of studied hybrids – 4. Hybrid Spokusa was used as a standard. During the entire growing season, they were examined for the duration of the growing season and a number of morphological characteristics such as plant height and attachment height of the productive ear. The above listed signs are precisely the genetic feature of the hybrids and their response to changes in air temperature and precipitation. Our research made it possible to isolate a hybrid of corn 1290 (subject to the presence of su1se1 genes in the hybrid genotype), which is attributed to the middle-early ripeness group, and is also characterized by an average plant height of 220 cm and an average ear attachment height permissible for mechanized harvesting – 60 cm. seed productivity at the level of 4.9 t/ha and is characterized by high resistance to damage by corn motile.

Key words: *sweet corn, economically valuable features, hybred, yield, mutant gene.*

УДК 631.538:633.118.3
DOI 10.31395/2415-8240-2021-99-1-230-245

МЕТОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ АДАПТОВАНОЇ ДО УМОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Я. БІЛОНОЖКО, *доктор сільськогосподарських наук*
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
О. М. ВИНОГРАДОВА, *аспірант*
Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ "ІЗ НААН"
С. П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ, *доктор сільськогосподарських наук*
Н. М. ПОЛТОРЕЦЬКА, *кандидат сільськогосподарських наук*
Уманський національний університет садівництва

Наведено результати досліджень зі створення вихідного матеріалу генетичними методами для селекції високотехнологічних гібридів цукрової кукурудзи та їх впровадження. Також наведено оцінку досліджуваних зразків кукурудзи за продуктивністю, її елементами, стійкістю до стресових умов середовища, тривалістю вегетаційного періоду, якістю зерна та іншими ознаками.

Ключові слова: цукрова кукурудза, продуктивність, вміст цукру, селекція , лінія

Постановка проблеми. Цукрова кукурудза як цінна зернова і овочева культура, була відома ще з далеких часів і широко культивувалась індійцями в Америці. На сьогодні біля 100 країн вирощують цукрову кукурудзу, площа посівів якої становить 2–2,5 млн га. Так у США цукрова кукурудза вирощується на площі 260 тис га, в країнах Західної Європи, зокрема в Угорщині на 40 тис. га [1].

На території України цією культурою засівається біля 1 тис. га, а для забезпечення потреб у продукції цукрової кукурудзи, необхідно засівати щорічно площу в 114 тис га. За агрокліматичними показниками Лісостепова зона України (Черкаська, Київська, Вінницька області) аналогічна „кукурудзяному поясу" Америки (Флорида, Каліфорнія, Огайо, Нью-Йорк), як найбільшого виробника цукрової кукурудзи у світі [2].

Однією з причин, що в Україні цукрова кукурудза не займає належного місця по посівних площах, є відсутність високотехнологічних гібридів вітчизняної селекції, які б конкурували з іноземними, власного якісного насіння по прийнятній ціні; вихідний селекційний матеріал досить обмежений, не ведеться насінництво на належному рівні.

Цукрова кукурудза відрізняється від кормової за будовою зернівки та хімічним складом. Зерно цукрової кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості містить 3,5–6 % цукру, до 3 % протеїну, 4 % жиру та вітаміни: С, В1, В2, РР, холін, біотин, мінеральні солі Са, К, Mg, Fe, Na, P, Cl, S, 0,7 % мінеральних сполук. Вміст жирів у зерні цукрової кукурудзи найвищий (3,5–7 %) у порівнянні з другими зерновими культурами [3].

Кукурудза є однією з найбільш універсальних культур, з якої по даних всесвітньої організації при ООН (ФАО) виробляється більш як 600 видів різних основних і побічних продуктів. В останні роки цукрова кукурудза і продукти її переробки набувають все більшої популярності серед українських споживачів і цим пояснюється підвищена увага до цієї культури виробників продукції. Рентабельність виробництва цукрової кукурудзи досить висока, середня урожайність у стані технічної стиглості знаходиться у межах 10,0 т/га і вище.

У цілому виробники цієї овочевої культури орієнтуються на великі ринки збуту такі як ринки консервованої, замороженої і свіжої продукції. Найбільшою популярністю у споживачів користуються консерви зрізаного зерна кукурудзи в слабкому сольовому розчині, що розфасовані у невеликі баночки і використовуються для приготування салатів. Більшість виробників це є закордонні компанії, серед вітчизняних активно працює компанія «Верес», але поступово кількість і об'єм продажу зростає за рахунок хорошої якості продукту і більш низької ціни реалізації.

Для виробників продукції цукрової кукурудзи переробні підприємства є одним з найбільших каналів реалізації. Своєчасність постачання качанів цукрової кукурудзи є дуже важливою, адже зерно швидко втрачає смакові якості, бо цукор перетворюється в крохмаль.

Смакові якості (цукристість, аромат, соковитість, ніжна консистенція) цукрової кукурудзи залежать від умов збирання. Температура повітря при збиранні повинна бути нижче 20–22 °С, а тому збирання треба проводити вечором після 18 години або до 7 години ранку. Охолодження продукції і додаткова її обробка безпосередньо після збирання зменшує втрати смакових якостей зерна. Транспортувати зібрані качани краще в обгортках і холодильних установках, які здатні підтримувати температуру 4–7 °С [3].

Для охолодження качанів зразу після збирання з метою якнайтривалішого

їх зберігання використовуються як холодильники так і гідроустановки. Качани занурюються у потік холодної води, яка знезаражується для запобігання появі мікроорганізмів, які псують продукцію. Зберігають качани без консервування протягом 21 дня при 1 °С і відносній вологості 90–95 %, при чому занурення качанів у потік води з перпендикулярною орієнтацією значно зменшують час охолодження [4]. Для переробки поставляють качани цукрової кукурудзи в стані молочної або молочно-воскової стиглості. На рослинах зерно в качанах може знаходитись не більше 5–6 діб. А тому для промислового виготовлення консервованої продукції високої якості необхідне конвеєрне постачання сировини.

Серед існуючих технологій заморожування продукції найбільш ефективна є «шокова», що дозволяє зберегти до 80 % вітамінів і смакових якостей цукрової кукурудзи. Ринок замороженої продукції цукрової кукурудзи досить молодий, але розвивається швидкими темпами. Для заморожування вибирають качани у фазі молочної стиглості, обробляють їх у кип'яченій воді, після цього зерно зрізають з качанів, складають у картонні коробки, заморожують, упаковують заморожене зерно у поліетиленові пакети і зберігають при низькій температурі.

Вимоги до якості кукурудзи, що призначається для заморожування вищі, ніж для її консервування. Не всі сорти і гібриди цукрової кукурудзи зберігають свою структуру, природній смак і колір при заморожуванні. Гібриди, які вирощуються для заморожування повинні мати зерно жовтого кольору з виходом зерна не менше 65–70 %, цукру 5–8 %, ніжну консистенцію, приємний смак і аромат. Найбільш придатним для цих цілей вважається гібрид іноземної селекції Бостон F_1.

Слід зазначити, що вимоги промислового виробництва до гібридів цукрової кукурудзи є дуже високими. Гібриди повинні мати стабільну і високу продуктивність, відповідні смакові якості зерна в молочно-восковій стиглості, ніжний і тонкий перикарп зернівок, високий вміст цукру, стійкість до стресових факторів середовища, шкідників і хвороб. Для механізованого технологічного процесу збирання качани мають бути циліндричної або слабко конусоподібної форми з рівним розміщенням рядів зерен, зерно в молочно-восковій стиглості добре виповненим, продовгуватої форми традиційно жовтого кольору (рис 1. а).

Для забезпечення високої технологічності вирощування гібриди цукрової кукурудзи повинні мати такі ознаки, як слабка кущистість рослин, оптимальне розміщення качанів по висоті стебла, синхронне їх дозрівання (рис. 1 б). Поряд з продуктивністю, імунними та іншими властивостями є ознаки, які безпосередньо не впливають на якість і кількість зібраної продукції, але в певній мірі визначають попит споживачів. До таких ознак відносяться забарвлення зернівок, правильне розміщення рядів зерен тощо. І такий напрямок досліджень як естетична селекція особливо є актуальним для цукрової кукурудзи [5].

а) б)

Рис. 1. Загальний вигляд качанів і рослин цукрової кукурудзи

а) качани у фазі молочно-воскової стиглості

б) оптимальні висота прикріплення та синхронність достигання качанів

Для створення таких гібридів, необхідний якісний вихідний селекційний матеріал адаптований до місцевих умов. У світових колекціях наявна лише досить обмежена кількість ліній, які селекціонери використовують у своїй роботі, але як правило такі лінії не адаптовані до наших кліматичних умов, а це вимагає розробки та впровадження нових методів для створення вихідного матеріалу для селекції високотехнологічних гібридів цукрової кукурудзи.

Основним джерелом для розширення генофонду є мутації та трансгресії, що виникають внаслідок рекомбінації генів. Спонтанні та індуковані мутації генів, що контролюють біохімічний склад зерна описані в літературі [6]. Завдяки мутаціям і виникла цукрова кукурудза. Поєднання методів індукованої мінливості та класичної селекції значно розширює можливості генетичного поліпшення цукрової кукурудзи

Селекція цукрової кукурудзи в основному для степових умов України розпочата академіком Б. П. Соколовим у 1957 році у колишньому Всесоюзному інституті кукурудзи. Протягом перших років вивчено біля 175 сортів-популяцій, більше однієї тисячі різних гібридів та інбредних ліній [7]. На той час сорти та гібриди іноземної селекції значно поступалися по урожайності районованим вітчизняним сортам таким як Рання золота 401, Кубанська консервна, Зоря 123, на зміну яким згодом прийшли прості гібриди Дніпровський 664, Дніпровський 756.

Інтенсивний пошук шляхів вирішення проблеми продуктивності та посухостійкості цукрової кукурудзи сприяв створенню у 80–90 роках минулого століття синтетичних популяцій різних груп стиглості таких як Делікатесна, Ароматна, Апетитна, які висіваються і зараз. Однак з часом стало відомо, що популяції не можуть конкурувати з простими іноземними гібридами, які активно з’являються на нашому ринку. Так у Державному Реєстрі сортів рослин придатних для поширення в Україні частка гібридів цукрової кукурудзи іноземних фірм в тричі перевищує вітчизняні.

Для створення вихідного матеріалу для селекції цукрової кукурудзи використовуються методи класичної селекції, експериментального мутагенезу як самостійно так і в поєднанні, що значно підвищує можливість отримання нових оригінальних мутацій і трансгресій. Трансгресивні форми, генотипи яких перевищують спектр мінливості батьківських форм за однією або декількома ознаками, виявляються при розщепленні гібридів. Позитивна трансгресія при дії мутагенами на гібридне насіння кукурудзи показана за такими ознаками продуктивності як кількість качанів на 100 рослин, маса і довжина качана, кількість рядів зерен, кількість зерен в ряду, маса 1000 зерен [8].

До трансгресивних відносяться лінії, які перевищують показники кращої батьківської форми гібриду. Численними дослідженнями доведено, що мутагенні чинники значно підвищують частоту трансгресій. Найбільш високий ступінь позитивної трансгресії отриманий по елементах продуктивності, які мають середній ступінь фенотипічного проявлення у вихідних батьківських ліній. При дії мутагенів найбільш частими є трансгресивні зміни по кількості рядів зерен – ознакою, що зазнає найменшого ступеня депресії у результаті інбридингу. Показано, що по окремих елементах продуктивності окремі трансгресивні лінії кукурудзи перевищують не лише батьківські вихідні форми, а і вихідні гібриди [8].

Створення вихідного матеріалу для селекції цукрової кукурудзи є досить важким і довготривалим процесом. Лінії, як правило, закладаються на матеріалі з хорошою генетичною основою, адаптованому до місцевих умов вирощування. Для генетичного поліпшення паралельно проводяться схрещування зразків цукрової кукурудзи з зубоподібними та кременистими формами з відомою родословною та цінними ознаками [9, 10].

Слід зазначити, що в Україні широко ведеться селекція кукурудзи зернового напрямку на посухостійкість, холодостійкість, на стійкість до стресових факторів середовища, створюються гібриди різних груп стиглості. Однак роботи по поліпшенню харчової якості зерна, підвищенню вмісту білка, незамінних амінокислот: лізину, триптофану, олії, які раніше широко проводились в СРСР, майже зникли. Така ж ситуація з селекцією кукурудзи харчового напрямку і в Росії [11, 12].

Завданням наших досліджень є створення вихідного матеріалу генетичними методами для селекції високотехнологічних гібридів цукрової кукурудзи та їх впровадження. Оцінка та добір зразків за продуктивністю і її елементами, стійкістю до стресових умов середовища, довжиною вегетаційного періоду, якістю зерна та іншими ознаками.

Мета досліджень – селекційно-генетичне поліпшення вихідного матеріалу кукурудзи кременистого та цукрового підвидів методами класичної селекції і експериментального мутагенезу та синтез на їх основі високопродуктивних, адаптивних гібридів, здатних стабільно реалізовувати свій урожайний потенціал в різних умовах вирощування.

Методика дослідження. Польові досліди проводились в Черкаській державній сільськогосподарській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», яка

розташована в центральному Лісостепу України (м. Сміла) впродовж 2020–2021 рр. Ґрунти дослідного поля реградовані чорноземи, річна кількість опадів 500–600 мм. Період дії активних температур (вище 10 °С) починається 20–28 квітня і продовжується 155–180 діб. Ймовірність заморозків до -3 °С у період посіву кукурудзи (ІІІ декада квітня -1 декада травня) складає відповідно 10 і 5 %, а в період дозрівання (вересень – перша половина жовтня) від 1 до 30 %. У зоні Лісостепу України середньоранні гібриди майже щорічно набирають суму ефективних температур 1100 °С до завершення вегетації [13].

Сівбу дослідного матеріалу проводили у третій декаді квітня на початку травня. Протягом вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження, під час цвітіння рослини самозапилювались під пергаментними ізоляторами, проводились схрещування, оцінка та добори кращих зразків.

При збиранні оцінювали зразки за п’яти бальною шкалою, відбирали кращі за продуктивністю, враховували стиглість качанів, відбирали проби для структурного аналізу. Велика увага у наших дослідах приділялась виявленню ендоспермних мутацій, визначалась довжина вегетаційного періоду, продуктивність, холодостійкість, посухостійкість, стійкість до вилягання та ламкості стебла, стійкість проти шкідників і хвороб. Оцінку стійкості до стеблових та кореневих гнилей проводили за п’яти бальною шкалою безпосередньо перед збиранням урожаю при значному перестої шляхом підрахунку кількості полеглих рослин. Смакові якості зерна цукрової кукурудзи визначали методом дегустації, вміст цукру по методиці Бертрана [14].

Результати досліджень. На основі морфобіологічної характеристики та оцінки комплексу ознак зразків колекції цукрової кукурудзи, визначена тривалість періоду від появи сходів до цвітіння 75 % волотей, виділені ранньостиглі зразки (табл. 1).

Табл. 1. Морфобіологічна характеристика зразків колекції цукрової кукурудзи за окремими ознаками, 2020–2021 рр.

Ознаки	Ліміти	$НІР_{05}$
Період до цвітіння 75 % волотей, діб	39–59	–
Висота рослин, см	119,4–150,8	*8,0*
Висота прикріплення качана, см	20,9–47,5	*7,6*
Середня маса качана, г	48,5–69,9	*11,3*
Довжина качана, см	9,6–11,9	*1,2*
Кількість рядів зерен, шт.	12–14	*0,9*
Вміст цукру, %	1,3–8,6	*0,8*

Диференціація по рівню урожайності качанів показала, що практично усі ранньостиглі форми сформували більш низьку урожайність, ніж середньоранні та середньостиглі. Продуктивність це складна полігенна ознака, що є результатом сумарної дії генетичних факторів та паратипічної мінливості., що зумовлена факторами середовища. Розроблено багато різних методів для

визначення частки спадкової мінливості полігенів, однак і зараз продуктивність, як одна з найбільш складних ознак, визначається простим методом зважування. Для повної оцінки селекційного матеріалу необхідно враховувати їх екологічну пластичність та адаптивність.

При вивченні генетичної мінливості ознак продуктивності інбредних ліній I_2 таких як маса і довжина качана, кількість рядів зерен виявлені кращі лінії, середні показники яких суттєво відрізняються від стандартних (табл. 2).

Табл. 2. Характеристика інбредних ліній цукрової кукурудзи (I_2) **по окремих ознаках продуктивності,** 2020–2021 рр.

Назва зразка	Походження	Середня маса качана, г	Довжина качана, см	Кількість рядів зерен, шт.
Л 289–3 (st 1)	1551	80,3	11,91	14
Л 277–1 (st 2)	1552	69,9	10,85	14
Л 1581–2	Чорна цукрова	72,4	12,7	14
Л 1583–1	Білосніжка, США	75,9	12,63	12
Л 1586–1	Фрау Марта	85,3**	12,17	18**
Л 1590–10	Фрау Марта	90,6**	12,37	16**
Л 1593–3	Лінкольн	96,2*	13,29*	18**
Л 1594–3	Цукрова, Австралія	107,6*	15,72*	16**
Л 1597–4	Зверх цукрова, Австралія	66,5	12,67	18**
Л 1598–5	Цукрова, Австралія	71,0	11,1	20**
Л 1600–2	Цукрова, Австралія	59,4*	10,31	22**
Л 1602–1	Цукрова, Австралія	87,8**	13,64*	18**
Л 1607–3	Цукрова, Австралія	89,5**	12,86	20**
Л 1608–2	Зверх цукрова, Австралія	55,0*	11,78	16**
Л 1610–2	Зверх цукрова, Австралія	49,1*	10,65	16**
Л 1611–1	Зверх цукрова, Австралія	50,4*	11,26	16**
Л 1612–4	Зверх цукрова, Австралія	59,6*	12,46	16**
Л 1614–1	ДКГ-1	77,8	11,33	12
$НІР_{05}$		*14,2*	*1,34*	*2*

*П р и м і т к а : * – різниця суттєва у порівнянні зі стандартом (1);*
*** – зі стандартом (2) при P_{05}*

Підвищення генотипічної мінливості окремих елементів продуктивності, виявлене у наших дослідах, сприяло позитивному добору інбредних ліній, які суттєво відрізнялись від вихідних форм покращеними елементами продуктивності.

Серед виділених інбредних ліній I_3 є лінії, що значно переважають вихідні лінії по масі, довжині качана та кількості рядів зерен (табл. 3).

Табл. 3. Генотипічна мінливість і ступінь успадкування відхилень по ознаках структури качана зразків цукрової кукурудзи (I_3), 2020–2021 рр.

Назва зразка	Походження	Середня маса качана, г	Довжина качана, см	Кількість рядів зерен, шт.
Л 289–3 (st 1)	1551	80,3	11,91	14
Л 277–1 (st 2)	1552	69,9	10,85	14
Інбредні лінії I_3				
Л 1565–3	Біла цукрова, США	89,6**	12,31**	14
Л 1569–1	Vates,	68,2	10,56	16**
Л 1572–1	К 287	92,4**	12,88**	12
Л 1573–6	Чорна цукрова	95,6**	13,76*	14
Л 1575–4	Ароматна	75,6	12,47**	12
Л 1576–4	Делікатесна	82,0	13,81*	12
Л 1577–1	ДКЛ-2	74,2	10,53	12
Л 1577–4	Kandl, Голандія	74,5	16,14*	12
Л 1578–4	Л 266	90,8**	12,21**	16**
Л 1579–1	Л 197	73,1	12,76**	12
Л 1580–6	Спокуса	64,6	12,36**	14
	Насолода, F_1	93.7	13,86	14
$НІР_{05}$		*16,7*	*1.2*	*1.34*
h^2		*0,71*	*0.93*	*0.86*
Коефіцієнт варіації, %		*13,5*	*14,6*	*17,5*
Коефіцієнт кореляції, %:		*0,59*	*0,39*	–

*П р и м і т к а : * – різниця суттєва у порівнянні зі стандартом (1);*
*** – зі стандартом (2) при P_{05}*

На основі генетичного аналізу ознак, що визначають продуктивність показано, що добір вихідного матеріалу по масі і довжині качана може бути найбільш ефективним, так як у сприятливих умовах ці ознаки контролюються адитивними генами, тоді як по інших ознаках вирішальну роль відіграє генна взаємодія [15].

Важливим критерієм генетичного аналізу кількісних ознак є визначення коефіцієнтів варіації та успадкування, за якими в деякій мірі передбачаються результати добору і який широко використовується в селекційній практиці. Ці показники спадкової мінливості використані нами для характеристики мінливості таких важливих кількісних ознак, як маса качана, довжина, кількість рядів зерен, кількість зерен в ряду, що є компонентами загальної продуктивності.

Коефіцієнт успадкування за цими ознаками становить 0,71–0,93, що свідчить про можливість успішного добору за цими ознаками. Коефіцієнт

варіації за ознаками продуктивності змінювався в межах 13,5–17,5 %. Найбільша варіабельність виявлена за ознакою кількість рядів зерен і становила 17,5 %. Розмах мінливості за окремими морфобіологічними ознаками ліній показаний у таблиці 4.

Табл. 4. Розмах мінливості окремих ознак нових інбредних ліній цукрової кукурудзи (I_3), 2020–2021 рр.

Ознаки	Л-289–3 (st)	Ліміти	*НІР*$_{05}$
Період до цвітіння 75 % волотей, діб	53	45–60	–
Висота рослин, см	172,0	142,4–178,1	*7,1–10,2*
Висота прикріплення качана, см	43,2	38,1–66,9	*5,1–9,4*
Середня маса качана, г	80,3	64,6–95,6	*14,2–16,7*
Довжина качана, см	11,9	10,6–13,9	*1,2–1,3*
Кількість рядів зерен, шт.	14	12–24	*1,3–1,9*
Вміст цукру, %	2,9	2,9–8,6	*0,82*

У результаті проведених досліджень відібрані кращі лінії по продуктивності, які переведені шляхом інбридингу у гомозиготний стан і вивчаються на комбінаційну здатність. Виділені також і ранньостиглі лінії.

Частота одержаних більш продуктивних самозапилених ліній на вихідному гібридному матеріалі з суттєвим перевищенням контрольних показників по таких елементах продуктивності як маса качана, довжина і кількість рядів зерен становить 7,19 ± 1,36 %. Ефективним є добір за ознакою «кількість рядів зерен», відібрані кращі багаторядні лінії на основі генетичних джерел з Австралії. Виділено 23 інбредні лінії, які за окремими ознаками продуктивності значно перевищують стандартні зразки. Окремі лінії цукрової кукурудзи показані на рисунках 3–5. Найвищий ступінь позитивної трансгресії по ознаках маса і довжина качана, кількість рядів зерен досягнутий при використанні багаторядних генетичних джерел.

Смакові якості зерна цукрової кукурудзи визначаються біохімічним складом і вмістом розчинних моноцукрів та полісахаридів. Ці показники залежать від генотипу зразків, фази стиглості, умов зберігання, температури повітря у період збирання тощо. Нами проведений аналіз вмісту цукру в окремих зразках цукрової та зверх цукрової кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості (табл. 5). У результаті аналізу вмісту цукру в зернівках виділені зразки з вмістом цукрів 8,6 % у зверх цукрової і 5,8 % – у білозерної кукурудзи.

Відомо, що генетична цінність ліній визначається їх комбінаційною здатністю і рівнем гетерозису. Лінії з високою комбінаційною здатністю в системі аналізуючих та діалельних схрещувань, формують і більш продуктивні гібриди. Показано, що рівень гетерозису у тесткросах цукрової кукурудзи може коливатись у межах від 10 до 144 %.

Табл. 5. Вміст цукру в зерні окремих зразків цукрової кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості, 2020–2021 рр.

Назва зразка	Репродукція	Вміст цукру, %
Л 289–3	1541- І, См,06	2,9
Л 277–1	1542- І, См,06	2,3
ЛГ-12	1546- І, См,06	2,5
ЛГ-14	1547- І, См,06	2,6
Л 253	1549- І, См,06	1,4
Л 196	1550- І, См,06	2,8
Біла цукрова	1564- І, См,06	5,8
Vates, зверх цукрова	1568- І, См,06	8,6
Спокуса	1580- І, См,06	2,6
Чорна цукрова	1581- І, См,06	3,1
Фрау Марта	1586- І, См,06	3,4
Зверх цукрова, Австралія	1608- І, См,06	6,4
Роялті	1609, См,06	2,9
Насолода	F_1, См 07	3,0
$НІР_{05}$		*0,8*

Серед наших кращих ліній по продуктивності і комбінаційній здатності є лінії: **Л 289–3** – середньорання (ФАО 200). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості у зоні Лісостепу 104 дні. Середньоросла, висота рослин – 103–170 см надземних вузлів на стеблі 11–12, листків 13–14. Качан, короткий циліндричний, формується на висоті 50,0–55,0 см, завдовжки 10–12 см, масою у фазі технічної стиглості 125–130 г, рядів зерен 16–18, верхівка озернена добре, качан повністю вкритий обгорткою, стрижень білий. Зерно у фазі повної стиглості зморщене, жовтого кольору. Вихід зерна 78,5 %. Маса 1000 зерен 160–170 г. Посухостійкість, холодостійкість відмінні. Стійка щодо вилягання, ураження пухирчастою та летючою сажками. Вирощується за інтенсивною технологією з внесенням оптимальних доз мінеральних добрив. Рекомендована густота рослин на час збирання 100 тис. шт/га. Вирощується за інтенсивною технологією з внесенням оптимальних доз мінеральних добрив. Рекомендована густота рослин на час збирання 100 тис шт/га.

Л 277–1 – середньорання (ФАО 240). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні Лісостепу – 101–104 дні. Середньоросла, висота рослин 165–168 см, надземних вузлів на стеблі 11–12, листків 13–14. Качан довгий слабоконусовидний, формується на висоті 45,0–50,0 см, завдовжки 16,5–17,0 см, масою у фазі технічної стиглості 135–140 г, рядів зерен 12–14, верхівка озернена добре, качан повністю вкритий обгорткою, стрижень білий. Зерно у фазі повної стиглості зморщене, жовтого кольору. Вихід зерна 76,5 %. Маса 1000 зерен 170–175 г. Посухостійкість, холодостійкість хороші. Стійка щодо

вилягання, ураження пухирчастою та летючою сажками.Рекомендована густота рослин на час збирання 110 тис.на га.

Л 1614-1 ранньостигла (ФАО 150). Вегетаційний період 100–105 діб. Середньоросла, висота рослин 158–164 см, висота прикріплення качанів 41,0 см. Маса качана у фазі технічної стиглості 145–150 г**,** довжина 13,5 см, рядів зерен 12–14, верхівка озернена добре, качан повністю вкритий обгорткою, стрижень білий. Зерно у фазі повної стиглості зморщене, жовтого кольору. Вихід зерна 77,5%. Маса 1000 зерен 150–165 г. Посухостійкість, холодостійкість хороші. Стійка щодо вилягання та ураження пухирчастою та летючою сажками.

Нами у результаті проведених досліджень створено гібрид цукрової кукурудзи Насолода (рис. 2), який випробувано та занесено у Державний Реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2008 рік.

Рис. 2. Качани батьківських форм і нового гібрида цукрової кукурудзи Насолода (2020–2021 рр.)

зліва – лінія Л 277–1 (опилювач)
справа – лінія Л 289–3 (материнська форма);
по центру – гібрид F_1 Насолода у фазі повної стиглості зерна

У таблиці 6 наведена структура врожаю цукрової кукурудзи польових номерів (ліній) та гібриду стандарту Насолода. Як виявилося всі номери перевищували гібрид-стандарт за такими основними показниками як маса качана та кількість рядів зерен. При цьому, найвищі показники мав номер 269 з масою 213,1 г та кількістю рядів 19,6 шт/качан.

За врожайністю істотно кращими виявилися номери 269, 272 та 276 і 277 з показниками урожайності понад 15,7 т/га (рис. 3).

Табл. 6. Структура цукрова урожаю кукурудза, 2020–2021 рр.

Показник	Польовий номер, гібрид											
	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	Гібрид Насолода (st)
Маса качана, г	213,1	183,4	172,6	190,5	170,7	154,7	181,0	159,8	147,0	192,1	143,6	140,0
Довжина качана, мм	166	175	179	19,2	177	16,4	168	197	167	184	168	171
Кількість рядів, шт.	19,6	20,2	18,0	15,8	17,2	15,4	14,8	13,8	15,2	15,3	13,6	14,6
Кількість зерен в ряду, шт.	38,5	37,4	38,2	35,3	39,0	37,1	35,6	39,5	34,4	37,0	32,7	36,0
Діаметр качана, мм	40	30	31	30	40	36	35	30	34	30	30	30

Решта номерів хоча й перевищувала гібрид-стандарт Насолода за рівнем досліджуваного показника, проте це було в межах похибки ($НІР_{05}$ = 1,5).

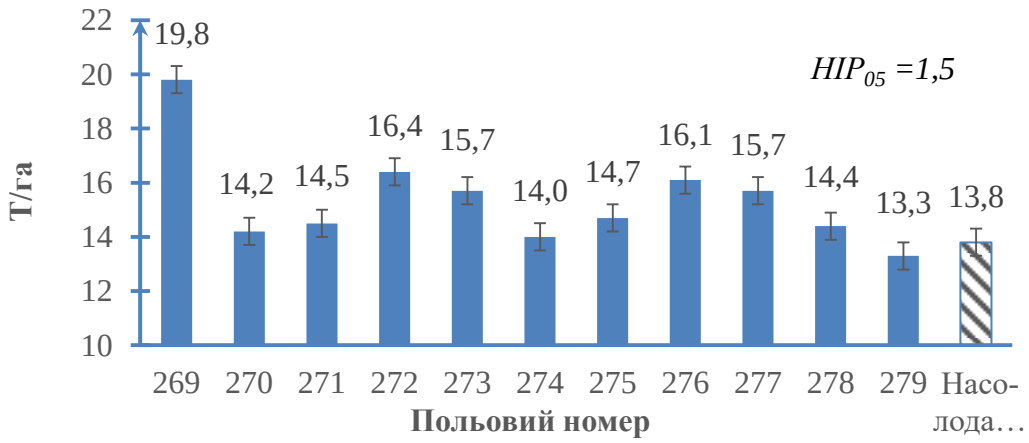

Рис. 3. Урожайність (т/га) товарних качанів у фазі технологічної стиглості, 2020–2021 рр.

Висновки. У результаті проведених досліджень відібрані кращі лінії по продуктивності, які переведені шляхом інбридингу у гомозиготний стан і вивчаються на комбінаційну здатність. Виділені також і ранньостиглі лінії.

1. Частота одержаних більш продуктивних самозапилених ліній на вихідному гібридному матеріалі з суттєвим перевищенням контрольних показників по таких елементах продуктивності як маса качана, довжина і кількість рядів зерен становить 7,19 ± 1,36 %.

2. Ефективним є добір за ознакою «кількість рядів зерен», відібрані кращі багаторядні лінії на основі генетичних джерел з Австралії. Виділено 23 інбредні лінії, які за окремими ознаками продуктивності значно перевищують стандартні

зразки.

3. У результаті аналізу вмісту цукру в зернівках виділені зразки з вмістом цукрів 8,6 % у зверх цукрової і 5,8 % – у білозерної кукурудзи.

4. Коефіцієнт успадкування кількісних ознак, як маса качана, довжина, кількість рядів зерен, кількість зерен в ряду, становить 0,71–0,93, що свідчить про можливість успішного добору за цими ознаками.

5. Всі досліджувані номери перевищують гібрид-стандарт масою качана та кількістю рядів зерен.

6. За врожайністю істотно кращими виявилися номери 269, 272 та 276 і 277 з показниками урожайності на рівні 15,7–19,8 т/га.

Література

1. Супрунов А.И. Селекция гибридов сахарной кукурузы. *Сб. Эволюция научных технологий в растениеводстве*. 2004. Т. 2. С. 229–232.

2. Маркетинг продукции кукурузы сахарной на территории Украины. *Овощеводство*. 2006 (11). С. 54–57.

3. Передистый Д. И. Кукуруза сахарная – королева овощных культур. *Агровісник України*. 2007. №1 (13). С. 43–44.

4. Vigneault C., Goyette B., Gariepy Y. et al. Effect of ear orientation on hydrocooling performance and quality of sweet corn. *Postharvest Biology and Technology*. 2007. 43. P. 351–357.

5. Новоселов С. Н., Эльмесов Х. С. Селекция кукурузы на цвет зерна как один из векторов эстетической селекции. *Сб. Эволюция научных технологий в растениеводстве*. 2004. Т. 2. С. 296–299.

6. Генетика культурных растений: кукуруза, рис, просо, овес. Ленинград: Агропромиздат, 1988. 172 с.

7. Беликов Е. И., Климова О. Е. Вишневский Н. В. Селекция сахарной кукурузы для северной Степи Украины. *Селекция и семеноводство*. 2005. № 1. С. 9–11.

8. Моргун В. В. Экспериментальный мутагенез и его использование в селекции кукурузы. К.: Наук. думка, 1983. 280 с.

9. Тарчоков А. Ю. Возвратные скрещивания в селекции и семеноводстве растений: теория, методика и практика применения. Беккроссирование в семеноводстве гибридной кукурузы. *Сб. Эволюция научных технологий в растениеводстве*. 2004. Т. 2. С. 267–275.

10. Сотченко В. С., Новоселов С. Н. Использование рекуррентного реципрокного отбора в селекции сахарной кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 1997. № 5. С. 13–16.

11. Радочинская Л. В. Перспективы и современное состояние селекции кукурузы пищевого назначения. *Сб. Эволюция научных технологий в растениеводстве*. 2004. Т. 2. С 217–223.

12. Тымчук С. М., и др. Генетическое улучшение сахарной кукурузы. Международная научно-практическая конференция «*Селекция и семеноводство овощных культур в XX1 веке*» (24–27 июля). М., 2000. Т. 2. С. 273–274.

13. Моргун В. В., та ін. Продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від тривалості вегетаційного періоду та природно-кліматичних умов. *Насінництво*. 2007. №5. С. 20–23.

14. Методы биохимического исследования ВО «Агропромиздат».

Ленинград, 1987. 420 с.
15. Климова О. Е., Куприченкова Т. Г., Плеханова Т. Ф. Экологическая пластичность и адаптивная способность гибридов сахарной кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 2007. №3. С. 18–22.

References

1. Suprunov, A. I. (2004). Breeding of sweet corn hybrids. Sat. *Evolution of scientific technologies in crop production*, 2004, vol. 2, pp. 229–232 (in Russian).
2. Marketing of sugar corn products on the territory of Ukraine. *Vegetable growing*, 2006 (11), pp. 54–57 (in Russian).
3. Peredisty, D. I. (2007). Sugar corn - the queen of vegetable crops. *Agrovisnik of Ukraine*, 2007, vol. 1 (13), pp. 43–44 (in Russian).
4. Vigneault, C., et al. (2007). Effect of ear orientation on hydrocooling performance and quality of sweet corn. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, no. 43, pp. 351–357.
5. Novoselov, S. N, Elmesov, Kh. S. (2004). Selection of corn for grain color as one of the vectors of aesthetic selection. Sat. *Evolution of scientific technologies in crop production*, 2004, vol. 2, pp. 296–299 (in Russian).
6. Genetics of cultivated plants: corn, rice, millet, oats. Leningrad: Agropromizdat, 1988. 172 p. (in Russian).
7. Belikov, E. I, Klimova, O. E. (2005). Vishnevsky NV Selection of sweet corn for the northern Steppe of Ukraine. *Selection and seed production*, 2005, no. 1. pp. 9–11 (in Russian).
8. Morgun, V. V. (1983). Experimental mutagenesis and its use in corn breeding. K.: Nauk. Dumka, 280 p. (in Rus).
9. Tarchokov, A. Yu. (2004). Backcrossing in plant breeding and seed production: theory, methodology and practice of application. Backcrossing in hybrid corn seed production Sat. *Evolution of scientific technologies in crop production*, 2004, vol. 2, pp. 267–275 (in Russian).
10. Sotchenko, V. S., Novoselov, S. N. (1997). The use of recurrent reciprocal selection in the selection of sweet corn. *Corn and sorghum*, 1997, vol. 5, pp. 13–16 (in Russian).
11. Radochinskaya, L. V. (2004). Prospects and current state of selection of food maize. Sat. *Evolution of scientific technologies in crop production*, 2004, vol. 2, pp. 217–223 (in Russian).
12. Tymchuk, S. M., et al. (2000). Genetic improvement of sweet corn. International scientific-practical conference "*Selection and seed production of vegetable crops in the 21st century*" (July 24–27). Moskov, 2000. Pp. 273–274 (in Russian).
13. Morgun, V. V., et al. (2007). Productivity of new maize hybrids depending on the length of the growing season and natural and climatic conditions. *Seed production*, 2007, vol. 5, pp. 20–23.
14. Methods of biochemical research of VO “Agropromizdat”. Leningrad, 1987. 420 p. (in Russian).
15. Klimova, O. E., Kuprichenkova, T. G., Plekhanova, T. F. (2007). Ecological plasticity and adaptive ability of sweet corn hybrids. *Corn and sorghum*, 2007, no. 3, pp. 18–22 (in Russian).

Аннотация

Белоножко В. Я., Виноградова О. М., Полторецкий С. П., Полторецкая Н.М. Методы и перспективы селекции сахарной кукурузы адаптированной к условиям Центральной Лесостепи Украины

Цель исследований *– селекционно-генетическое улучшение исходного материала кукурузы кремнистого и сахарного подвидов методами классической селекции и экспериментального мутагенеза, на их основе синтез высокопродуктивных, адаптивных гибридов, способных стабильно реализовывать свой урожайный потенциал в разных условиях выращивания.*

Методика исследования*. Полевые опыты проводились в Черкасской государственной сельскохозяйственной опытной станции ННЦ "ИЗ НААН", расположенной в центральной Лесостепи Украины (г. Смела) на протяжении 2020–2021 гг. Почвы опытного поля деградированные черноземы, годовое количество осадков 500–600 мм. Период действия активных температур (выше 10 °С) начинается 20–28 апреля и продолжается 155–180 суток. Вероятность заморозков до -3 °С в период сева кукурузы (третья декада апреля – первая декада мая) составляет соответственно 10 и 5 %, а в период созревания (сентябрь – первая половина октября) от 1 до 30 %. Сев опытного материала проводился в третьей декаде апреля в начале мая. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, во время цветения растения самоопылялись под пергаментными изоляторами, проводились скрещивание, оценка и подборы лучших образцов. Использовали общепринятые полевые, лабораторные и статистические методы исследований.*

Результаты исследований. *На основе морфобиологической характеристики и оценки комплекса признаков образцов коллекции сахарной кукурузы, определена длительность периода от появления всходов до цветения 75 % метелок, выделены раннеспелые образцы. При изучении генетической изменчивости признаков производительности инбредных линий, таких как масса и длина начала, количество рядов зерен обнаружены лучшие линии, средние показатели которых существенно отличаются от стандартных. На основе генетического анализа признаков, определяющих производительность, показано, что подбор исходного материала по массе и длине кочана может быть наиболее эффективным, так как в благоприятных условиях эти признаки контролируются аддитивными генами, тогда как по другим признакам решающую роль играет генное взаимодействие.*

Выводы*. Частота полученных более продуктивных самоопыленных линий на исходном гибридном материале с существенным превышением контрольных показателей по таким элементам производительности как масса качана, длина и количество рядов зерен составляет 7,19 ± 1,36 %. Эффективен отбор по признаку «количество рядов зерен», отобраны лучшие многорядные линии на основе генетических источников из Австралии. В результате анализа содержания сахара в зерновках выделены образцы с содержанием сахаров 8,6 % в сверхсахарной и 5,8 % – в белозерной кукурузе. Коэффициент наследования количественных признаков, таких как масса качана, длина, количество рядов зерен, количество зерен в ряду, составляет 0,71–0,93, что свидетельствует о возможности успешного отбора по этим признакам. Все исследуемые номера превышают гибрид-стандарт по массе качана и количеству рядов зерен. По урожайности существенно лучше оказались*

номера 269, 272 и 276 и 277 с показателями урожайности на уровне 15,7–19,8 т/га.

***Ключевые слова**: сахарная кукуруза, продуктивность, содержание сахара, селекция, линия*

Annotation

Bilonozhko V. Ya., Vinogradova O. M., Poltoretsky S. P., Poltoretskaya N. M.

Methods and prospects of selection of sugar corn adapted to the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine

*The **aim of the research** is selection and genetic improvement of the source material of maize silica and sugar subspecies by methods of classical selection and experimental mutagenesis and synthesis on their basis of high-yielding, adaptive hybrids capable of stably realizing their yield potential in different growing conditions.*

***Research methodology**. Field experiments were conducted at the Cherkasy State Agricultural Research Station NSC "IZ NAAN", located in the central Forest-Steppe of Ukraine (Smila) during 2020-2021. The period of action of active temperatures (above 10 ° C) begins on April 20–28 and lasts 155–180 days. The probability of frost to -3 ° C during the sowing of corn (III decade of April and the first decade of May) is 10 and 5 %, respectively, and during ripening (September – first half of October) from 1 to 30 %. Sowing of the experimental material was carried out in the third decade of April in early May. During the growing season, phenological observations were made, during flowering the plants self-pollinated under parchment insulators, crossbreeding, evaluation and selection of the best samples were performed. Common field, laboratory and statistical research methods were used.*

***Research results**. Based on the morphobiological characteristics and assessment of the set of features of the samples of the sugar corn collection, the length of the period from emergence to flowering to 75 % of the panicles was determined, early-maturing samples were selected. When studying the genetic variability of the characteristics of the performance of inbred lines such as weight and length of the head, the number of rows of grains revealed the best lines, the average of which differs significantly from the standard. Based on genetic analysis of performance traits, it has been shown that the selection of starting material by cob weight and length may be most effective, as under favorable conditions these traits are controlled by additive genes, while other traits play a crucial role.*

***Conclusions**. The frequency of the obtained more productive self-pollinated lines on the original hybrid material with a significant excess of control indicators for such elements of productivity as cob weight, length and number of rows of grains is 7.19 ± 1.36 %. Selection based on "number of rows of grains" is effective, the best multi-row lines are selected based on genetic sources from Australia. As a result of the analysis of the sugar content in the grains, samples with a sugar content of 8.6% in the top sugar and 5.8 % in the white corn were selected. The coefficient of inheritance of quantitative traits, such as cob weight, length, number of rows of grains, number of grains in a row, is 0.71–0.93, which indicates the possibility of successful selection of these traits. All studied numbers exceed the hybrid standard by cob weight and number of rows of grains. Numbers 269, 272 and 276 and 277 were significantly better in terms of yield, with yields of 15.7–19.8 t/ha.*

***Key words**: sweet corn, productivity, sugar content, breeding, line*