

*Паламарчук В. Д., кандидат сільськогосподарських наук
Вінницький національний аграрний університет*

ВПЛИВ ГЛИБИНИ ЗАГОРТАННЯ ТА ФРАКЦІЇ НАСІННЯ НА ВМІСТ КРОХМАЛЮ У ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ ТА ВИХІД БІОЕТАНОЛУ

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор В. М. Чернецький

У статті представлено результати досліджень, проведених протягом 2014–2016 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур ДП ДГ «Корделівське» ІК НААН України щодо впливу глибини загорання та розмірів фракції насіння на продуктивність, вміст та вихід крохмалю, орієнтовний вихід біоетанолу у гібридів кукурудзи. Урожайність, вміст крохмалю та вихід біоетанолу із зерна досліджуваних гібридів кукурудзи визначалися групою стиглості, генетичними особливостями та елементами агротехніки, такими як фракція насіння та глибина його загорання. Подовження вегетаційного періоду забезпечувало зростання досліджуваних показників. Продуктивність рослин досліджуваних гібридів кукурудзи в середньому за три роки досліджень склала 9,128 т/га, за посіву насіння на глибину 7 см – 9,093 т/га, 11 см – 8,961 т/га. Застосування неглибокого загорання насіння (4 см) сприяло виходу біоетанолу в межах 3,23–4,11 тис. л/га, застосування середньої глибини загорання (7 см) – 3,21–4,23 тис. л/га, а застосування значної (11 см) глибини загорання – 3,11–4,17 тис. л/га. Використання великої та середньої фракції насіння позитивно впливає на підвищення урожайності, крохмалистості та виходу біоетанолу із зерна в порівнянні із дрібною фракцією насіння.

Ключові слова: зерно, глибина загорання, група стиглості, фракція насіння, біоетанол, крохмаль, кукурудза, гібрид.

Постановка проблеми. Кукурудза є основною зернофуражною культурою не лише України, але і світу в цілому. За останні декілька років площі вирощування кукурудзи в Україні зросли в декілька і складають 4,3–4,7 млн га. Це пов'язано із всебічним використанням кукурудзи як кормової, продовольчої та технічної культури.

На разі збільшення площі вирощування зернової кукурудзи обумовлює можливість отримання біоетанолу із зерна цієї культури.

Вивчення впливу основних елементів технології (таких як глибина загорання та розміри фракції насіння) на вміст крохмалю у зерні дозволить ефективно переробляти частину зернової маси на біоетанол, за умови зростання урожайності. Тому дослідження в даному напрямі є актуальними та необхідними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. «Біоетанольний бум» спричинив підвищення попиту на зернову кукурудзу як найефективнішу сировину для виготовлення етанолу – зневодного спирту. Високий вміст вуглеводів (68–85 %) у зерні кукурудзи створює сприятливі умови для виробництва біоетанолу [11, 13, 14, 17, 21], який можна використовувати як компонент суміші із бензином (оптимальна пропорція цих паливних матеріалів складає 85:15), щоб збільшити октанове число і вміст кисню, через що поліпшуються умови спалювання суміші [5, 6, 12, 18].

Використання біоетанолу дозволить зберегти екологію і ефективно проводити боротьбу з глобальним потеплінням планети, що в значній мірі базується на відмові від нафти і переходу на нові відновлювані види палива [20].

З 1 т зерна кукурудзи можна отримати 325–470 л етанолу, тоді як з ячменю – 240–330, жита – 280–357, пшениці – 375–445 л [2, 9, 10, 12], тритикале – 428 л, пшениця – 445 л, сориз – 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 [12].

Вихід біоетанолу залежить перш за все від вмісту крохмалю у зерні, який у свою чергу визначається групою стиглості, підвидом гібриду та агротехнікою вирощування. Так, ранньостиглі гібриди в Лісостеповій зоні України мають невисоку урожайність зерна і вихід крохмалю, хоча в деяких із них вміст крохмалю в зерні високий. Вищий вміст крохмалю у середньоранніх та середньостиглих гібридів. Це пояснюється тим, що вони представлені зубовидним підвидом, в зерні якого міститься більше крохмалю [4, 8].

У зв'язку з цим важливого значення у виробничій сфері набуває оцінювання сучасних гібридів кукурудзи за придатністю використання їх зерна для виробництва біоетанолу та елементів технології вирощування для збільшення вмісту крохмалю [16].

Мета досліджень полягала у встановленні особливостей нагромадження вуглеводів у зерні гібридів кукурудзи залежно від розмірів фракції, глибини загортання насіння та умов вирощування.

Методика досліджень. Дослідження проводились у Вінницькому національному аграрному університеті на дослідному господарстві ДП ДГ «Корделівське» ІК НААНУ с. Корделівка Калинівського району Вінницької області, протягом 2014–2016 рр. Згідно зонального розташування, господарство знаходиться в центральній частині Правобережного Лісостепу України.

У дослідах визначалась продуктивність кукурудзи, вміст крохмалю і вихід біоетанолу та інша господарсько-біологічна оцінка залежно від розмірів фракції (М – мілке насіння, S – середнє насіння, V – велике насіння) та глибини загортання (4; 7 та 11 см) насіння гібридів ранньостиглої групи ДКС 2960, ДКС 2971, середньоранньої групи ДКС 3472 та ДКС 3795, середньостиглої групи ДКС 4082 та ДК 315, оригіномом яких є компанія «Монсанто».

Ґрунти – чорноземи глибокі середньосуглинкові на лесі. Вміст гумусу (за Тюріном) в орному шарі – 4,60 %. Реакція ґрунтового рН_{сол.} 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%. 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.

Ґрунтово-кліматичні умови характеризувалися певною різноманітністю, серед яких варто відмітити посушливі умови 2015 року із температурними показниками, що перевищували 42°C. У 2014 та 2016 рр. кліматичні умови виявилися найбільш сприятливі для росту й розвитку рослин кукурудзи.

Сівбу проводили сівалкою «СУПН-8» оновленою з нормою висіву 75 тис. шт. насінин на гектар. Повторність – 3–4-разова. Розміщення ділянок – методом рендомізованих блоків. Площа посівної ділянки – 25 м², облікової ділянки – 10,5 м².

Визначення вмісту крохмалю проводили за допомогою поляриметра А (виробник CARL ZEISSJENA, Німеччина) із точністю 0,1 % згідно з вимогами ГОСТу 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» 25.07.2003 № 250 [3]. Поляриметричний метод базується на здатності розчинів вуглеводів (розчиненого крохмалю, декстринів, олігосахаридів, цукрів) обер-

тати площину поляризації поляризованого світла. При цьому для визначення умовної крохмалистості зерна поляриметричним методом крохмаль та інші вуглеводи зерна переводили у розчин шляхом гідролізу у певно визначених умовах з наступним визначенням кута обертання площини поляризації поляризованого світла цим розчином за допомогою поляриметра.

Вміст крохмалю розраховували за формулою $x = a \times K$, де x – вміст крохмалю у відсотках, a – показник сахариметра, %; K – коефіцієнт Еверса (=1,898) [22, 23].

Вихід біоетанолу з сировини зазвичай розраховують як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, що отримують із тонни зароджуваних вуглеводів у перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродиння: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$

За відносної густоти етанолу $d_{20}^4 = 0,78927$ його теоретичний вихід становить 54,79 л [1, 19].

Результати дослідження. Для оцінки виходу крохмалю із одиниці площі за застосування різних елементів технології приведемо дані продуктивності досліджуваних гібридів за роки досліджень (табл. 1).

Аналізуючи дані таблиці 1, необхідно відмітити те, що урожайність зерна у гібридів кукурудзи істотно залежала від групи стиглості гібридів (фактор А). У середньому за три роки в гібридів середньоранніх та середньостиглих груп урожайність достовірно збільшувалась, відповідно, на 0,95 та 1,88 т/га, порівняно із ранньостиглою групою (НІР_{05 група стиглості} = 0,388 т/га). Так, урожайність зерна у гібридів ранньостиглої групи становила 8,12 т/га, середньоранньої – 9,07 т/га та середньостиглої – 10,00 т/га. Тобто подовження тривалості вегетаційного періоду веде до збільшення урожайності зерна.

Урожайність зерна також залежала від генетичних особливостей гібриду (фактор В). В гібриду ДКС 2960 урожайність зерна в середньому за три роки становила (НІР_{05 гібрид} = 0,347 т/га) 8,19 т/га, ДКС 2971 – 8,05 т/га, ДКС 3472 – 9,41 т/га, ДКС 3795 – 8,72 т/га, ДК 315 – 9,96 т/га та ДКС 4082 – 10,03 т/га. Тобто, навіть у межах однієї групи стиглості прослідковується суттєва відмінність продуктивності досліджуваних гібридів.

Аналізуючи вплив розмірів фракції насіння (фактор С) на урожайність зерна, необхідно відмітити, що за сівби насінням середньої та крупної фракції гібридів усіх груп стиглості урожайність була достовірно більшою, порівняно з сівбою дрібним насінням (НІР_{05 фракція насіння} = 0,734 т/га).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

**1. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від глибини загорання та розмірів насіння, т/га
(за 2014–2016 рр. ± Sr)**

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загорання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4 см	7,61	7,14	8,46	7,74±0,67
			7 см	7,92	7,29	7,95	7,72±0,37
			11 см	7,28	7,08	7,24	7,20±0,11
		S (238 г)	4 см	9,35	7,21	8,94	8,50±1,14
			7 см	9,21	7,70	8,59	8,50±0,76
			11 см	8,83	7,83	8,46	8,37±0,51
		V (277 г)	4 см	9,15	7,23	9,28	8,55±1,15
			7 см	8,79	7,58	9,01	8,46±0,77
			11 см	8,86	7,88	9,27	8,67±0,71
	DKC 2971	M (194 г)	4 см	7,48	7,18	8,66	7,77±0,78
			7 см	7,18	7,24	8,46	7,63±0,72
			11 см	6,95	6,91	7,39	7,08±0,27
		S (256 г)	4 см	8,20	8,05	8,64	8,30±0,31
			7 см	8,12	7,82	8,90	8,28±0,56
			11 см	8,36	7,70	8,54	8,20±0,44
		V (279 г)	4 см	8,62	7,85	8,93	8,47±0,56
			7 см	8,46	7,74	8,99	8,40±0,63
			11 см	8,63	7,78	8,62	8,34±0,49
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4 см	8,27	7,99	11,11	9,12±1,73
			7 см	8,40	7,91	10,43	8,91±1,34
			11 см	8,11	7,84	9,96	8,64±1,15
		S (326 г)	4 см	9,10	9,02	11,16	9,76±1,21
			7 см	9,07	8,88	10,97	9,64±1,16
			11 см	9,16	8,96	10,89	9,67±1,06
		V (385 г)	4 см	9,07	8,84	11,18	9,70±1,29
			7 см	9,17	9,14	10,80	9,70±0,95
			11 см	9,20	8,75	10,78	9,58±1,07
	DKC 3795	M (166 г)	4 см	8,27	7,76	9,08	8,37±0,67
			7 см	7,99	7,94	8,71	8,21±0,43
			11 см	7,88	7,57	8,09	7,85±0,26
		S (207 г)	4 см	8,91	8,93	9,73	9,19±0,47
			7 см	8,93	8,24	8,90	8,69±0,39
			11 см	8,95	8,51	8,94	8,80±0,25
		V (287 г)	4 см	9,06	8,87	9,94	9,29±0,57
			7 см	9,09	8,08	9,64	8,94±0,79
			11 см	9,05	8,55	9,76	9,12±0,61
Середньостиглі гібриди	DK 315	M (223 г)	4 см	9,10	8,91	10,58	9,53±0,91
			7 см	9,23	8,86	10,28	9,46±0,74
			11 см	9,04	8,39	9,89	9,11±0,75
		S (294 г)	4 см	9,80	9,51	10,78	10,03±0,67
			7 см	10,13	9,61	10,86	10,20±0,63
			11 см	10,28	9,51	10,80	10,20±0,65
		V (327 г)	4 см	9,99	9,91	11,02	10,31±0,62
			7 см	10,57	9,91	11,08	10,52±0,59
			11 см	10,02	9,73	11,18	10,31±0,77
	DKC 4082	M (172 г)	4 см	9,06	9,21	10,20	9,49±0,62
			7 см	8,90	9,06	10,09	9,35±0,65
			11 см	8,86	8,57	9,72	9,05±0,60

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Продовження таблиці 1

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
		S (227 г)	4 см	9,41	9,52	11,24	10,06±1,03
			7 см	10,35	9,75	11,59	10,56±0,94
			11 см	10,73	9,60	11,52	10,62±0,97
		V (278 г)	4 см	9,76	9,61	10,96	10,11±0,74
			7 см	10,33	9,68	11,48	10,50±0,91
			11 см	10,49	9,66	11,43	10,53±0,89
НІР ₀₅ , т/га			Фактор А – 0,388; Фактор В – 0,347; Фактор С – 0,734; Фактор D – 0,107.			-	

Примітка: М – дрібна фракція насіння, S – середня фракція насіння, V велика фракція насіння.

2. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від розмірів фракції та глибини загортання насіння, % (за 2014–2016 рр. ± Sr)

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4 см	71,98	70,25	72,80	71,68±1,30
			7 см	72,86	70,19	72,96	72,00±1,57
			11 см	73,46	69,03	73,12	71,87±2,47
		S (238 г)	4 см	73,45	71,17	73,50	72,71±1,33
			7 см	74,52	70,89	74,64	73,35±2,13
			11 см	74,96	69,18	75,06	73,07±3,37
		V (277 г)	4 см	72,99	70,76	73,2	72,32±1,35
			7 см	74,65	70,47	73,50	72,87±2,16
			11 см	74,92	70,44	73,96	73,11±2,36
	DKC 2971	M (194 г)	4 см	71,70	71,29	71,93	71,64±0,32
			7 см	71,99	70,36	72,86	71,74±1,27
			11 см	72,11	70,22	72,06	71,46±1,08
		S (256 г)	4 см	72,43	71,88	73,10	72,47±0,61
			7 см	72,53	71,12	73,01	72,22±0,98
			11 см	72,93	70,30	74,39	72,54±2,07
		V (279 г)	4 см	72,00	72,35	72,02	72,12±0,20
			7 см	72,57	71,46	73,79	72,61±1,17
			11 см	72,94	69,93	73,50	72,12±1,92
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4 см	74,46	72,66	73,87	73,66±0,92
			7 см	74,86	72,45	74,81	74,04±1,38
			11 см	75,28	72,39	75,10	74,26±1,62
		S (326 г)	4 см	75,74	73,54	74,52	74,60±1,10
			7 см	76,05	72,5	76,85	75,13±2,32
			11 см	76,63	72,03	76,14	74,93±2,53
		V (385 г)	4 см	74,90	72,03	74,19	73,71±1,49
			7 см	75,88	71,62	75,63	74,38±2,39
			11 см	75,96	70,35	75,54	73,95±3,12
	DKC 3795	M (166 г)	4 см	74,78	73,4	72,78	73,65±1,02
			7 см	74,42	72,85	74,55	73,94±0,95
			11 см	74,82	72,04	74,00	73,62±1,43
		S (207 г)	4 см	75,36	74,12	73,72	74,40±0,86
			7 см	76,09	73,26	75,42	74,92±1,48
			11 см	77,67	72,15	76,27	75,36±2,87

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
Середньостиглі гібриди		V (287 г)	4 см	76,18	75,89	72,49	74,85±2,05
			7 см	77,89	73,09	76,21	75,73±2,44
			11 см	77,96	72,78	75,74	75,49±2,60
	DK 315	M (223 г)	4 см	76,54	71,89	74,95	74,46±2,36
			7 см	77,13	71,63	75,40	74,72±2,81
			11 см	77,99	70,26	74,71	74,32±3,88
		S (294 г)	4 см	77,93	73,80	75,38	75,70±2,08
			7 см	78,66	72,96	76,87	76,16±2,91
			11 см	78,93	72,12	76,02	75,69±3,42
		V (327 г)	4 см	76,64	73,87	76,08	75,53±1,46
			7 см	77,63	72,42	76,94	75,66±2,83
			11 см	78,12	72,29	75,68	75,36±2,93
	DKC 4082	M (172 г)	4 см	75,01	73,33	73,07	73,80±1,05
			7 см	77,51	72,87	73,48	74,62±2,52
			11 см	75,91	72,54	74,63	74,36±1,70
		S (227 г)	4 см	77,02	75,21	76,17	76,13±0,91
			7 см	78,31	74,8	77,24	76,78±1,80
			11 см	78,68	73,95	76,74	76,46±2,38
		V (278 г)	4 см	76,44	74,12	74,22	74,93±1,31
			7 см	78,40	74,96	76,57	76,64±1,72
			11 см	78,08	73,77	75,90	75,92±2,16
	НІР ₀₅ , %			Фактор А – 1,99; Фактор В – 1,73; Фактор С – 0,28; Фактор D – 0,22			

Примітка: М – дрібна фракція насіння, S – середня фракція насіння, V – велика фракція насіння.

За сівби дрібною фракцією насіння урожайність досліджуваних гібридів у середньому за три роки коливалась в межах 7,49–9,36 т/га, середньою – 8,26–10,41 т/га, крупною – 8,4–10,38 т/га. Збільшення урожайності за використання середньої та крупної фракції насіння становило 0,91–1,05 т/га, в порівнянні із використанням дрібної фракції насіння.

Що стосується глибини загортання насіння (фактор D), то вона також впливала на рівень продуктивності досліджуваних гібридів. За посівки на глибину 4 см продуктивність рослин досліджуваних гібридів кукурудзи в середньому за три роки досліджень склала 9,128 т/га, за сівки насіння на глибину 7 см – 9,093 т/га, а за сівки на глибину 11 см – 8,961 т/га. Рівень урожайності за глибини загортання насіння 4 см знаходився в межах 8,18–9,96 т/га, 7 см – 8,10–10,14 т/га та 11 см – 7,88–10,06 т/га.

Лише в гібриду DKC 4082 результатами проведених досліджень встановлено зростання урожайності за значної (11 см) глибини загортання насіння. Зокрема, за глибини загортання насіння 4 см урожайність даного гібриду в середньому за три роки становила 9,89 т/га, 7 см – 10,14 т/га, 11 см – 10,06 т/га.

Отже, урожайність досліджуваних гібридів визначалася групою стиглості гібридів, генетичними особливостями та елементами агротехніки, такими як фракція насіння та глибина його загортання. Крім того, урожайність зерна істотно залежала від кліматичних умов року і в 2015 році за рахунок стресових умов щодо вологозабезпечення і високих позитивних температур (>42°C) спостерігалось загальне зниження урожайності в порівнянні із 2014 та 2016 роками.

Основним показником, який визначає можливість використання гібриду на виробництво біоетанолу, є вміст крохмалю у зерні. Гібриди, які мають високий вміст крохмалю у зерні, можна рекомендувати для вирощування на біоетанол.

Для вивчення впливу глибини загортання та розмірів фракції насіння на вміст крохмалю ми провели ряд польових досліджень.

Зрозуміло, що величина насіння прямо визначає розміри не лише зародка, але й ендосперму, в якому основною запасною речовиною є крохмаль. У зв'язку із цим актуальним питанням залишається те, як буде змінюватися характер формування ендосперму при зміні даних елементів технології вирощування.

Вплив розмірів фракції та глибини загорання насіння гібридів кукурудзи на вміст крохмалю наведено в таблиці 2.

Характеризуючи динаміку вмісту крохмалю за роками дослідження, необхідно відмітити зниження кількості крохмалю в 2015 році. Так, вміст крохмалю в середньому за 2014 рік у досліджуваних гібридів складав 75,46 %, в 2015 році – 72,17 %, а в 2016 році – 74,58 %. Це пов'язано з тим, що цей рік виявився найменш рівномірно забезпечений вологою із наявністю тривалого посушливого періоду, що в кінцевому результаті вплинуло на нагромадження крохмалю.

Дана залежність підтверджується результатами досліджень інших авторів. Зокрема дослідження А. Н. Павлова [15] вказують на те, що підвищення середньорічної температури і зниження річної суми опадів збільшує вміст білку у зерні, а вміст крохмалю при цьому знижується.

Збільшення температури під час вегетації культур часто призводить до збільшення білку у зерні злакових культур, а вміст крохмалю і білку – це антагоністичні показники.

Аналізуючи вміст крохмалю у зерні кукурудзи, необхідно відмітити його зміну залежно від групи стиглості гібридів (фактор А). Найбільший вміст крохмалю в середньому за три роки (75,40 %) відмічено у групі середньостиглих гібридів, він істотно ($НІР_{05}$ група стиглості = 1,99 %) відрізнявся від вмісту його у групі ранньостиглих гібридів (72,33 %) та середньоранніх гібридів (74,48 %).

У групі середньостиглих гібридів відмічений найвищий вміст крохмалю. Так, зокрема, у гібриду DK 315 вміст крохмалю в середньому за три роки за сівби мілкого насіння становив 74,46 %, 74,72 та 74,32 %, за сівби середнього насіння – 75,7 %, 76,16 та 75,69 % і за сівби великої фракції насіння – 75,53 %, 75,66 та 75,36 %, у гібриду DKC 4082 за сівби мілкої фракції вміст крохмалю становив 73,8 %, 74,62 та 74,36 %, середньої фракції – 76,13 %, 76,78 та 76,46 % і великої фракції – 74,93 %, 76,64 та 75,92 % при загоранні насіння на глибину 4; 7 та 11 см відповідно.

Відмічено зростання вмісту крохмалю у більш пізньостиглих форм кукурудзи, які в переважній більшості представлені зубовидним підвидом.

У літературі існують дані про те, що на вміст крохмалю впливають особливості гібриду та тип зерна кукурудзи [4].

Для встановлення залежності генетичних особливостей гібриду та вмісту крохмалю у зерні проаналізовано різні гібриди кукурудзи (фактор В). Так, вміст крохмалю у зерні різних гібридів істотно відрізнявся ($НІР_{05}$ гібрид = 1,73 %) і в середньому за

три роки становив DKC 2960 – 72,55 %, DKC 2971 – 72,1 %, DKC 3472 – 74,3 %, DKC 3795 – 74,66 %, DK 315 – 75,29 % та DKC 4082 – 75,52 %.

На вміст крохмалю істотно ($НІР_{05}$ фракція насіння = 0,28 %) впливає розмір фракції насіння (фактор С). Так, за використання дрібної фракції насіння вміст крохмалю у зерні становив 73,33 %, середньої – 74,59 % та великої – 74,3 %.

Величина вмісту крохмалю у зерні в середньому за три роки за використання дрібної фракції коливалась в межах 71,61–74,5 %, середньої – 72,41 %, великої – 72,28–75,83 %.

Глибина загорання насіння також суттєво ($НІР_{05}$ глибина загорання = 0,22 %) змінювалася в залежності від глибини загорання насіння (фактор D). За глибини загорання зерна 4 см вміст крохмалю складав 72,08–75,23 %, 7 см – 72,19–76,02 %, 11 см – 72,04–75,58 %. Найвищий вміст крохмалю у зерні в середньому за три роки склав за глибини загорання 7 см – 74,31 %, тоді як за глибини загорання 4 см – 73,8 %, 11 см – 74,11 %.

Для встановлення виходу біоетанолу визначимо вихід крохмалю із одиниці площі (табл. 3).

Характеризуючи нагромадження крохмалю у зерні кукурудзи, необхідно відмітити вплив кліматичних умов на значення даного показника. Так, в середньому вміст крохмалю у досліджуваних гібридів в 2014 році склав 6,76 т/га, в 2015 році (за рахунок стресових умов) він був найменшим і складав 6,10 т/га, а в 2016 році – 7,32 т/га.

Вихід крохмалю із одиниці площі істотно ($НІР_{05}$ група стиглості = 0,226 т/га) залежить від групи стиглості гібридів (фактор А). Так, у середньому за три роки вихід крохмалю в ранньостиглій групі гібридів складав 5,88 т/га, середньоранній – 6,76 т/га, середньостиглій – 7,54 т/га. Різниця у виході крохмалю у групі середньоранніх і середньостиглих гібридів становила 0,88–1,66 т/га в порівнянні з ранньостиглою групою. Тобто, спостерігається тенденція подібна до вмісту крохмалю – збільшення тривалості вегетаційного періоду сприяє збільшенню виходу крохмалю із одиниці площі.

На вихід крохмалю із одиниці площі впливали також генетичні особливості гібридів (фактор В). Тобто, навіть у межах групи стиглості спостерігалася істотна різниця ($НІР_{05}$ гібрид = 0,161 т/га) за виходом крохмалю. Так, зокрема, в середньому за три роки вихід крохмалю становив для DKC 2960 – 5,95 т/га, DKC 2971 – 5,81 т/га, DKC 3472 – 7,00 т/га, DKC 3795 – 6,51 т/га, DK 315 – 7,51 т/га, DKC 4082 – 7,58 т/га.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

**3. Вплив досліджуваних елементів технології на вихід крохмалю із одиниці площі, т/га
(за 2014–2016 рр. ± Sr)**

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr	
				2014 р.	2015 р.	2016 р.		
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4 см	5,478	5,016	6,159	5,551±0,575	
			7 см	5,771	5,117	5,800	5,563±0,386	
			11 см	5,348	4,887	5,294	5,176±0,252	
		S (238 г)	4 см	6,868	5,131	6,571	6,190±0,929	
			7 см	6,863	5,459	6,412	6,245±0,717	
			11 см	6,619	5,417	6,350	6,129±0,631	
		V (277 г)	4 см	6,679	5,116	6,793	6,196±0,937	
			7 см	6,562	5,342	6,622	6,175±0,722	
			11 см	6,638	5,551	6,856	6,348±0,699	
	DKC 2971	M (194 г)	4 см	5,363	5,119	6,229	5,570±0,583	
			7 см	5,169	5,094	6,164	5,476±0,597	
			11 см	5,012	4,852	5,325	5,063±0,241	
		S (256 г)	4 см	5,939	5,786	6,316	6,014±0,273	
			7 см	5,889	5,562	6,498	5,983±0,475	
			11 см	6,097	5,413	6,353	5,954±0,486	
		V (279 г)	4 см	6,206	5,679	6,431	6,105±0,386	
			7 см	6,139	5,531	6,634	6,101±0,552	
			11 см	6,295	5,441	6,336	6,024±0,505	
	Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4 см	6,158	5,806	8,207	6,724±1,297
				7 см	6,288	5,731	7,803	6,607±1,072
				11 см	6,105	5,675	7,480	6,420±0,943
			S (326 г)	4 см	6,892	6,633	8,316	7,280±0,906
				7 см	6,898	6,438	8,430	7,255±1,043
				11 см	7,019	6,454	8,292	7,255±0,941
V (385 г)			4 см	6,793	6,367	8,294	7,151±1,012	
			7 см	6,958	6,546	8,168	7,224±0,843	
			11 см	6,988	6,156	8,143	7,096±0,998	
DKC 3795		M (166 г)	4 см	6,184	5,696	6,608	6,163±0,456	
			7 см	5,946	5,784	6,493	6,074±0,372	
			11 см	5,896	5,453	5,987	5,779±0,286	
		S (207 г)	4 см	6,715	6,619	7,173	6,836±0,296	
			7 см	6,795	6,037	6,712	6,515±0,416	
			11 см	6,951	6,140	6,819	6,637±0,435	
		V (287 г)	4 см	6,902	6,731	7,206	6,946±0,241	
			7 см	7,080	5,906	7,347	6,778±0,767	
			11 см	7,055	6,223	7,392	6,890±0,602	
Середньостиглі гібриди		DK 315	M (223 г)	4 см	6,965	6,405	7,930	7,100±0,771
				7 см	7,119	6,346	7,751	7,072±0,704
				11 см	7,050	5,895	7,389	6,778±0,783
			S (294 г)	4 см	7,637	7,018	8,126	7,594±0,555
				7 см	7,968	7,011	8,348	7,776±0,689
				11 см	8,114	6,859	8,210	7,728±0,754
	V (327 г)		4 см	7,656	7,321	8,384	7,787±0,543	
			7 см	8,205	7,177	8,525	7,969±0,704	
			11 см	7,828	7,034	8,461	7,774±0,715	
	DKC 4082	M (172 г)	4 см	6,796	6,754	7,453	7,001±0,392	
			7 см	6,898	6,602	7,414	6,971±0,411	
			11 см	6,726	6,217	7,254	6,732±0,519	
		S (227 г)	4 см	7,248	7,160	8,562	7,657±0,785	
			7 см	8,105	7,293	8,952	8,117±0,830	
			11 см	8,442	7,099	8,840	8,127±0,912	

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
		V (278 г)	4 см	7,461	7,123	8,135	7,573±0,515
			7 см	8,099	7,256	8,790	8,048±0,768
			11 см	8,191	7,126	8,675	7,997±0,792
НІР ₀₅ , т/га			Фактор А – 0,226; Фактор В – 0,161; Фактор С – 0,558; Фактор D – 0,213.				

Примітка: М – дрібна фракція насіння, S – середня фракція насіння, V – велика фракція насіння.

Вихід крохмалю із одиниці площі також істотно (НІР₀₅ фракція насіння = 0,558 т/га) залежав від використання розмірів фракції насіння (фактор С). За використання дрібної фракції насіння вихід крохмалю в середньому за три роки коливався в межах 5,43–6,98 т/га, що в середньому становило 6,21 т/га, за використання середньої фракції насіння – 5,98–7,97 т/га та 6,96, великої фракції насіння – 6,08–7,87 т/га та 7,01 т/га. Тобто, найвищий вихід крохмалю забезпечує використання великої фракції насіння.

Глибина загортання насіння (фактор D) також впливала на вміст крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи. Мілка глибина загортання (4 см) насіння забезпечила вихід крохмалю в середньому за три роки досліджень у межах 5,9–7,49 т/га, або в середньому 6,75 т/га, середня глибина – 5,85–7,71 т/га, або в середньому 6,78 т/га, значна глибина загортання (11 см) – 5,68–7,62 т/га, або в середньому 6,66 т/га.

Виходячи із значення основних показників, для визначення виходу біоетанолу проведемо оцінку даного значення залежно від глибини загортання та розмірів фракції насіння (табл. 4).

Із даних таблиці 4 видно, що вихід біоетанолу може суттєво (НІР₀₅ група стиглості = 0,124 тис. л/га) змінюватися залежно від групи стиглості гібридів. Так, у групі ранньостиглих гібридів орієнтовний вихід біоетанолу в середньому за три роки склав 3,22 тис. л/га, середньоранніх – 3,70 тис. л/га та середньостиглих – 4,13 тис. л/га.

Крім того, потрібно відмітити істотний вплив на вихід біоетанолу абіотичних чинників року. Так, зокрема, орієнтовний вихід біоетанолу в середньому в досліджуваних гібридів за 2014 рік 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 волгозабезпеченням та температурними показниками був 2016 рік.

На орієнтовний вихід біоетанолу впливали також генетичні особливості гібриду (фактор В).

Так, вихід біоетанолу за такого вмісту крохмалю та урожайності (табл. 1–3) в середньому за три роки у досліджуваних гібридів істотно відрізнявся (НІР₀₅ гібрид = 0,09 тис. л/га) і становив для ДКС 2960 – 3,26 тис. л/га, ДКС 2971 – 3,18 тис. л/га, ДКС 3472 – 3,84 тис. л/га, ДКС 3795 – 3,57 тис. л/га, ДК 315 – 4,11 тис. л/га та ДКС 4082 – 4,15 тис. л/га.

Фракція насіння (фактор С) також впливала на орієнтовний вихід біоетанолу. Зокрема вихід біоетанолу за використання дрібної фракції насіння 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 використання середньої фракції – 3,28–4,36 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,81 тис. л/га, а за використання великої фракції – 3,33–4,31 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га.

Глибина загортання насіння (фактор D) неоднозначно впливала на вихід біоетанолу із зерна кукурудзи. Так, за неглибокого загортання насіння (4 см) вихід біоетанолу в середньому за три роки становив 3,23–4,11 тис. л/га, або в середньому для даної глибини 3,697 тис. л/га, за середньої глибини загортання (7 см) – 3,21–4,23 тис. л/га, або в середньому 3,713 тис. л/га, а за значної (11 см) глибини загортання – 3,11–4,17 тис. л/га, або в середньому 3,648 тис. л/га. Тобто збільшення глибини загортання насіння сприяє зменшенню виходу біоетанолу із одиниці посіву.

Висновки. Результати проведених досліджень щодо впливу розмірів фракції та глибини загортання насіння дають підставу зробити такі висновки:

1. Встановлено, що за урожайністю зерна найкращими виявилися гібриди кукурудзи середньостиглої групи ДК 315 (9,96 т/га) та ДКС 4082 (10,03 т/га).

2. Найбільший вміст крохмалю (75,40 %), а отже і вихід біоетанолу, відмічено у групі середньостиглих гібридів. Збільшення вмісту крохмалю, в порівнянні із ранньостиглою групою гібридів, становить 2,0–3,4 %.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

4. Орієнтовний вихід біоетанолу із одиниці площі посіву гібридів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування, тис. л /га (за 2014–2016 рр. ± Sr)

Група стиглості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ±Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4 см	3,001	2,748	3,375	3,041±0,315
			7 см	3,162	2,804	3,178	3,048±0,212
			11 см	2,930	2,678	2,901	2,836±0,138
		S (238 г)	4 см	3,763	2,811	3,600	3,392±0,509
			7 см	3,760	2,991	3,513	3,421±0,393
			11 см	3,627	2,968	3,479	3,358±0,346
		V (277 г)	4 см	3,659	2,803	3,722	3,395±0,513
			7 см	3,595	2,927	3,628	3,383±0,396
			11 см	3,637	3,041	3,756	3,478±0,383
	DKC 2971	M (194 г)	4 см	2,938	2,805	3,413	3,052±0,320
			7 см	2,832	2,791	3,377	3,000±0,327
			11 см	2,746	2,658	2,918	2,774±0,132
		S (256 г)	4 см	3,254	3,170	3,461	3,295±0,149
			7 см	3,227	3,047	3,560	3,278±0,260
			11 см	3,341	2,966	3,481	3,262±0,266
		V (279 г)	4 см	3,400	3,112	3,524	3,345±0,211
			7 см	3,364	3,030	3,635	3,343±0,303
			11 см	3,449	2,981	3,471	3,301±0,277
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4 см	3,374	3,181	4,497	3,684±0,710
			7 см	3,445	3,140	4,275	3,620±0,588
			11 см	3,345	3,109	4,098	3,518±0,517
		S (326 г)	4 см	3,776	3,634	4,556	3,989±0,497
			7 см	3,779	3,527	4,619	3,975±0,571
			11 см	3,846	3,536	4,543	3,975±0,516
		V (385 г)	4 см	3,722	3,488	4,544	3,918±0,555
			7 см	3,812	3,587	4,475	3,958±0,462
			11 см	3,829	3,373	4,462	3,888±0,547
	DKC 3795	M (166 г)	4 см	3,388	3,121	3,621	3,377±0,250
			7 см	3,258	3,169	3,558	3,328±0,204
			11 см	3,230	2,988	3,280	3,166±0,157
		S (207 г)	4 см	3,679	3,627	3,930	3,745±0,162
			7 см	3,723	3,308	3,678	3,569±0,228
			11 см	3,808	3,364	3,736	3,636±0,238
		V (287 г)	4 см	3,782	3,688	3,948	3,806±0,132
			7 см	3,879	3,236	4,025	3,713±0,420
			11 см	3,865	3,410	4,050	3,775±0,330
Середньостиглі гібриди	DK 315	M (223 г)	4 см	3,816	3,509	4,345	3,890±0,423
			7 см	3,901	3,477	4,247	3,875±0,386
			11 см	3,863	3,230	4,048	3,714±0,429
		S (294 г)	4 см	4,184	3,845	4,452	4,161±0,304
			7 см	4,366	3,841	4,574	4,260±0,377
			11 см	4,446	3,758	4,498	4,234±0,413
		V (327 г)	4 см	4,195	4,011	4,594	4,266±0,298
			7 см	4,496	3,932	4,671	4,366±0,386
			11 см	4,289	3,854	4,636	4,260±0,392
	DKC 4082	M (172 г)	4 см	3,724	3,701	4,083	3,836±0,215
			7 см	3,779	3,617	4,062	3,820±0,225
			11 см	3,685	3,406	3,974	3,689±0,284
		S (227 г)	4 см	3,971	3,923	4,691	4,195±0,430
			7 см	4,441	3,996	4,905	4,447±0,455
			11 см	4,625	3,890	4,843	4,453±0,500

Група стиг- лості (А)	Назва гібриду (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			Середнє ± Sr
				2014 р.	2015 р.	2016 р.	
		V (278 г)	4 см	4,088	3,903	4,457	4,149±0,282
			7 см	4,437	3,976	4,816	4,410±0,421
			11 см	4,488	3,904	4,753	4,382±0,434
НІР ₀₅ , тис. л/га			Фактор А – 0,124; Фактор В – 0,09; Фактор С – 0,306; Фактор D – 0,117.				

Примітка: М – дрібна фракція насіння, S – середня фракція насіння, V велика фракція насіння.

3. Використання для сівби дрібної фракції насіння забезпечує урожайність в межах 7,49–9,36 т/га, середньої – 8,26–10,41 т/га, крупної – 8,4–10,38 т/га. Вміст крохмалю у зерні становив для дрібної фракції – 73,33 %, середньої – 74,59 % та великої – 74,3 %. Вихід біоетанолу за такого вмісту крохмалю був на рівні 3,41 тис. л. /га, середньої – 3,81 тис. л. /га та великої – 3,84 тис. л. /га.

4. Збільшення або зменшення глибини загортання насіння відносно 7 см сприяє зменшенню

вмісту крохмалю у зерні кукурудзи на 0,20–0,51 %. Неглибоке загортання насіння (4 см) сприяло виходу біоетанолу в межах 3,697 тис. л/га, середнього (7 см) – 3,713 тис. л/га та глибокого (11 см) – 3,648 тис. л/га.

Таким чином, використання великої та середньої фракції насіння за глибини його загортання 7 см позитивно впливає на підвищення урожайності, крохмалистості та виходу біоетанолу із зерна в порівнянні із дрібною фракцією насіння.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Блюм Я.Б. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков. – К. : Аграр Медіа Груп, 2010. – 326 с.

2. Гойсалюк Я. Как выращивают кукурузу в агрохолдинге (Основные элементы, приемы и особенности технологии). / Я. Гойсалюк // Зерно (всеукраинский журнал современного агропромышленника). – 2015. – №2(107). – С. 92–94.

3. ГОСТ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» 25.07.2003. – № 250.

4. Гурьев В. Подбор гибридов кукурузы для использования зерна на биотопливо. / В. Гурьев, А. Ливановський. // Пропозиція. – 2010. – №7. С. 68–72.

5. Дубровіна В.О. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад. Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив/ За ред. В.О. Дубровіна, А. Гжибек та В.М. Любарського – Київ, 2009. – 117 с.

6. Дубровін В.О. Біопалива / [В.О. Дубровін, М.О. Корченський, І.П. Масло та ін.]. – К. : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.

7. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи / Т.В. Дудка // Сортосив-

чення та охорона прав на сорти рослин. – 2012. – № 1. – С. 44–47.

8. Загинайло М.І. Цукрова кукурудза: і їжа, і ліки / М.І. Загинайло, А.А. Ливановський, М.М. Таганцова, В.М. Гаврилюк // Карантин і захист рослин. – 2012. – № 4. – С. 20–24.

9. Каменіщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу / Б.Д. Каменіщук // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 12. – С. 26–28.

10. Каменіщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу / Б.Д. Каменіщук // Агроном. – 2013. – № 3. – С. 162–163

11. Мусієнко С.А. Структура зерна та новий метод її визначення в селекції і переробці кукурудзи / С.А. Мусієнко, В.А. Марочка // Бюлетень інституту зернового господарства УААН (науково-методичний центр з проблем зернового господарства). – Дніпропетровськ, 2003. – №20. – С. 69–70.

12. Надь Янош. Кукуруза / Янош Надь. – Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. – 580 с.

13. Славянський А.А. Технология крахмала, крахмалопродуктов и глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС): учебно-практическое пособие. / А.А. Славянський, К.К. Горожанкина. – М.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2012. – 64 с.

14. Славянський А.А. Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродукты. / А.А. Славянський. – М.: МГУТУ, 2012. – 230 с.

15. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне

пшеницы и кукурузы. / А.Н. Павлов. – М.: Наука, 1967. – 340 с.

16. Паламарчук В.Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. / В.Д. Паламарчук // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія «Сільське господарство та лісівництво». – 2017. – № 7 (Том 1). – С. 37–45.

17. Паламарчук В. Д. Кукурудза селекція та вирощування гібридів: [Моногр.] / В.Д. Паламарчук, В. А. Мазур, О. Л. Зозуля. – Вінниця, 2009. – 199 с.

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

19. Прядкіна Г.О. Крохмаль у зерні кукурудзи як сировина для виробництва біоетанолу. / Г.О. Прядкіна, Л.М. Михальська, В.В. Швартау

// Біоенергетика, 2013. – №2. – С. 40–41.

20. Рибалка О.І. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спиртодистильного напрямку технологічного використання зерна/ О.І. Рибалка, М.В. Червоніс, Б.В. Моргун, В.М. Починок, С.С. Поліщук // Физиология и биохимия культ. растений. – 2013., Т. 45. № 1. – С. 3–20.

21. Українець А.И. Технология пищевых продуктов. / А.И. Українець. – К.: Изд. дом «Аскания», 2008. – 736 с.

22. Wu X., Zhao R., Wang D., Bean S., Seib P.A., Tuinstra M.R., Campbell M., O'Brien A. Effects of amylose amylopectin ratio, corn protein and corn fiber contents on ethanol production // Cereal Chemistry, 2006. – Vol. 83, 5. – P. 569–575.

23. AACC International 2000 (AACCI Method 76-13.01 Total Starch Assay Procedure (Megazyme Amyloglucosidase/alpha-Amylase Method).

ANNOTATION

Palamarchuk V. D. Influence of the covering depth and the seed fraction on the content of starch in corn grain and bioethanol output.

The article presents the results of research conducted during 2014–2016 on the experimental field of the Plant Growing, Selection and Bioenergetic Cultures Department of the State Enterprise «Kordeliv's'ka», IC of the National Academy of Sciences of Ukraine on the influence of the covering depth and the size of the seed fraction on the productivity, content and output of starch, the approximate output of bioethanol in hybrids of corn. The yield, starch content and bioethanol output from the studied corn grains hybrids were determined by a group of ripeness, genetic features and elements of agrotechnics, such as the seed fraction and the its covering depth. Lengthening of the growing season provided the

growth of the studied indicators. The productivity of plants of studied corn hybrids, on average over three years of research, is 9,128 tons/ha, at sowing to a depth of 7 cm – 9,093 tons/ha, and at sowing to a depth of 11 cm – 8,961 tons/ha. The use of non-deep covering of seeds (4 cm) contributed the bioethanol output in the range of 3,23–4,11 thousand liters/ha, the middle (7 cm) – 3,21–4,23 thousand liters/ha and deep (11 cm) – 3,11–4,17 thousand liters/ha. The use of the large and middle fraction of seeds influences positively on the increase in yield, starch and the bioethanol output from grain in comparison with the small fraction of seeds.

Key words: grain, covering depth, ripeness group, seed fraction, bioethanol, starch, corn, hybrid.