УДК 633.11(324):581.134. https://doi.org/10.31867/2786-6750.1.1.2022.88-97

ГІБРИДИ КУКУРУДЗИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ТВАРИННИЦТВА

Б. В. Дзюбецький
Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49009, Україна

Каротиноїди виступають одним з найбільш поширених класів рослинних пігментів, які застосовується для профілактики захворювань у людини і тварин та мають широкі перспективи використання в клінічній практиці. В статті викладено результати селекції гібридів кукурудзи з підвищеним вмістом вітамінів каротиноїдного комплексу. Визначено вміст каротиноїдів в зерні гібридів, зареєстрованих в Україні, виявлено ген crtRB1, який є одним із ключових в біосинтезі каротиноїдів та пов'язаний з їх накопиченням у ендоспермі кукурудзи. Визначено три поліморфні ділянки цього гена як маркери каротиногенезу. За даними аналізу виявлено сприятливу для накопичення β-каротину алель у ліній ДК2533СЗМ; ДК 633/266зС, зМ; ДК 366зС, зМ.

Розроблено технологію отримання гібридів кукурудзи силосного типу з використанням міжпідвидових схрещувань та отримання кременисто-цукрових та зубоподібно-цукрових форм, що при всіх інших позитивних показниках збільшує вміст жиру в силосній масі на 0,7 %. Для впровадження силосної кукурудзи на північ залучено до гібридизації високо холодостійкі зразки зі зменшеною нормою висіву розлусної кукурудзи із зубоподібною та кременистою. Результати генетично-селекційної роботи у рослинництві створюють потужну кормову базу для відродження тваринництва і на цій основі зміцнюють продовольчу безпеку України, що сприяє здоров'ю та довголіттю нації.

Ключові слова: *кукурудза, гібрид, каротиноїди, силос, тваринництво*

Одним з шляхів підвищення попиту на споживання кукурудзи в нашій країні є розширення ринку промислових та харчових продуктів, які виробляються із зерна різноманітних підвидів кукурудзи (цукрової, розлусної, кременистої, крохмальостої) [1, 2] та форм з різними ендоспермальними (sh2, o2, ae, wx) та морфотипними (bm, Lg3, lg1-2, br, ts) мутаціями [3, 4]. Відповідні напрямки досліджень позитивно впливають на розвиток інфраструктури з переробки кукурудзи в країні та збільшують експортний потенціал як сировини, так і готової продукції [5, 6]. Зараз при експорті кукурудзи 67 % виробленої сировини вивозиться у вигляді зерна [7], але для економічного розвитку кукурудзівництва важливою складовою є запровадження глибинної переробки даного продукту і саме спеціалізована кукурудза допоможе розпочати цей процес [8].

Поліпшення якості зерна шляхом підвищення вмісту різних вітамінів, зокрема, каротиноїдного комплексу, вважається перспективним напрямком селекції і не тільки для кукурудзи [9, 10, 11]. Каротиноїди виступають одним з найбільш поширених класів рослинних пігментів, який застосовується для профілактики захворювань у людини і тварин та має широкі перспективи використання в клінічній практиці. Фізіологічна роль каротиноїдів досить різноманітна, крім того, ці біологічно активні речовини мають антиоксидантні властивості [9]. Близько 50 каротиноїдів містять активний провітамін жиророзчинного вітаміну А (ретинолу). Серед каротиноїдів β-каротин є найпотужнішою і найпоширенішою сполукою [10, 11]. Відомо, що у представників тваринного світу відсутні природні механізми синтезу β- каротину, тому ця сполука повинна надходити в основному за

Інформація про автора:
Дзюбецький Борис Володимирович, *доктор с.-г. наук*, *професор, зав. відділу селекції зернових культур*, e-mail: selectdk@ukr.net, https://orcid.org 0000-0003-2955-232X

рахунок продуктів рослинного походження Кукурудза характеризується значним її основним джерелом β-каротину в харчуванні для територій з понад 1,2 млрд населення в регіонах Африки та Латинської Америки [12, 13]. Споживання продуктів виготовлених з цього злаку забезпечує добову потребу людини у вітаміні А, яка складає від 1,5-2,5 мг до 3-5 мг. Спеціалісти галузі тваринництва ще в 20-і роки минулого століття довели переваги жовтозерної над білозерною кукурудзою при відгодівлі свиней [4]. Тому, що в зерні кукурудзи міститься криптоксантин – єдиний ксантофіл (зумовлює жовтий колір), який є біологічно активним провітаміном А [14].

За даними M. L. Warburton [15] вміст загальних каротиноїдів в зерні різних форм кукурудзи варіює лише від 0 до 15 мг/кг, а більшість гібридів, які вирощуються в світі, містять лише до 1,5 мг/кг β-каротину. Разом з тим, C. E. Harjes et al. [16] зазначають, що зерно ліній жовтої кукурудзи може вміщувати 5,5-66,6 мг/кг загальних каротиноїдів та 0,06-13,6 мг/кг β-каротину. Найбільший вміст пігментів цього класу зафіксовано в зерні лінії кукурудзи L-1, яка створена генно-інженерним шляхом, – 163,29 мг/кг загальних каротиноїдів і 59,32 мг/кг β-каротину [17].

Враховуючи важливість вмісту вітамінного комплексу у зерні кукурудзи з 2003 р. в Державній установі Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України (ДУ ІЗК НААН) розгорнуто програму пошуку та селекції вихідного матеріалу з відповідними властивостями зерна спочатку в зразках харчової [18], а далі зернової кукурудзи [19].

На перших етапах селекції було відібрано матеріал який мав різний рівень відтінків жовтого та червоного забарвлення алейронового прошарку і ендосперму. Виявлено, що накопичення каротину в зернівці гібриду можна передбачити з високою точністю ґрунтуючись на даних середнього вмісту батьківських компонентів, бекросних гібридів [4, 18]. відповідна закономірність поширюється також на наступні покоління Це важливо було в перспективі проведення програм з інбридингу та прогнозу добору необхідних генотипів. Відправним результатом пошуку було виявлення висококаротинової спонтанної мутації у лінії ДК777-2, яку в подальшому зареєстровано під індексом ДК772СВЗМ. Ця ізогенна лінія характеризувалась значним вмістом антоціану, що надає їй темно-червоного кольору та в порівнянні із вихідною лінією мала вищій вміст каротину (табл. 1). Подальші дослідження виявили загальну тенденцію для ліній плазми Айодент зв'язаною зі зменшеним вмістом каротиноїдів в порівнянні із іншими геноплазмами. Внаслідок чого лінія ДК772СВЗМ незмірно цінна як компонент гетерозисної селекції зразків із високим вмістом каротиноїдів. За генетичною природою відповідна форма характеризується домінантним успадкуванням ознаки «вміст каротиноїдів» та антоціану, але в специфічних комбінаціях, особливо з формами із кременистим зерном, спостерігається наддомінування та реципрокний ефект. В подальшому на базі лінії ДК772СВЗМ створено та занесено до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні 4 гібриди (ДН Багряний, ДН Рубін, ДМК Чері, РедВайн) з підвищеним вмістом β-каротину (табл. 2). Нові гібриди мали в 1,3-2,0 рази вищий вміст каротину в порівнянні із звичайним жовтозерним гібридом Любава 279 МВ та понад в 7 разів – з білозерним ДН Вайткорн. Серед тваринників, особливо з напрямків виробництва молока та птиці, виявилась зацікавленість у новому продукті, тому що наведені гібриди характеризувались не тільки високими показниками якості зерна, але й виявляли добрий рівень продуктивності і стійкості до посухи, особливо гібрид ДН Рубін, який за результатами 4-річних досліджень зайняв 1 місце із результатом 8,82 т/га в середньоранній групі стиглості зразків конкурсного випробування. Дослідження із створення висококаротинових гібридів кукурудзи продовжуються в напрямку пошуку нового інбредного матеріалу та ефективних гетерозисних моделей. З метою вивчення природи формування ознаки «вміст каротиноїдів» у кукурудзи та більш раціонального пошуку нового інбредного матеріалу в 2016 р. розпочато дослідження за

пошуком SNP маркерів, які впливають на варіювання концентрації каротиноїдів у зерні.

У теперішній час виявлено ген *crtRB1* який є одним із ключових в біосинтезі каро-

Таблиця 1. ***Характеристика зразків кукурудзи за загальним вмістом каротиноїдів***

Назва зразка	Колір зерна	Форма зразка	Загальний вміст каротиноїдів, мг/100 г зерна	t±
ДМК Чері (зворотня комбінація)	помаранчево-червоний	гібрид	0,227	0,057
ДМК Чері (пряма комбінація)	червоний	гібрид	0,303	0,068
Дніпровський 257 СВ	жовтий	гібрид	0,142	0,049
Солонянський 298 СВ	жовтий	гібрид	0,088	0,013
ДК777-2	жовтий	лінія	0,217	0,046
ДК772СВЗМ	темно-червоний	ізогенна лінія	0,281	0,033

Таблиця 2. ***Вміст каротиноїдів у зерні гібридів кукурудзи, зареєстрованих в Україні***

Назва зразка	Колір зерна	Вміст каротиноїдів за β-каротином в перерахунку на АСР (x±Δ0,05)	Точність,% (% стандартного відхилення до середнього)*
ДН Багряний	червоний	10,79±0,58	4,74
ДН Рубін	червоний	7,52±0,71	8,29
ДМК Чері	червоний	9,00±0,41	4,04
РедВайн	червоний	7,48±0,59	9,53
Любава 279 МВ	жовтий	5,15±0,28	4,20
ДН Вайткорн	білий	1,50±0,04	2,47

Примітка. * - Критична точка 16 %.

тиноїдів та пов'язаний з їх накопиченням у ендоспермі кукурудзи [20]. Визначено три поліморфні ділянки цього гена як маркери каротиногенезу [21], в наших дослідженнях для визначення алельного стану гена *crtRB1* використовували маркер *crtRB1*-3'TE. За даними аналізу виявлено сприятливу для накопичення β-каротину алель у ліній ДК253ЗСЗМ; ДК 633/266зС, зМ; ДК 366зС, зМ [22]. Підтвердженням результативності використаного методу є гібрид ДН Багряний входить одна із виділених ліній ДК253ЗСЗМ.

Тема покращення якості зерна для потреб тваринництва може бути продовжена напрямком з невиправдано забутих високолізинових генотипів на базі гена o2 (opaque – непрозорий) завдяки якому збільшується вміст лізину в 1,5-1,8 рази, а також збільшується вміст триптофану, аспарагінової кислоти та гліцину [23]. Зміни біохімічного складу зерна високолізинових форм зв'язані з перерозподілом білкових фракцій: зниження кількості малоцінного зеїну та збільшення альбумінової, глобулінової та глютелінової фракцій. Нещодавно цей напрямок досліджень був найпопулярнішим з ендоспермальних мутацій, але нажаль практично не залишив форм, які мали широке виробниче ви-

користання [24-26]. Були районовані високолізинові гібриди Геркулес ВЛ, Одеський 20 МВЛ, Дніпровський 387 ВЛ, але вони не змогли зайняти гідного сегмента ринку і на сьогодні виключені з Державного Реєстру сортів рослин України.

В ДУ Інститут зернових культур НААН продовжується робота зі створення високолізинових аналогів гібридів Солонянський 298 СВ, Дніпровський 181 СВ і ін. За гетерозисною моделлю першого зареєстровано простий міжлінійний гібрид ДМК Опейк (табл. 3). За даними конкурсного випробування порівняння простої версії гібрида Солонянського 298 СВ доводить перевагу його високолізинового аналога ДМК Опейк за вмістом білка в зерні, зокрема збільшення лізину на 1,9 %. До того ж високолізиновий гібрид виявився більш скоростиглий, він характеризувався зменшеним періодом сходи-цвітіння качанів на 2 доби та нижчою вологість зерна при збиранні на 1,2 %. З негативних рис було помічено зменшення продуктивності на 0,85 т/га у гібрида ДМК Опейк, але вона може бути компенсованою за рахунок збалансування амінокислотного складу білка та виявленою скоростиглістю нового аналога. В зв‘язку з тим, що в Україні останнього часу

Таблиця 3. ***Порівняння простої версії гібрида Солонянський 298 СВ та його високолізинового аналогу ДМК Опейк***

Ознаки	Солонянський 298 СВ (проста версія)			ДМК Опейк		
	2008 р.	2009 р.	середнє	2008 р.	2009 р.	середнє
Врожайність зерна, т/га	7,03	6,91	6,97	6,59	5,64	6,12
Збиральна вологість зерна, %	21,2	20,4	20,8	20,4	18,7	19,6
Період сходи-цвітіння качанів, доба	61	56	58,5	58	55	56,5
Висота рослини, см	256	204,8	230,4	226	204,2	215,1
Висота прикріплення качана, см	101,3	86	93,7	83	79,3	81,2
Загальний вміст білка, %	9,2	9,5	9,4	10,0	10,2	10,1
Вміст лізину, %	2,1	2,6	2,4	4,4	4,2	4,3

в структурі тваринництва вагому частину (близько 60 %) займає птахівництво, високолізинове зерно надає перспективи інтенсифікації розвитку цій галузі. Потрібно тільки розумна політика в рекламі і технології впровадження таких гібридів, що сприятиме підвищенню яйценосності та м’ясної продуктивності птиці.

Затяжна криза в галузі тваринництва, особливо в молочному скотарстві, призвела до невиправданих суттєвих скорочень в сфері виробництва кукурудзи на силос і на сьогодні площі під відповідне призначення цієї культури не перевищують 15 % від загальних посівів кукурудзи. В 90-х роках в Україні площі під силос і зелений корм досягали 80 % загальних посівів кукурудзи.

Негативним внеском в зменшені потреб та популярності силосної кукурудзи була відмова у 1998 р. Держсортслужбою України проведення випробувань гібридів за показниками якості та врожаю силосної маси, яка практично призвела до припинення досліджень цього напрямку в країні [27]. Сьогодні в Державному реєстрі сортів рослин фактично відсутня інформація стосовно придатності гібридів кукурудзи до їх використання на зелений корм та силос. Разом з тим такі відомості потрібні для підтримки та розвитку тваринництва в Україні. Силосування є біологічним способом консервування кормів. Для цього використовують рослини кукурудзи в фазі воскової стиглості зерна, з вмістом 50 і вище відсоток сухої речовини в зерні і

більше 28 % в усій рослині. При створенні гібридів силосного типу безумовно є важливим збір зеленої маси і сухої речовини, але для підвищення якості продукції було запропоновано декілька напрямків, які забезпечували кращу енергетичну цінність корму та його перетравлення. Так, для покращення якості силосної маси важливе значення має зниження вмісту лігніну у вегетативній частині рослин шляхом залучення в генотип генів bm [28]. Перетравлення клітковини силосу у низьколігнінових форм на 13,2 % вище, а з'їдання покращувалось на 7,6 %.

Не менш важливим завданням було підвищення вмісту білку, як у зерні, так і в листостебловій масі. Вирішення цього завдання

Таблиця 4. ***Розвиток рослин та накопичення сухої речовини у перспективних гібридів кукурудзи***

№ п/п	Назва гібрида	Роки	Діб від сходів до цвітіння качанів		Середній вміст сухої речовини, %	
			середнє	коливання за роками	в рослинах	в качанах
1	Дніпровський 181 СВ	2004-2010	74,0 (+3,6)	64-81 (+3…4)	34,6 (-1,1)	49,3 (-4,1)
2	Кремінь 200 СВ	2004-2008	74,6 (+4,8)	65-80 (+3…5)	31,4 (-4,1)	45,8 (-8,7)
3	Ушицький 167 СВ	2005-2011	70,9 (+3,0)	63-80 (+2…6)	38,5 (+0,9)	51,8 (-1,1)
4	Дніпровський 257 СВ	2004-2008	74,0 (+4,4)	65-81 (+2…6)	30,7 (-4,3)	42,8 (-6,4)
5	Союз	2007-2011	72,2 (+4,8)	63-83 (+3…7)	35,1 (-3,5)	47,3 (-7,4)
6	Коло МС 280	2006-2011	74,8 (+6,5)	64-86 (+4…8)	32,0 (-5,0)	41,3 (-12,0)
7	Віраж 178 МВ	2005-2011	70,6 (+3,0)	62-84 (+2…6)	36,0 (-0,5)	47,8 (-4,7)
8	Заліщицький 191 СВ	2005-2011	74,1 (+6,2)	67-83 (+5…10)	33,0 (-4,6)	45,5 (-7,4)
9	Мрія СВ	2009-2011	71,3 (+3,6)	64-83 (+2…5)	37,4 (-0,3)	51,9 (-2,4)
10	Мара СВ	2007-2011	71,4 (+4,4)	63-82 (+2…8)	39,7 (+2,5)	51,0 (-1,6)
11	Бестселер 287 СВ	2005-2011	76,9 (+8,8)	64-90 (+4…12)	31,9 (-5,1)	44,7 (-7,6)
12	Батурин 287 МВ	2008-2011	75,0 (+6,5)	62-85 (+2…12)	36,7 (-0,3)	47,5 (-4,8)
13	Дніпровський 221 МВ	2004-2008	75,8 (+6,0)	65-81 (+5…7)	32,9 (-2,6)	43,9 (-6,9)

Примітка. В дужках показано +/- до стандарту Поліський 212 СВ.

пов'язувалось з використанням високолізинових зразків, які характеризувались підвищеним коефіцієнтом енергетичної корисності сухої речовини силосу на 21,6 %, в порівнянні з гібридами звичайної кукурудзи [29, 30]. Розроблено технологію отримання гібридів кукурудзи силосного типу з використанням міжпідвидових схрещувань та отримання кременисто-цукрових та зубоподібно-цукрових форм, що при всіх інших позитивних показниках збільшує вміст жиру в силосній масі на 0,7 % [27]. Для впровадження силосної кукурудзи на північ пропонувалось залучати до гібридизації високо холодостійкі зразки зі зменшеною нормою висіву розлусної кукурудзи із зубоподібною та кременистою [31, 32].

В свою чергу гібриди силосної кукурудзи повинні виявляти ремонтантність рослин, яка проявляється у подовженні вегетації листків та стебла при повній стиглості зерна. Такі форми особливо потрібні в посушливих степових регіонах України, які наявні у складі асортименту ДУ ІЗК НААН гібридів кукурудзи різних за стиглістю: ДБ Лада, Подільський 274 СВ, Розівський 311 СВ, Соколов 407МВ та ін.

Поширення гібридів кукурудзи селекції інституту у сільськогосподарське виробництво європейських країн та Казахстану виявило потребу відновлення досліджень із визначення придатності зразків до використання їх на силос, так як в цих країнах значна частина кукурудзи висівається саме на силос. В рамках екологічного випробування така наукова робота проводиться з 2004 року. За її результатами зареєстровано 23 гібридів кукурудзи.

Селекція ідеального гібрида кукурудзи силосного використання передбачає розтяг-

нутий період першої частини вегетації (від сходів до цвітіння качанів) та короткий – другий
(від цвітіння до визрівання). В цілому, відповідний тип вдалось реалізувати у найбільш скоростиглих гібридів Ушицький 167 СВ та Мара СВ. У гібрида Ушицький 167 СВ цвітіння качанів відмічено на 3 доби пізніше гібрида білоруського походження стандарту Поліський 212 СВ, а вміст сухої речовини в качанах був нижче на 1,1%, а у гібрида Мара – 1,6 % (табл. 4).

Таблиця 5. ***Врожайність перспективних гібридів кукурудзи та їх відхилення від стандарту, т/га***

№ п/п	назва гібрида	∑ $T_{еф.}$**, °С	Зелена маса			Суха речовина			В т.ч. качанах		
			середнє	+/- до ст. 1	+/- до ст. 2	середнє	+/- до ст. 1	+/- до ст. 2	середнє	+/- до ст. 1	+/- до ст. 2
1	Дніпровський 181 СВ	924	47,5	+6,7*	-	15,8	+1,7*	-	7,72	+1,28*	-
2	Кремінь 200 СВ	876	49,3	+8,5*	-	14,6	+0,8	-	6,43	+0,10	-
3	Ушицький 167 СВ	948	42,4	+1,8	-	15,9	+1,0	-	8,16	+1,22*	-
4	Дніпровський 257 СВ	876	53,0	+11,4*	-2,2	15,6	+1,7*	+1,0	6,33	+0,04	+0,73*
5	Союз	965	56,6	+13,0*	-0,2	19,6	+2,8*	+0,1	9,09	+1,50*	-0,04
6	Коло МС 280	958	59,2	+13,8*	-2,0	18,7	+2,0*	-1,0	7,96	+0,83*	-0,62
7	Віраж 178 МВ	948	47,9	+2,7	-6,8	16,8	+0,6	-0,4	7,77	+0,78*	+0,07
8	Заліщицький 191 СВ	948	53,6	+13,0*	-2,4	17,0	+2,1*	-0,2	7,43	+0,50	-0,11
9	Мрія СВ	1003	54,5	+6,5*	-5,8	20,0	+1,8	-1,0	10,80	+2,05*	-0,42
10	Мара СВ	965	50,7	+5,2*	-9,7	19,7	+2,7*	-0,5	10,66	+2,82*	+0,78
11	Бестселер 287 СВ	948	58,9	+16,8*	+1,2	18,4	+3,0*	+0,9	8,17	+1,12*	+0,50
12	Батурин 287 МВ	952	50,7	+6,2*	-8,6	18,3	+1,7	-1,2	9,65	+1,95*	+0,20
13	Дніпровський 221 МВ	876	52,0	+11,2*	-6,9	16,2	+2,3*	+0,3	7,00	+0,83*	+1,33*

Примітка: ст.1 +/- до стандарту Поліський 212 СВ; ст.2 +/- до стандарту Белкос 250 МВ; * прибавка істотна при $НСР_{05}$;** сума ефективних температур.

Період від сходів до цвітіння качанів у дослідних гібридів коливався від 71 (Ушицький 167 СВ, Мрія СВ, Мара СВ) до 77 діб (Бестселер 287 СВ). Порівняння із місцевим стандартом Поліський 212 СВ виявило, що гібриди зацвітали пізніше на 3-9 діб. Відносно стандарту відставання в цвітінні качанів у кожного гібрида залежало від реакції на прояв рівня тепло-забезпечення: в теплі роки дистанція зменшувалась, в холодні – збільшувалась. Міра реагування генотипів залежала від стійкості до холоду. Ґрунтуючись рівнем коливання ознаки «період сходи-цвітіння» за роками виділено найбільш холодостійкі гібриди: Дніпровський 181СВ, Кремінь 200 СВ, Дніпровський 221МВ. Найменшою холодостійкістю характеризувались гібриди: Батурин 287 МВ, Бестселер 287СВ, Мара СВ, Заліщицький 191СВ

При подальшому вивченні гібридів кукурудзи селекції ДУ ІЗК НААН відмічено позитивну специфіку, виражену в підвищені частки качанів в структурі врожаю, завдяки чому, незважаючи на більш пізній розвиток, забезпечується менша різниця у вмісті сухої речовини в рослинах відносно ранньостиглого стандарту Поліський 212 СВ.

Оскільки випробування проводилось в різні роки та середня сума ефективних температур за вегетаційний період гібрида коливалась від 876ºС (Дніпровський 221 МВ, Дніпровський 257 СВ, Кремінь 200 СВ) до 1003ºС (Мрія СВ), оцінку за скоростиглістю проводили у відношенні суми ефективних температур до вмісту сухої речовини в качанах (табл. 4; 5). Найменші коефіцієнти 18,3-18,9, розраховані відповідним чином, були у гібридів Ушицький 167 СВ, Дніпровський

181 СВ та Мара СВ, що вважаються найбільш скоростиглими із всіх дослідних гібридів. Серед дослідної вибірки самими пізніми генотипами виявились Бестселер 287 СВ, Батурин 287 МВ та Коло МС 280 зі значеннями коефіцієнтів на рівні 21,1-23,2.

Схвально відмітити, що всі гібриди селекції ДУ ІЗК НААН виявили перевищення за врожайністю зеленої маси, сухої речовини, в тому числі в качанах, над стандартом Поліський 212 СВ. Несуттєва прибавка за зеленою масою відмічена у гібридів Ушицький 167 СВ та Віраж 178 МВ, за сухою речовиною – до них додались Кремінь 200 СВ та Батурин 287 МВ. Відносно другого більш пізнього стандарту місцевої селекції виділено тільки один гібрид Бестселер 287 СВ, що мав несуттєву перевагу за зеленою масою на 1,2 т/га, але за збором сухої речовини цей стандарт несуттєво перевищили Союз, Дніпровський 221 МВ, Дніпровський 257 СВ (прибавка 0,1-1,0 т/га). Тобто за наведеними ознаками більш пізні дослідні гібриди були близькі до стандарту, як за продуктивністю, так і за скоростиглістю.

Збільшена частка качанів у структурі врожаю гібридів ДУ ІЗК НААН надає можливість отримати більш високий збір в перерахунку на суху речовину не тільки у скоростиглих гібридів, а й у відносно пізніх в порівнянні зі стандартом Поліським 212 СВ. За цією ознакою тільки Кремінь 200 СВ, Дніпровський 257 СВ та Заліщицький 191 СВ суттєво не переважали стандарт. Проте при порівнянні зі стандартом МВ гібриди Дніпровський 221 МВ та Дніпровський 257 СВ виявились суттєво кращими за врожайністю абсолютно сухих качанів.

Отже, однозначно результати генетично-селекційної роботи у рослинництві створюють потужну кормову базу для встановлення тваринництва і на цій основі зміцнюють продовольчу безпеку України, що сприяє здоров'ю та довголіттю нації.

Висновки

Таким чином, скоростиглі гібриди селекції ДУ ІЗК НААН з успіхом можуть бути використані для виробництва силосу при потенційній врожайності зеленої маси на рівні 42,4-59,2 т/га при зборі сухої речовини до 20,0 т/га. Кращими за врожайністю качанів та скоростиглістю виділено гібриди Ушицький 167 СВ та Мара СВ. Найбільш продуктивними за збором силосу та зеленого корму треба вважати гібриди Дніпровський 257 СВ та Бестселер 287 СВ.

Створення базової генетичної колекції для спеціалізованої селекції кукурудзи дозволяє розширити ринок різноманітного використання продукції, що виробляється із різних частин рослини цієї культури. Впровадження таких інноваційних розробок у виробництво стимулює не тільки прогресування та модернізацію переробної галузі, а й надає додаткові надходження селекційно-насінницьким компаніям. Проектування та реалізація відповідних напрямків використання кукурудзи активізує діяльність насінницьких компаній завдяки зрівноваженню прибутків в періоди посилення конкуренції на ринку при профіциті насіння та гарантують їх подальший розвиток в критичні періоди.

Використана література

1. Циков В.С. Кукурудза – на харчові й промислові цілі / В.С. Циков // Пропозиція. – 1998. – № 7. – С. 20-23.
2. Конопля Н.И. Кормовая ценность зерна / Н.И. Конопля // Кукуруза и сорго. – 1993. – №4. – С. 4-5.
3. Neuffer M.G. Mutant of Maize. / M.G. Neuffer, E.H. Coe, S.R. Wessler // N.Y.: Cold Spring Harbor Laboratory Press. –1997. – 468p.
4. Югенхеймер Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование : пер. з англ. /Г. В. Дерягина, Н. А. Емельяновой; [ред. с з предсл. Г. Е. Шмараева]. – М.: Колос, 1979. – 519 с
5. Ляшенко Н.О. Інтенсифікація – основний фактор підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в Степу України / Н.О. Ляшенко, Ю.В. Галушко // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. – Дніпропетровськ, 2003. – № 20. – С. 62-64.
6. Кирпа Н.Я. Проблемы развития производства и обработки зерна кукурузы в агропромышленном комплексе / Н.Я. Кирпа // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Міністерство освіти і науки України. – Одеса, 2007. – Вип. 30. – Т. 2. – 395 с.

7. 9 ошеломляющих фактов об украинской кукурузе [Електронний ресурс] / AGGEEK. 27-12-2016. Режим доступу до журн.: http://www.http://aggeek.net/ru/markets/id/9-oshelomljajuschih-faktov-ob-ukrainskoj-kukuruze-222
8. Украина впервые поставила в ЕС сахарную кукурузу и спирт [Електронний ресурс] / AgroPortal. 16-12-2016. Режим доступу до журн.: http://agroportal.ua/news/ukraina/ukraina-vpervye-postavila-v-es-sakharnuyu-kukuruzu-i-spirt/.
9. Курегян А.Г. Изучение каротиноидов тыквы методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии / А.Г. Курегян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 121-132.
10. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification/ *C.E. Harjes, , T.R. Rocheford, L. Bai, T.P. Brutnell*, et al.// Science. – 2008. – Vol. 319 - P. 330–333.
11. QTL and candidate genes phytoene synthase and z-carotene desaturase associated with the accumulation of carotenoids in maize / *Wong J. C., Lambert R. J., Wurtzel E. T.*, et al. // Theor. Appl. Genet . – 2004. – Vol. 51. – P. 349-359.
12. Color of corn grains and carotenoid profile of importance for human health/ *Sara de Almeida Rios, Maria Cristina Dias Paes, Wilton Soares Cardoso* // American Journal of Plant Sciences. - 2014.- № 5.- P. 857-862.
13. Карнаухов, В.Н. Биологические функции каротиноидов/ *В.Н. Карнаухов*. – М.: Наука, 1988. – 240 с.
14. Мусієнко М.І. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.І. Мусієнко, Т.В . Поршкова, П.С. Славний – К.: Фітоцентр, 2001. – 199 с.
15. Warburton M. L. Identification and use of rare natural genetic sequence variation to improve levels of β-carotene in maize / M. L. Warburton// Information Systems for Biotechnology News Report. – 2010. – June. – P.1-5.
16. Harjes C. E. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification / C. E. Harjes, T. R. Rocheford, L. Bai [et al.] // Science. – 2008. – Vol. 319. – P. 330-333.
17. Naqvi S. Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways / S. Naqvi, C. Zhu, G. Farre [et al.] Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2009. – Vol. 106, N 16. – P.7762-7767.
18. Успадкування консистенції ендосперму та вмісту каротиноїдів в зерні харчової кукурудзи / Т. М. Сатарова, І. Ю. Шевцова, В. Ю. Черчель [та ін.] // Селекція і насінництво. – Харків, 2007. – № 94. – С. 141-150.
19. Cherchel V. Yu. Samples with high carotenoid and anthocyan contents in maize heterosis breeding / V. Yu. Cherchel, B. V. Dzubetskij, T. A. Myronenko, T. N. Satarova // 57-th Annual Maize Genetics Conference (12-15 march 2015). – Pheasant Run St/ Charles., Illinois. – 2015. – P. 224.
20. Sagare D. B. Screening of maize (*Zea mays* L.) germplasm for *crtRB1-3'TE* allele enhancing provitamin A concentration in endosperm / D. B. Sagare, P. Shetti, S. S. Reddy [et al.] // Res. Environ. Life Sci. – 2015. – Vol 8, N 4. – P. 673 – 674.
21. Yan J. Rare genetic variation at *Zea mays crtRB1* increases beta-carotene in maize grain / J. Yan, C. B. Kandianis, C. E. Harjes [et al.] // Nat. Genet. – 2010. – Vol. 42. – P. 322 – 327.
22. Гончаров Ю.О. Алельний стан ключових генів каротиногенезу за ДНК-маркерами у ліній кукурудзи та їхніх гібридів / Ю.О. Гончаров, Б. В. Дзюбецький, Т. М. Сатарова, В. Ю. Черчель // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. Науково-практичний журнал. – № 4 (33). – 2016. – С. 26 – 32.
23. Хаджинов М.И. К проблеме высоколизиновой кукурузы / М.И. Хаджинов, К.Н. Зима // Эффективность высоколизиновой кукурузы в кормлении сельскохозяйственных животных. Сборник научных статей – Краснодар: Краснодарское книжное издательство,1972. – С. 5-14.
24. Федоренко Е.М. Ефективність селекції цінних генотипів високолізінової кукурудзи із синтетиків другого циклу добору: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / Е.М. Федоренко. – Дніпропетровськ, 1994. – 19 с.
25. Домашнев П.П. Использование модификаторов гена опейк-2 в селекции высоколизиновой кукурузы / П.П. Домашнев, В.И. Рыбак, В.В. Глушко, и др. // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск: ВНИИК, 1986. – С. 98-105.
26. Абисова В.В. Качество зерна гибридов высоколизиновой кукурузы / В.В. Абисова, В.В. Романченко // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск: ВНИИК, 1986. – С.105-109.
27. Козубенко Л.В. Селекция кукурузы на раннеспелость / Л.В. Козубенко, И.А. Гурьева. – Харьков, 2000. – 240 с.
28. Олизько А. П. Использование низколигниновых мутантов кукурузы в селекции гибридов силосного типа : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук / А. П. Олизько. – Харьков, 1987. – 20 с.
29. Телятников Н.Я. Использование на корм высоколизиновой и низколигниновой кукурузы /Н.Я. Телятников, Б.М. Михальчевский // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск: ВНИИК, 1986. – С.109-117.
30. Прилипской Н.И. Влияние мутаций o2, bm3, o2bm3 на морфологические признаки кукурузы и устойчивость к болезням и вредителям / Н.И. Прилипской // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С.58-64.
31. Симеонов Н. Създаване и проучване на двойни междулинейни хибриди царевица на силаж с участието на Zea mays Indentata и Zea mays Everta / Н. Симеонов // Генетика и селекция, 1985. - №4 (18). – С.284-290.
32. Соколов Б.П. Селекция мелкосеменных форм кукурузы на силос и зелёный корм / Б.П. Соколов, Г.К. Бурлай // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск: ВНИИК, 1986. – С.72-75.

References

1. Tsykov, V. S. (1998). Kukurudza – na kharchovi y promyslovi tsili [Corn – for food and industrial purposes]. *Propozytsiya,* 7, 20-23. [In Ukranian].
2. Konoplya, N. I. (1993). Kormovaya tsennost' zerna [Feed value of grain]. *Kukuruza i sorgo*, 4, 4-5 [In Russian].
3. Neuffer M. G. (1997). Mutant of Maize. Corn: improvement of varieties, seed production, use: per./ M.G. Neuffer, E.H. Coe, S. R. Wessler // N.Y.: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
4. Yugenkheymer, R. U. (1979). *Kukuruza: uluchsheniye sortov, proizvodstvo semyan, ispol'zovaniye* [Corn: improvement of varieties, seed production, use] M.: Kolos [In Russian].
5. Lyashenko, N. O., Halushko, Yu.V (2003). Intensyfikatsiya – osnovnyy faktor pidvyshchennya efektyvnosti vyrobnytstva zerna kukurudzy v Stepu Ukrayiny [Intensification is the main factor in increasing the efficiency of corn grain production in the Steppe of Ukraine] *Byuleten' Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN,* 20, 62-64. [In Ukranian].
6. Kyrpa, N. Ya. (2007). Problemy razvytyya proyzvodstva y obrabotky zerna kukuruzy v ahropromyshlennom komplekse [Problems of production and processing of corn grain in an agro-industrial complex]. *Naukovi pratsi Odes'koyi natsional'noyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy,* 30 (2). [In Russian].
7. 9 oshelomlyayushchikh faktov ob ukrainskoy kukuruze / AGGEEK. 27-12-2016. [9 stunning facts about Ukrainian corn] http://www.http://aggeek.net/ru/markets/id/9-oshelomljajuschih-faktov-ob-ukrainskoj-kukuruze-222
8. Ukraina vpervyye postavila v YES sakharnuyu kukuruzu i spirt [Yelektronniy resurs] / AgroPortal. 16-12-2016. [Ukraine first delivered sweet corn and alcohol to the EU] http://agroportal.ua/news/ukraina/ukraina-vpervye-postavila-v-es-sakharnuyu-kukuruzu-i-spirt/ [In Russian].
9. Kuregyan A.G. (2015). Izucheniye karotinoidov tykvy meto-dami spektrofotometrii i tonkosloynoy khromato-grafii] [Study of pumpkin carotenoids by spectrophotometry and thin layer chromatography. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 1, 121-132. [In Russian].
10. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification/ *C.E. Harjes, , T.R. Rocheford, L. Bai, T.P. Brutnell*, et al.// Science. – 2008. – Vol. 319 - P. 330–333.
11. QTL and candidate genes phytoene synthase and z-carotene desaturase associated with the accumulation of carotenoids in maize / *Wong J. C., Lambert R. J., Wurtzel E. T.*, et al. // Theor. Appl. Genet . – 2004. – Vol. 51. – P. 349-359.
12. Color of corn grains and carotenoid profile of importance for human health/ *Sara de Almeida Rios, Maria Cristina Dias Paes, Wilton Soares Cardoso* // American Journal of Plant Sciences. - 2014.- № 5.- P. 857-862.
13. Karnaukhov, V.N. (1988). Biologicheskiye funktsii karotinoidov [Biological functions of carotenoids]. M.: Nauka. [In Russian].
14. Musiyenko, M. I., Porshkova, T. V., Slavnyy, P. S. (2001). *Spektrofotometrychni metody v praktytsi fiziolohiyi, biokhimiyi ta ekolohiyi roslyn* [Spectrophotometric methods in the practice of physiology, biochemistry and ecology of plants] K.: Fitotsentr [In Ukranian].
15. Warburton M. L. Identification and use of rare natural genetic sequence variation to improve levels of β-carotene in maize / M. L. Warburton// Information Systems for Biotechnology News Report. – 2010. – June. – P.1-5.
16. Harjes C. E. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification / C. E. Harjes, T. R. Rocheford, L. Bai [et al.] // Science. – 2008. – Vol. 319. – P. 330-333.
17. Naqvi S. Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways / S. Naqvi, C. Zhu, G. Farre [et al.] Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2009. – Vol. 106, N 16. – P.7762-7767.
18. Satarova, T. M., Shevtsova, I. Yu., Cherchel, V. Yu. (2007). Uspadkuvannya konsystentsiyi endospermu ta vmistu karotynoyidiv v zerni kharchovoyi kukurudzy [Inheritance of the consistency of the endosperm and the content of carotenoids in the grain of food corn]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 94, 141-150. [In Ukranian].
19. Cherchel V. Yu. Samples with high carotenoid and anthocyan contents in maize heterosis breeding / V. Yu. Cherchel, B. V. Dzubetskij, T. A. Myronenko, T. N. Satarova // 57-th Annual Maize Genetics Conference (12-15 march 2015). – Pheasant Run St/ Charles., Illinois. – 2015. – P. 224.
20. Sagare D. B. Screening of maize (*Zea mays* L.) germplasm for *crtRB1-3'TE* allele enhancing provitamin A concentration in endosperm / D. B. Sagare, P. Shetti, S. S. Reddy [et al.] // Res. Environ. Life Sci. – 2015. – Vol 8, N 4. – P. 673 – 674.
21. Yan J. Rare genetic variation at *Zea mays crtRB1* increases beta-carotene in maize grain / J. Yan, C. B. Kandianis, C. E. Harjes [et al.] // Nat. Genet. – 2010. – Vol. 42. – P. 322 – 327.
22. Honcharov, Yu. O., Dzyubets'kyy, B. V., Satarova, T. M., Cherchel, V. Yu. (2016). Alel'nyy stan klyuchovykh heniv karotynohenezu za DNK-markeramy u liniy kukurudzy ta yikhnikh hibrydiv [Allelic status of key carotenogenesis genes according to DNA markers in maize lines and their hybrids]. *Sortovyvchennya ta okhorona prav na sorty roslyn,* 4 (33), 26 – 32 [In Ukranian]
23. Khadzhinov, M. I.,. Zima, K. N. (1972). .K probleme vysokolizinovoy kukuruzy [On the problem of.

high- *kormlenii sel'skokho-zyaystvennykh zhivotnykh.* [In Russian].
24. Fedorenko, E. M. (1994). *Efektyvnist' selektsiyi tsinnykh henotypiv vysokolizinovoyi kukurudzy iz syntetykiv druhoho tsyklu doboru* [Effectiveness of selection of valuable genotypes of high-lysine corn from synthetics of the second cycle of selection] (Extended abstract of candidate's thesis). Dnipropetrovs'k [In Ukranian].
25. Domashnev, P. P. Rybak, V. I., Glushko, V. V. (1986). Ispol'zovaniye modifikatorov gena opeyk-2 v selektsii vysokolizinovoy kukuruzy [The use of opeik-2 gene modifiers in the selection of high-lysine maize] *Selektsiya i semenovodstvo kukuruzy*. Dnepropetrovsk, 98-105. [In Russian].
26. Abisova, V. V., Romanchenko, V. V (1986). Kachestvo zerna gibridov visokoli-zinovoy kukuruzy [Grain quality of hybrids of vysokolizin corn] *Selektsiya i semenovodstvo kukuruzy*. Dnepropet-rovsk: VNIIK,– S.105-109. [In Russian].
27. Kozubenko, L. V.. Gur'yeva I. A. (2000). Selektsiya kukuruzy na rannespelost'**'**[Breeding maize for early maturity]. Khar'kov. [In Russian].
28. Oliz'ko, A. P. (1987). Ispol'zovaniye nizkolignino-vykh mutantov kukuruzy v selektsii gibridov silosnogo tipa [The use of low-lignin maize mutants in the selection of silage-type hybrids] (Extended abstract of].
of candidate's thesis). Khar'kov. [In Russian].
29. Telyatnikov, N. Ya., Mikhal'chevskiy, B. M. (1986). Ispol'zovaniye na korm visokolizinovoy i niz-koligninovoy kukuruzy [The use of high-lysine and low-lignin corn for feed] *Selektsiya i semenovodstvo kukuruzy*. Dnepropetrovsk: VNIIK, 109-117. [In Russian].
30. Prilipskoy, N. I. (1999). Vliyaniye mutatsiy o2, bm3, o2bm3 na morfologicheskiye priznaki kukuruzy i ustoychivost' k boleznyam i vreditelyam [Influence of o2, bm3, o2bm3 mutations on the morphological characteristics of maize and resistance to diseases and pests]. *Genetika, selektsiya i tekhnologiya vozdelyvaniya kukuruzy*. Krasnodar. 58 – 64. [In Russian].
31. Simeonov, N. (1985). Sŭzdavane i prouchvane na dvoĭni mezhdulineĭni khibridi tsarevitsa na silazh s uchastie-to na Zea mays Indentata i Zea mays Everta [Creation and study of double interline hybrids of silage corn with the participation of Zea mays Indentata and Zea mays Everta] *Genetika i selektsiya*, 4 (18), 284-290 [in Bulgarian].
32. Sokolov, B. P., Burlay, G. K (1986). Selektsiya melkosemennykh form kukuruzy na silos i zelënyy korm [Selection of small-seeded forms of corn for silage and green fodder]. *Selektsiya i semenovodstvo kukuruzy*. Dnepropetrovsk. 72-75 [In Russian].

UDC 633.11(324):581.134.

Dzyubetskyi B. V. Corn hybrids for special purpose for livestock needs

Animal Husbandry of the Steppe of Ukraine. 2022. 1. (1). 88-97

State institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Sciences, str. Volodymyr Vernadskyi, 14, Dnipro, 49009, Ukraine

Carotenoids are one of the most common classes of plant pigments, which are used for the prevention of diseases in humans and animals and have wide prospects for use in clinical practice. The article describes the results of the selection of corn hybrids with an increased content of vitamins of the carotenoid complex. The content of carotenoids in the seeds of hybrids registered in Ukraine was determined, and the crtRB1 gene was identified, which is one of the key factors in the biosynthesis of carotenoids and is associated with their accumulation in the endosperm of corn. Three polymorphic regions of this gene were identified as carotenogenesis markers. According to the analysis, an allele favorable for the accumulation of β-carotene was found in DK2533C3M lines; DK 633/266zS, zM; DK 366zS, zM.

The technology for obtaining silage-type corn hybrids has been developed using inter-subspecies crossings and obtaining siliceous-sugar and tooth-like-sugar forms, which, with all other positive indicators, increases the fat content in the silage mass by 0.7 %. For the introduction of silage corn to the north, highly cold-resistant samples with a reduced seeding rate of loose corn with tooth-shaped and flinty corn were involved in hybridization.

The results of genetic and selection work in crop production create a powerful fodder base for the revival of animal husbandry and, on this basis, strengthen Ukraine's food security, which contributes to the health and longevity of the nation.

Key words: *corn, hybrid, carotenoids, silage, animal husbandry*