, 23], соризу – 464 л, тритикале – 428 л [11, 28].

У гібридному відношенні для виробництва біоетанолу практичну цінність мають такі підвиди кукурудзи: крохмалистий із вмістом крохмалю 71,5–82,0 %, напівзубовидний – 66,9–74,2 %, зубовидний – 68,0–75,5 % і кременистий – 65,0–73,0 % [23].

Для України складаються перспективні умови, за умови зростання урожайності зерна кукурудзи, використання частини її урожайності для отримання біоетанолу, оскільки площа вирощування кукурудзи постійно зростає і станом на 2021 рік становила 5,39 млн, хоча у 2022 р. завдяки агресії Росії вона дещо зменшилась [23, 27].

Крім того, виробництво біоетанолу є досить прибутковим, оскільки вартість його в Україні складає 0,61 євро/л, а в Європі – 0,96 євро/л [3, 25, 26], що набагато нижче вартості бензину яка становить 1,2–1,6 євро/л.

Отже, аналіз огляду результатів наукових досліджень вказує на те що вміст крохмалю в зерні кукурудзи обумовлюється сортовими особливостями, елементами технології вирощування, ґрунтово-кліматичними умовами території та визначає можливість використання зерна кукурудзи для отримання біоетанолу. Тому дослідження особливостей формування біохімічної складової зерна кукурудзи залежно від особливостей гібрида, способів сівби та кліматичних умов є актуальними та необхідними для виробництва.

Метою роботи є вивчення впливу способів сівби, кліматичних умов та біологічних особливостей гібрида на характеристику хімічного складу зерна у кукурудзи різних груп стиглості та можливості їх перероблення на біоетанол.

Матеріал і методи. Дослідження

впливу способів сівби на вміст крохмалю у зерні проводились протягом 2021–2022 рр., в умовах дослідного поля науково-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету Київської області.

Кліматичні умови упродовж років досліджень характеризувалися суттєвою відмінністю. Зокрема у 2021 р. вони не істотно відрізнялись від багаторічних і були досить сприятливі для росту і розвитку гібридів кукурудзи. У 2022 р. спостерігався дефіцит вологи та незвично високі значення температурного режиму, що в кінцевому результаті негативно вплинуло на формування урожайності гібридів кукурудзи.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу у ґрунті становить 3,4 % гумусу, азоту, що легко гідролізується 85–115 мг/кг ґрунту (за методом Корнфільда), рухомих форм фосфору і калію відповідно 130–160 і 120–130 мг/кг ґрунту (за методом Чирикова). Валова забезпеченість сполуками P_2O_5 і K_2O є середньою – відповідно 0,05 і 1,41 %. Глибина гумусового горизонту складає 55–61 см, карбонати Ca і Mg концентруються на глибині 52–66 см. Гідролітична кислотність становить 1,4–1,8 мг-екв./100г ґрунту (за методом Капена).

У дослідженнях використовували загально визнані методики та методичні рекомендації Інституту зрошувального землеробства [4, 6, 15, 16].

Агротехніка вирощування кукурудзи – загально визнана для умов правобережного Лісостепу України, за виключенням факторів, які досліджувалися.

У першій декаді травня проводилась сівба гібридів кукурудзи за допомогою сівалки Great Plains (YP-825A-16TR), яка дозволяє проводити сівбу однорядковим способом та зі здвоєними рядками з міжряддям 76,2, 91,4, 96,5 або 101,6 см, з відстанню 20 см між рядками та 70 см між

центрами здвоєних рядків. У суміжних рядках рослини розміщується в шаховому порядку. Норма висіву 79 тис. насінин/га відстань між насінинами у ряду становить 33,3 см, що втричі збільшує зону живлення коренів рослин порівняно з традиційними міжряддями (70 см).

Дослідження включали вивчення двох факторів: фактор А гібриди кукурудзи різних груп стиглості (СИ Талісман (ФАО 200), СИ Фотон (ФАО 260), НК Термо (ФАО 330), СИ Зефір (ФАО 430)) та фактор В спосіб сівби (70 см (контроль); $20,3 \times 76,2$ см; $20,3 \times 91,4$ см; $20,3 \times 96,5$ см). Повторність триразова. Облікова площа ділянок становила 38,6 м².

Визначення вмісту крохмалю проводили в акредитованій Випробувальній лабораторії ДП «Київоблстандартметрологія» (м. Біла церква), за допомогою поляриметричного методу (за Еверсом). Даний метод використовується для зернових і круп'яних культур. Метод ґрунтується на перетворенні крохмалю в цукор безпосереднім гідролізом соляною кислотою та на здатності продуктів гідролізу повертати площину поляризації в певному напрямку й на певну величину [9, 10].

Уміст крохмалю в зерні кукурудзи на абсолютно суху речовину визначали із точністю до 0,01 % за формулою:

$$\text{Вміст крохмалю (\%)} = \frac{a \times K \times 100}{100 - b},$$

де: а – середній показник цукроміра; К – коефіцієнт Еверса (1,898) (залежить від виду крохмалю); b – гігроскопічна вода, % [9, 10].

Вміст білка також визначали у даній лабораторії методом К'ельдаля [7, 8].

Результати та обговорення. Вміст крохмалю це основний показник, який впливає на виробництво біоетанолу із зерна кукурудзи, відповідно чим він вищий, тим вищий вихід спирту отримується. Проведеними дослідженнями встановлена залежність вмісту крохмалю у зерні від генетичних особливостей гібридів, їх групи стиглості та способу сівби, або схеми розміщення рослин (табл. 1).

1. Вплив способів сівби на вміст крохмалю у зерні кукурудзи, % (за 2021–2022 рр.)

Гібрид (А)	Спосіб сівби	Вміст крохмалю		
		2021 р.	2022 р.	середнє за 2021–2022 рр.
СИ Талісман (ФАО 200)	70 см (контроль)	68,3	67,5	67,9
	20,3 × 76,2 см	68,3	67,8	68,1
	20,3 × 91,4 см	68,7	68,3	68,5
	20,3 × 96,5 см	68,5	68,0	68,3
СИ Фотон (ФАО 260)	70 см (контроль)	71,0	70,4	70,7
	20,3 × 76,2 см	71,2	70,8	71,0
	20,3 × 91,4 см	71,5	71,0	71,3
	20,3 × 96,5 см	71,4	70,9	71,2
НК Термо (ФАО 330)	70 см (контроль)	70,1	69,5	69,8
	20,3 × 76,2 см	70,2	69,8	70,0
	20,3 × 91,4 см	70,3	69,8	70,1
	20,3 × 96,5 см	70,8	70,0	70,4
СИ Зефір (ФАО 430)	70 см (контроль)	69,2	68,5	68,9
	20,3 × 76,2 см	69,4	68,7	69,1
	20,3 × 91,4 см	69,5	68,8	69,2
	20,3 × 96,5 см	69,7	69,1	69,4

З даних таблиці 1 видно, що вміст крохмалю істотно змінювався залежно від генетичних особливостей гібрида кукурудзи. Зокрема, у середньому за два роки, вміст крохмалю у ранньостиглого гібрида СИ Талісман (ФАО 200) складав 68,2 %, середньораннього СИ Фотон (ФАО 260) – 71,0 %, середньостиглого НК Термо (ФАО 330) – 70,1 % та середньопізнього СИ Зефір (ФАО 430) – 69,1 %. Отже, найвищий вміст крохмалю у зерні (71,0 %) відмічено у середньораннього СИ Фотон (ФАО 260).

Найвищий вміст крохмалю, залежно від способів сівби, для ранньостиглого та середньораннього гібрида встановлено на варіанті де сівбу проводили за схемою 20,3 × 91,4 см – СИ Талісман (ФАО 200) – 68,5 % та СИ Фотон (ФАО 260) – 71,3 %.

Для гібридів середньостиглої та середньопізньої групи найвищий вміст крохмалю відмічений для схеми 20,3 × 96,5 см – НК Термо (ФАО 330) – 70,4 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 69,4 %.

Отже, прослідковується закономірність поліпшення площі живлення шляхом способу сівби для гібридів із подовженим вегетаційним періодом сприяє збільшенню вмісту

крохмалю у зерні.

Варто також зазначити, що вміст крохмалю змінювався відповідно до кліматичних умов року досліджень, зокрема у 2021 р. в середньому в досліджуваних гібридів він склав – 69,9 %, а у 2022 р. який виявився в період вегетації кукурудзи більш стресовим за вологозабезпеченням вміст крохмалю зменшився і становив 69,3 %.

У хімічному складі зерна кукурудзи існує антагоністична залежність між вмістом крохмалю та білку, тобто якщо зростає вміст однієї речовини, то вміст іншої зменшується [12, 19, 23, 24].

Характеристику досліджуваних гібридів кукурудзи за вмістом сирого протеїну залежно від способів сівби приведено в таблиці 2.

З даних таблиці 2 видно, що вміст сирого протеїну білка виявився найвищим, у середньому за два роки досліджень, в середньостиглого гібрида НК Термо (ФАО 330) – 10,9 %. Тоді як в інших гібридів він становив СИ Талісман (ФАО 200) – 9,2 %, СИ Фотон (ФАО 260) – 9,5 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 10,1 %.

2. Вплив способів сівби на вміст сирого протеїну в зерні кукурудзи, % (за 2021–2022 рр.)

Гібрид (А)	Спосіб сівби	Вміст сирого протеїну		
		2021 р.	2022 р.	середнє за 2021–2022 рр.
СИ Талісман (ФАО 200)	70 см (контроль)	9,18	9,46	9,32
	20,3 × 76,2 см	9,18	9,33	9,26
	20,3 × 91,4 см	9,05	9,22	9,14
	20,3 × 96,5 см	9,06	9,23	9,15
СИ Фотон (ФАО 260)	70 см (контроль)	9,36	9,88	9,62
	20,3 × 76,2 см	9,32	9,81	9,57
	20,3 × 91,4 см	9,12	9,56	9,34
	20,3 × 96,5 см	9,24	9,74	9,49
НК Термо (ФАО 330)	70 см (контроль)	10,71	11,32	11,02
	20,3 × 76,2 см	10,64	11,28	10,96
	20,3 × 91,4 см	10,45	11,20	10,83
	20,3 × 96,5 см	10,36	10,98	10,67
СИ Зефір (ФАО 430)	70 см (контроль)	10,02	10,56	10,29
	20,3 × 76,2 см	9,89	10,35	10,12
	20,3 × 91,4 см	9,78	10,34	10,06
	20,3 × 96,5 см	9,39	10,08	9,74

Найвищий вміст білка встановлено на контрольному варіанті із широкорядним способом сівби із шириною міжрядь 70 см у гібриду СИ Талісман (ФАО 200) – 9,32 %, СИ Фотон (ФАО 260) – 9,62 %, НК Термо (ФАО 330) – 11,02 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 10,29 %. Водночас найменший рівень вмісту білка у зерні кукурудзи встановлено у ранньостиглого гібрида кукурудзи СИ Талісман (ФАО 200) та середньораннього СИ Фотон (ФАО 260) на варіанті із схемою сівби 20,3 × 91,4 см – 9,14 % та 9,34 %, відповідно. У середньостиглого гібрида кукурудзи НК Термо (ФАО 330) та середньопізннього СИ Зефір (ФАО 430) найнижчий вміст білка виявився за схеми сівби 20,3 × 96,5 см – 10,67 та 9,74 %, відповідно. Тобто чітко підтверджується антагоністична залежність вмісту крохмалю та білку, яка досліджена іншими науковцями [12, 19, 23, 24], зокрема на варіантах зі збільшенням кількості крохмалю вміст білка знижується і навпаки.

Також встановлена залежність умісту сирого протеїну у зерні кукурудзи від погодних умов року в період вегетації культури. Зокрема у 2021 р., який виявився більш сприятливим за кліматичними

показниками вміст білка у зерні, в середньому у досліджуваних гібридів, становив 9,7 %, а у 2022 р. протягом вегетації кукурудзи якого спостерігалось зменшення кількості опадів та підвищення температурних режимів вміст білка зріс і становив 10,1 %. Це вказує на те що поліпшення температурних режимів упродовж вегетації кукурудзи може поліпшувати накопичення сирого протеїну у зерні кукурудзи.

Висновки. Вміст у зерні кукурудзи сирого протеїну та крохмалю обумовлюється певними закономірностями та суттєво залежить від біологічних особливостей гібрида, погодних умов року та схеми сівби. Крім того, проявляється антагоністичний вплив між накопиченням білка і крохмалю у зерні одного і того ж самого гібриду кукурудзи. Встановлено, що в більш посушливий зі значними температурними показниками 2022 рік спостерігалось зменшення вмісту крохмалю (69,3 %) у досліджуваних гібридів кукурудзи незалежно від досліджуваних факторів вегетації та способів сівби, порівняно із 2021 роком який виявився більш сприятливим за

кліматичними умовами – 69,9 %.

Спосіб сівби та площа живлення також впливали на величину накопичення крохмалю у зерні кукурудзи, зокрема найвищий вміст крохмалю для ранньостиглого та середньораннього гібрида кукурудзи встановлено на варіанті де сівбу проводили за схемою 20,3 × 91,4 см – СИ Талісман (ФАО 200) – 68,5 % та СИ Фотон (ФАО 260) – 71,3 %. Для гібридів середньостиглої та середньопізньої групи

найвищий вміст крохмалю відмічений для схеми 20,3 × 96,5 см – НК Термо (ФАО 330) – 70,4 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 69,4 %.

Найвищий вміст білка встановлено на контрольному варіанті із широкорядним способом сівби із шириною міжрядь 70 см у гібриду СИ Талісман (ФАО 200) – 9,32 %, СИ Фотон (ФАО 260) – 9,62 %, НК Термо (ФАО 330) – 11,02 % та СИ Зефір (ФАО 430) – 10,29 %.

Список використаної літератури

1. Асанішвілі Н. М., Корсун С. Г., Шляхтурова С. П. Якість зерна кукурудзи залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2014. Вип. 1–2. С. 63–66.
2. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія / В. Д. Паламарчук та ін. Вінниця : ТОВ Друк. 2020. 536 с.
3. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень / В. Д. Паламарчук та ін. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. № 4 (19). С. 15–28.
4. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Зернові, круп'яні та зернобобові культури. Вип. 2. Київ : Алефа, 2001. 64 с.
5. Горач О. О. Обґрунтування інноваційних технологій функціональних рецептур. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 6. С. 52–58.
6. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
7. ДСТУ 10846-91. Зерно і продукти його переробки. Метод визначення білка.
8. ДСТУ 8076:2015. Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроту. Визначення вмісту розчинного протеїну титриметричним методом К'ельдаля.
9. ДСТУ 4863:2007. Сировина крохмалевмісна для спиртового виробництва. Правила приймання та методи відбирання проб.
10. ДСТУ 4865:2007. Цукор. Метод визначення крохмалю.
11. Дудка Т. В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 1. С. 44–47.
12. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської ДАА*. 2016. № 4. С. 63–66.
13. Жемойда В. Л., Макачук О. С., Спряжка Р. О. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське*

References

1. Asanishvili N. M., Korsun S. H., Shliakhturova S. P. Corn grain quality depending on cultivation technology in the northern part of the Forest-Steppe. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva*. Vol. 1–2. P. 63–66.
2. Aspects of modern technology for growing high-starch corn in the conditions of the right-bank Forest-Steppe: monograph / V. D. Palamarchuk et al. Vinnytsia : TOV Druk. 536 p.
3. Starch content in corn grains depending on foliar fertilization / V. D. Palamarchuk et al. *Silske hospodarstvo ta lisnytstvo*. No 4 (19). P. 15–28.
4. Volkodav V. V. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Cereal, grain and grass-legume crops. Vol. 2. Kyiv : Alefa. 64 p.
5. Horach O. O. Justification of innovative technologies of functional recipes. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. No 6. P. 52–58.
6. Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments : monograph / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Ailant. 372 p.
7. DSTU 10846-91. Grain and products of its processing. Protein determination method.
8. DSTU 8076:2015. Protein products of plant origin. Cakes and meals. Determination of the content of soluble protein by the Kjeldal titrimetric method
9. DSTU 4863:2007. Starch-containing raw material for alcohol production. Acceptance rules and sampling methods.
10. DSTU 4865:2007. Sugar. Method for determining starch.
11. Dudka T. V. Feasibility of obtaining bioethanol from corn grain. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. No 1. P. 44–47.
12. Yermakova L. M., Krestianinov Ye. V. Maize yield depending on fertilizer and hybrid on dark-gray podsolized soils. *Visnyk Poltavskoi DAA*. 2016. No 4. P. 63–66.
13. Zhemoida V. L., Makarchuk O. S., Spriazhka R. O. Evaluation of the raw material of corn according to grain quality indicators. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. No 17. P. 120–129.
14. Liubych V. V. Formation of productivity of different corn hybrids. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho Natsionalnoho universytetu sadivnytstva*.

господарство та лісівництво. 2020. № 17. С. 120–129.

14. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 32–44.

15. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство) / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 448 с.

16. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / С. М. Лебідь та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

17. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Д. Ю. Корзун. 2012. 580 с.

18. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія / В. Д. Паламарчук та ін. Вінниця : Друкарня «Друк», 2023. 296 с.

19. Основи насіннезнавства (теорія, методологія, практика): монографія / В. Д. Паламарчук та ін. Вінниця : Друкарня «Друк», 2022. 392 с.

20. Паламарчук В. Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7. Т. 1. С. 37–45.

21. 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. <https://www.pdau.edu.ua/content/visnyk-poltavskoyi-derzhavnoyi-agrarnoyi-akademiyi-no2-2018>.

22. Паламарчук В. Д., Алексеев О. О. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. № 1 (16). 2020. С. 28–47.

23. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23>.

24. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій : монографія. Вінниця : Друкарня «Друк», 2022. 372 с.

25. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій : монографія / Г. М. Калетнік та ін. Вінниця : ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.

26. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні / Т. А. Железна та ін. *Machinery & Energetics*. 2018. Vol. 9. No 2. P. 61–66.

27. Перспективи розвитку ринку біоетанолу в Україні. URL: http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf.

28. Полішкевич О. Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3 (60). С. 76–80.

Vol. 97. Part 1. P. 32–44.

15. Methodology of field experiment (Irrigated agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S. 448 p.

16. Methods of field experiments with corn / Ye. M. Lebid et al. Dnipropetrovsk, 2008. 27 p.

17. Nad Ya. Corn. Vinnytsia : FOP D. Yu. Korzun. 580 p.

18. The latest technologies for growing vegetable crops and corn using the digestate of biogas plants: monograph / V. D. Palamarchuk et al. Vinnytsia : Drukarnia «Druk». 296 p.

19. Basics of seed science (theory, methodology, practice): monograph / V. D. Palamarchuk et al. Vinnytsia : Drukarnia «Druk». 392 p.

20. Palamarchuk V. D. Starch content in the grain of corn hybrids depending on the time of sowing. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. No 7. Vol. 1. P. 37–45.

21. Palamarchuk V. D. Effect of wrapping depth and seed fraction on corn starch content and bioethanol yield. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2018. No 2. P. 55–65. <https://www.pdau.edu.ua/content/visnyk-poltavskoyi-derzhavnoyi-agrarnoyi-akademiyi-no2-2018>.

22. Palamarchuk V. D., Aleksieiev O. O. Starch content in corn grains depending on foliar fertilization. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. No 1 (16). P. 28–47.

23. Palamarchuk V. D., Vinnik O. V., Kovalenko O. A. Starch content in corn grains and bioethanol yield depending on vegetation conditions and growing technology factors. *Ahrarni innovatsii*. No 5. P. 143–156. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23>.

24. Palamarchuk V. D., Kolisnyk O. M. Modern corn cultivation technology for energy-efficient and ecologically safe development of rural areas: monograph. Vinnytsia : Drukarnia «Druk», 372 p.

25. Prospects for the use of corn for energy-efficient and ecologically safe development of rural areas: monograph / H. M. Kaletnik et al. Vinnytsia : FOP Kushnir Yu. V. 260 p.

26. Prospects for the production and consumption of second-generation biofuels in Ukraine / T. A. Zheliezna et al. *Machinery & Energetics*. Vol. 9. No 2. P. 61–66.

27. Prospects for the development of the bioethanol market in Ukraine. URL: http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf.

28. Polishkevych O. R. The efficiency of using corn for the production of alternative fuels. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. Vol. 3 (60). P. 76–80.

29. Technological quality of starch of different hybrids of corn and varieties of grain sorghum according to its biochemical composition / V. I. Voitovska et al. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. No 1. P. 77–81.

30. Tkachuk O. P., Bondarenko M. I. Formation of yield and grain quality of repeatedly sowed corn crops. *Tavriskyi naukovyi visnyk*. No 129. P. 139–145.

31. Yield and seed quality of agricultural crops under

29. Технологічна якість крохмалю різних гібридів кукурудзи і сортів сорго зернового за його біохімічною складовою / В. І. Войтовська та ін. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 77–81.

30. Ткачук О. П., Бондаренко М. І. Формування урожайності та якості зерна повторних посівів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 139–145.

31. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин / М. Г. Василенко та ін. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101.

the influence of plant growth regulators / M. H. Vasylenko et al. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. No 1. P. 96–101.