

*Studies have shown that on average for 5 years the productivity of sugar beet root crops-to-clover at saturation of the crop rotation with nitrogen at rates of 45 and 90 kg/ hectare in grounds P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> and P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> was 44.6 and 49.9 kg/ hectare, respectively, and the productivity of sugar beet root crops-to-corn for silage was 43.4 and 49.5 kg/ hectare. For saturation of the crop rotation with manure at rates of 9 and 18 t/ hectare, the productivity of sugar beet roots-to-clover was 42.7 and 49.7 t/ hectare and the productivity of sugar beet root crops-to-corn for silage was 41.6 and 48.6 t/ hectare. Higher yield of sugar beet roots-to-clover and sugar beet root crops-to-corn for silage (51.7 and 50.7 t/ hectare, respectively) was obtained by the joint application of manure and mineral fertilizers at the rate of 30 t/ hectare + N<sub>60</sub>P<sub>135</sub>K<sub>30</sub>.*

*The sugar content in root crops depended on the dosage of fertilizer application and sugar beet pre preceding crops. In the mineral fertilizer system a significant decrease in the sugar content of root crops by 0.3-0.5% compared to the check variant was of sugar beet root crops-to-clover and by 0.2-0.4% of sugar beet root crops-to-corn for silage. In the organic fertilizer system the application of 60 t/ ha of manure for sugar beet reduced the sugar content by 0.4% and the sugar content of root crops-to-corn for silage decreased by 0.2%. For the joint application of organic and mineral fertilizers (30 t/ hectare + N<sub>60</sub>P<sub>135</sub>K<sub>30</sub>) the decrease in the sugar content of root crops-to-clover was 0.4% and the decrease in the sugar content of root crops-to-corn for silage was 0.3%.*

*In both parts of the crop rotation the higher productivity of sugar beet in the podzolized chernozem of Right-bank Forest-Steppe was obtained after the joint application of manure and mineral fertilizers. For saturation of the crop rotation with manure at the rate of 9 t/ hectare and mineral fertilizers at the rate of N<sub>45</sub>P<sub>67.5</sub>K<sub>36</sub> with a direct application of 30 t/ hectare of manure + N<sub>60</sub>P<sub>135</sub>K<sub>30</sub> the sugar yield of root crops-to-clover was 9.07 t/ hectare and the sugar yield of root crops-to-corn for silage was 8.84 t/ hectare.*

**Key words:** *sugar beet, manure, mineral fertilizers, pre preceding crops, crop rotation.*

**УДК: 575.826:631.555**

## **УРОЖАЙНІСТЬ ТА АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ МАТЕРИНСЬКОГО КОМПОНЕНТУ**

**М. О. Макарчук, кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва**

*Висвітлено урожайність гібридних комбінацій простого і трилінійного гібридів Піонер-Гран 3978 та Гран-6 за наявності у їх генотипах генетичних маркерів забарвлення зернівки a1, a2 і ACR. Показано можливість використання маркерів для спрощення контролювання гібридності насіння, без зменшення їх врожайного потенціалу. Представлено результати вивчення адаптивної здатності гібридних комбінацій в умовах Правобережного Лісостепу і Південного Степу України.*

**Ключові слова:** *гібрид, гібридна комбінація, генетичний маркер, парагвайський, молдавський та функціональний типи стерильності, закріплювач стерильності, відновлювач фертильності.*

**Постановка проблеми.** Кукурудза є однією із важливих зернових та кормових культур. Лідерами її виробництва є США та Китай, тоді як у списку

світових виробників Україна займає сьоме місце випереджуючи Мексику і Францію [1].

На території України кожна агрокліматична зона має своїх виробників насіння. Таким чином, регіони повністю забезпечені вітчизняним посівним матеріалом м'якої і твердої пшениці та ячменю. Однак, із насінневого матеріалу кукурудзи гібриди іноземної селекції становлять 60 %. У таких умовах державний контроль повинен бути направлений на підтримку українського виробника [2].

Серед зернових культур у нашій країні кукурудза посідає третє місце поступаючись пшениці і рису. Проте, крім зернової продукції її вирощування має важливе значення для навколишнього середовища. Оскільки, рослини поглинають вуглекислий газ і насичують повітря киснем, а один гектар поля кукурудзи забезпечить киснем на рік до півсотні людей [3]. Отже, збільшення площ її вирощування має, окрім, економічного і екологічне значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Урожайність рослин є одним із найважливіших критеріїв оцінки вирощуваних гібридів. Половина отриманого врожаю — результат ефективно проведеної селекційної роботи, тоді як іншу його частину обумовлюють умови вирощування і агротехнічні заходи з догляду за посівами [4, 5].

Найпоширенішим методом отримання гібридного насіння кукурудзи є застосування ручної кастрації рослин з високою його собівартістю. Нині для здешевлення виробництва насіння гетерозисних гібридів використовуються материнські лінії з різними типами цитоплазматичної чоловічої стерильності, які є вивченими варіантами генетичної системи контрольованого розмноження (ГСКР) кукурудзи. На думку селекціонерів М. Т. Франковської, Л. Г. Огняник, О. А. Шацької та інших 10 % гарантованої врожайності рослин залежить від типу цитоплазми [6].

Особливої уваги заслуговує ГСКР на основі генів *Vg* – (*Vestigial glume*) функціональної стерильності (розроблена відповідно за патентами України — 40276 А, 40277 А, 40278 А), які викликають зміни генеративних органів, без порушень генетичних механізмів мікроспоро- і макроспорогаметогенезу. Для спрощення контролювання гібридності насіння і здешевлення його виробництва за застосування різних ГСКР є використання маркерних генів забарвлення зернівки кукурудзи (контроль гібридності за фенотипом) [7, 8]. Тому з'ясування впливу генетичних маркерів у різних системах розмноження на господарсько-цінні ознаки та адаптивну здатність гетерозисних гібридів кукурудзи у різних агроекологічних умовах вирощування є актуальним завданням.

**Мета дослідження** – проаналізувати та визначити прояв врожайного потенціалу і адаптивної здатності гібридного насіння кукурудзи отриманого за використання генетичних маркерів забарвлення зернівки *a1*, *a2* і *ACR* різних генетичних систем контрольованого розмноження для умов Правобережного Лісостепу і Південного Степу України.

**Методи і матеріали дослідження.** Випробовування гібридів проводили у різних ґрунтово-кліматичних умовах: на дослідних ділянках Уманського

національного університету садівництва в агрокліматичних умовах Правобережного Лісостепу та Брилівській дослідній станції в умовах Південного Степу України. Дослідження проводили за «Методикою кваліфікаційної (технічної) експертизи сортів рослин з визначення показників придатності до поширення в Україні (зернові, круп'яні та зернобобові види)» (2012) [9]. Зокрема під час збирання підраховували кількість рослин та визначали масу зібраних качанів з ділянки. Вологість зерна під час збирання врожаю визначали термостатно-ваговим методом [10].

Для дослідження параметрів адаптивної здатності, стабільності та селекційної цінності генотипів використовували методику А. В. Кільчевського та Л. В. Хотильової [11, 12]. Статистичний аналіз даних виконували за Р. Фішером [13] за використання спеціальних програм для персонального комп'ютера "STAT" та MS"Excel".

Матеріалами досліджень слугували комбінації гібрида Піонер-Гран 3978 (отриманий за схрещування стерильного материнського компонента ПЗСа2а2, стерильність якого забезпечується ЦЧС парагвайського типу з генетичним маркером *a2*, який в гомозиготному стані визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні, і батьківського компонента з генами відновлення фертильності П5СВСІСІ і маркером *СІ*, який пригнічує прояв пурпурового забарвлення) з гібридними формами: ПЗзМVg1Vg1a2a2×П5СВСІСІ – материнський компонент функціонального типу стерильності з маркером *a2*; ПЗМa1a1×П5МBа1a1 – материнська форма молдавського типу стерильності з генетичним маркером *a1* у обох батьківських комбінаціях (*Anthocyaninless-1*), який визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні; ПЗзМАСR×П5МBСВР-RR – материнська лінія фертильний закріплювач молдавського типу стерильності з доміантними генетичними маркерами *АСR*, які у гомозиготному стані визначають наявність антоціанового забарвлення алейрону і перикарпію, а батьківська лінія з генами відновлення фертильності має маркер *P-RR*, який викликає червоне забарвлення перикарпію.

У варіантах досліду також вивчали комбінації гібрида Гран-6 отриманого за схрещування материнського компонента П7зС — фертильна форма, стерильність якого забезпечується ЦЧС парагвайського типу, і батьківського компонента з генами відновлення фертильності П26СBа1a1 і маркером *a1* (*Anthocyaninless-1*), який визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні у таких гібридних форм: П7зCа1a1×П26СBа1a1 – материнська лінія фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності з генетичним маркером *a1*; П7зCVg1Vg1×П26СBа1a1 – материнський компонент функціонального типу стерильності, що запилювали пилком аналога тієї ж батьківської форми, що і в контрольному варіанті. Вирощували також гібридну комбінацію П7зCАСR×П26СВСІСІ – материнська лінія якої фертильний закріплювач стерильності парагвайського типу з доміантними генетичними маркерами *АСR*, а батьківська лінія з генами відновлення фертильності і маркером *СІ*.

**Результати досліджень.** Основним із показників цінності

новоствореного гібрида кукурудзи є рівень врожайності. У наших дослідженнях за роки проведення випробувань гібриди мали суттєву відмінність за даною ознакою. Проте, істотний вплив на продуктивність матеріалу мали погодні умови зон проведення досліджень.

За нашими даними, отриманими в умовах Правобережного Лісостепу, досліджуванні форми простого гібрида Піонер-Гран 3978 мали істотну надбавку врожаю до контролю, яка складала від 0,9 до 2,1 т/га, тоді як в умовах Південного Степу вона також була суттєвою і складала від 0,8 до 1,6 т/га (табл. 1). Однак, найвищу продуктивність 6,8 та 8,9 т/га, відповідно, забезпечили гібридні комбінації з материнськими лініями: фертильний закріплювач молдавського типу стерильності за наявності у генотипі домінантних генетичних маркерів *ACR* в агрокліматичних умовах Правобережного Лісостепу та гібридна форма молдавського типу стерильності з генетичним маркером *a1* у обох батьківських компонентах в умовах Південного Степу.

За вирощування гібридних комбінацій трилінійного гібрида Гран-6 можемо вказати, що лише в умовах Правобережного Лісостепу суттєву надбавку врожаю забезпечили комбінації П7з*Calal*×П26С*Balal* та П7з*SACR*×П26С*BICI* в обох зонах проведення досліджень. Остання із вказаних форм забезпечила найбільшу надбавку врожаю серед апробованих форм (1,9 та 1,2 т/га до контролю, відповідно).

Однак, слід відмітити, що серед вирощуваних гібридних комбінацій найвищу надбавку врожаю забезпечили гібридні форми з материнськими лініями фертильний закріплювач молдавського і парагвайського типів стерильності за наявності домінантних генетичних маркерів *ACR* (П3з*MACR*×П5МВР-*RR* та П7з*SACR*×П26С*BICI*) в обох зонах проведення досліджень, що свідчить про позитивний вплив на врожайність введення у генотип материнського компонента домінантних маркерів *ACR*.

Однак, порівнюючи дані врожайності гібридних форм простого і трилінійного гібрида з материнською лінією функціонального типу стерильності можемо відмітити істотну надбавку лише у групі простих гібридів. За таких умов ми можемо пояснити збільшення врожайності за рахунок введення у генотип материнського компонента генетичного маркера *a2*, що підтверджується даними в обох зонах проведення досліджень.

Аналіз даних гібридних форм за наявності у материнському компоненті генетичного маркера *a1* дає можливість встановити істотну надбавку врожаю у форми зі стерильною материнською лінією в умовах Лісостепу і Степу.

Визначним показником, щодо витрат на доведення зерна до базової кондиції є збиральна вологість зерна. У наших дослідженнях істотне збільшення вологості зерна під час збирання мали гібридні комбінації простого гібрида з материнською лінією фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності з генетичним маркером *a1* та форма трилінійного гібрида функціонального типу стерильності з генетичним маркером *a2* у обох зонах проведення досліджень. Проте, слід вказати, що дані форми в умовах Правобережного Лісостепу потребують додаткових

затрат на досушування зерна до стандартної 14 % вологості. В умовах Південного Степу її істотне збільшення становило від 2,3 та 1,6 % до контролю, однак при порівнянні вологості зерна до базових даних різниця становила 0,5 та 1,1 %.

### 1. Урожайність та збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи залежно від генотипу материнського компоненту

| Гібридна комбінація         | Правобережний Лісостеп |                              | Південний Степ    |                              |
|-----------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
|                             | урожайність, т/га      | збиральна вологість зерна, % | урожайність, т/га | збиральна вологість зерна, % |
| Прості гібриди              |                        |                              |                   |                              |
| Піонер-Гран 3978 (контроль) | 4,7                    | 24,3                         | 7,3               | 12,2                         |
| ПЗзMVg1Vg1a2a×П5СВСІСІ      | 5,6*                   | 26,1*                        | 8,1*              | 13,0                         |
| ПЗMalal×П5MBalal            | 5,7*                   | 27,3*                        | 8,9*              | 14,5*                        |
| ПЗзMACR×П5MBP-RR            | 6,8*                   | 24,5                         | 8,5*              | 12,5                         |
| НІР <sub>05</sub>           | 0,3                    | 1,5                          | 0,3               | 1,1                          |
| Трилінійні гібриди          |                        |                              |                   |                              |
| Гран-6 (контроль)           | 5,7                    | 27,1                         | 7,5               | 13,5                         |
| П7зCVg1Vg1×П26СВalal        | 5,7                    | 29,5*                        | 7,8               | 15,1*                        |
| П7зCalal×П26СВalal          | 7,5*                   | 26,0                         | 7,8               | 14,9*                        |
| П7зCACR×П26СВСІСІ           | 7,6*                   | 24,9*                        | 8,7               | 13,7                         |
| НІР <sub>05</sub>           | 0,3                    | 1,4                          | 0,4               | 1,2                          |

Примітка: \* – істотно на рівні  $P > 0,05$ ;

Отже, за нашими даними найбільшу врожайність та найменшу збиральну вологість зерна серед досліджуваних гібридних форм мали комбінації за наявності у материнському компоненті групи доміантних генетичних маркерів.

Для впровадження у виробництво нових високопродуктивних гібридів кукурудзи необхідно провести ідентифікацію генотипів за показниками адаптивної здатності в конкретних умовах подальшого їх вирощування [14] зважаючи на реальну, а не на потенційну врожайність [15]. Особливу увагу необхідно приділити здатності рослинного організму підтримувати оптимальні особливості його росту і розвитку та збереженню стабільності прояву цих функцій.

У наших дослідженнях для визначення параметрів загальної адаптивної здатності (ЗАЗ), варіанси специфічної адаптивної здатності (САЗ) і селекційної цінності генотипів використовували методику запропоновану А. В. Кільчевським і Л. В. Хотильовою, найпоширенішу для селекції та насінництва культури [16]. Використання даної методики дає можливість

досліджувати матеріали в більшій кількості пунктів і років. За таких умов основним критерієм для встановлення екологічної пластичності і стабільності є врожай гібридів кукурудзи [17].

Аналіз даних вказує, що найвищий ефект ЗАЗ у досліді від 1,0 до 1,1 % (відповідно при середній врожайності 6,8 ; 7,5 та 7,6 т/га) мали гібридні комбінації ПЗзМАСР×П5МВСВР-RR (материнська лінія — фертильний закріплювач стерильності молдавського типу з генетичними маркерами АСР, а батьківська лінія — з генами відновлення фертильності і маркером Р-RR) та П7зСалал×П26СВалал (материнська лінія — фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності з генетичним маркером *al* у обох батьківських компонентах), і П7зСАСР×П26СВСІСІ (материнська лінія — фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності з генетичними маркерами АСР, а батьківська лінія — з генами відновлення фертильності та маркером СІ) (табл. 2.).

## 2. Адаптивна здатність та стабільність гібридів кукурудзи залежно від генотипу материнського компоненту в умовах Правобережного Лісостепу

| Гібридна комбінація         | Ефект ЗАЗ | Варіанса САЗ<br>( $\sigma^2$ САЗi) | Відносна<br>стабільність<br>(Sgi) | Коефіцієнт<br>регресії (bi) | Селекційна<br>цінність<br>генотипу |
|-----------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Прості гібриди              |           |                                    |                                   |                             |                                    |
| Піонер-Гран 3978 (контроль) | -0,9      | 0,1                                | 7,3                               | 0,8                         | 2,2                                |
| ПЗзMVg1Vgla2a×П5СВСІСІ      | 0         | 0,2                                | 5,9                               | 0,9                         | 3,2                                |
| ПЗМалал×П5МВалал            | 0,1       | 0,1                                | 8,0                               | 1,3                         | 2,4                                |
| ПЗзМАСР×П5МВР-RR            | 1,1       | 0                                  | 4,9                               | 0,7                         | 4,4                                |
| Трилінійні гібриди          |           |                                    |                                   |                             |                                    |
| Гран-6 (контроль)           | -0,8      | 0,1                                | 5,3                               | 0,8                         | 3,7                                |
| П7зCVg1Vg1×П26СВалал        | -0,8      | 0,2                                | 7,8                               | 0,9                         | 2,8                                |
| П7зСалал×П26СВалал          | 1,0       | 0,4                                | 8,0                               | 1,1                         | 3,5                                |
| П7зСАСР×П26СВСІСІ           | 1,1       | 0,4                                | 8,0                               | 1,2                         | 3,6                                |

Варіанса специфічної адаптивної здатності вказує на різницю ЗАЗ до певних умов середовища. За нашими даними гібридна комбінація ПЗзМАСР×П5МВСВР-RR не мала відхилення за варіансою САЗ, що вказує на відсутність реакції генотипів на зміну умов вирощування.

Однак, гібридні форми (П7зСалал×П26СВалал і П7зСАСР×П26СВСІСІ) з фертильними материнськими лініями парагвайського типу стерильності генетичними маркерами *al* та АСР, відповідно, мали найвищу варіансу САЗ 0,4 %, що вказує на залежність урожайності від зміни погодних умов

вирощування.

Для визначення стабільності прояву ознаки використовували показник відносної стабільності. Найвище його значення 4,9 % серед досліджуваних форм мала гібридна комбінація ПЗМАСР×П5МВР-RR. Необхідно зазначити, що навіть за високої врожайності у деяких гібридів відносна стабільність генотипу була не високою, а тому для кращого всебічного вивчення їх реакції на умови вирощування використовували коефіцієнт регресії за яким досліджувані форми розділили на високопластичного, середньопластичного та інтенсивного типів.

За вирощування коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 в агрокліматичних умовах Лісостепу до високопластичного типу віднесено форми ПЗМVG1VG1a2a×П5СВСІСІ, ПЗМАСР×П5МВСВР-RR та П7зCVg1Vg1×П26СВалал. У даній груп гібридів у екстремальних умовах вирощування ініціюються гени, які у певні фази розвитку створюють протидію несприятливим умовам. І чим більше відмічається стійкість рослин, тим імовірніше проявляється дія не одного гена, а сукупна їх взаємодія.

До інтенсивного типу гібридів віднесено гібридні форми ПЗМалал×П5МВалал, П7зСалал×П26СВалал та П7зСАСР×П26СВСІСІ.

Вдале поєднання врожайності та стабільності гібридів визначає показник селекційної цінності генотипу. Найбільшу СЦГ в агрокліматичних умовах Лісостепу мали гібридні комбінації ПЗМАСР×П5МВСВР-RR (СЦГ=4,4 од.) та П7зСАСР×П26СВСІСІ (СЦГ=3,6 од.). Гібридна форма П7зCVg1Vg1×П26СВалал мала СЦГ на рівні 2,8 однак за від'ємного значення ефекту ЗАЗ, вона характеризується, як залежна від змін кліматичних умов.

Для агрокліматичних умов Степу основними лімітуючими факторами вирощування кукурудзи є кількість опадів і температура повітря. У наших дослідженнях високими значеннями ефектів ЗАЗ (від 0,9 до 0,7 %) характеризувалися гібридні комбінації з материнськими лініями парагвайського типу стерильності з генетичним маркером *al* у обох батьківських компонентах та фертильний закріплювач молдавського типу стерильності з домінуючими генетичними маркерами *АСР*, із середньою врожайністю 8,9 і 8,7 т/га відповідно, яка вказує на здатність гібридів давати постійно високі врожаї за різних кліматичних умов вирощування (табл. 3). Гібрид Гран-6, як і його дві гібридні форми П7зCVg1Vg1×П26СВалал та П7зСалал×П26СВалал із врожайністю 5,7–7,5 т/га характеризувалися від'ємним значенням ефектів ЗАЗ від -0,2 до -0,4 %.

Варіанса САЗ визначає стійкість гібридів до стресових умов середовища, високих температур, приморозків, ураження хворобами та пошкодження шкідниками. У наших дослідженнях найбільше значення варіанси САЗ 1,5 % отримано у комбінаціях з материнською лінією молдавського типу стерильності з генетичним маркером *al* в обох батьківських компонентах ПЗМалал в агрокліматичних умовах Правобережного Лісостепу, а також у гібридної форми з лінією функціонального типу стерильності та генетичним маркером *a2* в умовах Південного Степу.

Важливим показником адаптивності є відносна стабільність генотипу.

Найкращим варіантом поєднання стабільності 8,2 % і врожайності 8,5 т/га виявилася гібридна комбінація ПЗзМАСR×П5МВСВР-RR, материнська лінія якої є фертильний закріплювач стерильності молдавського типу з маркерами АСR, а батьківська лінія – з генами відновлення фертильності і маркером Р-RR. Слід зазначити, що гібридна комбінація ПЗMalal×П5MBalal з найбільшою врожайністю у досліді мала середню стабільність генотипу 13,7 %.

### 3. Адаптивна здатність та стабільність гібридів кукурудзи залежно від генотипу материнського компоненту в умовах Південного Степу

| Гібридна комбінація         | Ефект ЗАЗ | Варіанса САЗ ( $\sigma^2_{САЗ}$ ) | Відносна стабільність ( $S_{gi}$ ) | Коефіцієнт регресії ( $vi$ ) | Селекційна цінність генотипу |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Прості гібриди              |           |                                   |                                    |                              |                              |
| Піонер-Гран 3978 (контроль) | -0,7      | 0,8                               | 11,9                               | 1,1                          | 2,9                          |
| ПЗзMVg1Vg1a2a×П5СВCICI      | 0,1       | 0,6                               | 9,6                                | 1,1                          | 4,1                          |
| ПЗMalal×П5MBalal            | 0,9       | 1,5                               | 13,7                               | 1,6                          | 2,7                          |
| ПЗзМАСR×П5МВР-RR            | 0,5       | 0,5                               | 8,2                                | 0,9                          | 5,0                          |
| Трилійні гібриди            |           |                                   |                                    |                              |                              |
| Гран-6 (контроль)           | -0,4      | 0,1                               | 5,1                                | 0,3                          | 5,1                          |
| П7зCVg1Vg1×П26СВBalal       | -0,2      | 0,5                               | 9,1                                | 1,2                          | 3,3                          |
| П7зCalal×П26СВBalal         | -0,2      | 0,4                               | 7,8                                | 1,0                          | 4,0                          |
| П7зСАСR×П26СВCICI           | 0,7       | 0,7                               | 9,5                                | 1,4                          | 3,5                          |

Розподіляючи досліджувані гібриди за врожайністю і адаптивним потенціалом визначено, що коізогенні аналоги діляться на високопластичний і інтенсивний типи. До інтенсивного типу відносяться майже всі гібридні комбінації як простого так і трилійного гібрида, окрім, гібридних форми з материнською лінією ПЗзМАСR×П5МВСВР-RR фертильний закріплювач молдавського типу стерильності з генетичними маркерами АСR ( $vi=0,9$ ) — високопластичного та з материнською лінією фертильний закріплювач парагвайського типу з маркером *al* у обох батьківських компонентах ( $vi=1,0$ ) П7зCalal×П26СВBalal.

Вдале поєднання врожайності та стабільності гібридів визначає показник селекційної цінності генотипу. За даними досліджень (табл. 3) серед гібридних форм найбільше значення СЦГ забезпечили зразки ПЗзМАСR×П5МВСВР-RR та П7зCalal×П26СВBalal 5,0 та 4,0 од., відповідно.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, можливість отримання високопластичних гібридів кукурудзи за використання різних генетичних систем контрольованого розмноження з генетичними



маркерами a1, a2 та ACR.

Виявлено, що серед досліджуваних гібридних комбінацій найбільшу зернову продуктивність як у середньому, так і за роками проведених досліджень забезпечила комбінація ПЗзMACR×П5MBP-RR.

На основі всебічного вивчення реакції гібридних комбінацій на умови вирощування з їх оцінкою адаптивної здатності і стабільності генотипу встановлено, що наявність у генотипі материнського компонента домінантних генетичних маркерів ACR у комбінації простого гібрида сприяло отриманню стабільного високого врожаю за зміни погодних умов, натомість ці ж генетичні маркери у аналога трилінійного гібрида Гран-6 призвели до підвищення чутливості матеріалу до умов вирощування.

### Література

1. Эспри Л. Выращивание кукурузы в Центральной и Восточной Европе // Агроном. 2015. №1 (51). С. 88–102.
2. Приходько В. І. Стан і перспективи державного контролю насінництва в Україні // Насінництво. 2013. № 4. С. 1–3.
3. Фадеев Л. В. Кукуруза: развитие культуры и востребованность в Украине // Агроном. 2015. № 4 (50). С. 78–84.
4. Гаврилюк В. М., Загинайло М.І., Лівандовський А.А. та ін. Гібриди кукурудзи: грані проблеми // Насінництво. 2015. № 3–4. С. 4–7.
5. Йованович Ж., Виденович Ж., Вескович М. Технология выращивания ЗП гибридов кукурузы в условиях интенсивного производства // Кукуруза и сорго. 2000. № 4. С. 22–24.
6. Франковская Т. М., Огняник Л. Г., Шацкая О. А. и др. Испытание гибридов кукурузы с участием стерильных аналогов, полученных методами беккрасса и андрогенеза // Кукуруза и сорго. 2009. № 1. С. 6–8.
7. Парій М. Ф. Генетична система контрольованого розмноження кукурудзи на основі генів функціональної чоловічої стерильності: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата. с.-г. наук / Інст. клітинної біол. та ген. інженерії. К., 2005. 20 с.
8. Парій М. Ф., Парій Я. Ф., Парій Ф. М. Контроль алелів генів стерильності кукурудзи при розмноженні стерильних форм на основі двох генів чоловічої стерильності та маркерного гена // Зб. Наук. праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83. С. 56–62.
9. Методикою кваліфікаційної (технічної) експертизи сортів рослин з визначення показників придатності до поширення в Україні (зернові, круп'яні та зернобобові види)» (2012) К. С. 78.
10. Зерно і зернопродукти. Визначення вологості (базовий контрольний метод): ДСТУ ГОСТ 29144:2009. [Введ. в дію 01.12.2009]. К. Держстандарт України, 2009. 11 с.
11. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности

среды. I. Обоснование метода // Генетика. 1985. Т. XXI. № 9. С. 1481–1490.

12. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. II. Числовой пример и обсуждение // Генетика. 1985. Т. XXI, № 9. С. 1491–1498.

13. Fisher R. A. *Statistical methods for research workers.* // New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

14. Silva P. R. D., Bisognin D. A., Locatelli A. B., Storck L. Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. // *Acta Scientiarum. Agronomy.* 2014. Vol. 36 (2). P. 175–181.

15. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г. Селекция кукурузы на адаптивность и загущение посевов // *Кукуруза и сорго.* 2005. №5. С. 2–4.

16. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений / Мн.: Наука и техника, 1989. 191 с.

17. Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Плоткін С. Я. та ін. Адаптивна характеристика нових гібридів кукурудзи // *Збірник наукових праць ХДАУ.* Херсон: Айлант, 2007. Вип. 52. С. 76–82.

## References

1. Espri L. (2015). Maize growing in Central and Eastern Europe. *Agronomist.* 2015. No. 1 (51). P. 88-102. (in Russian).

2. Prykhodko V. I. (2013). Conditions and prospects of the state control of seed production in Ukraine. *Seed production.* 2013. No. 4. P. 1-3 (In Ukrainian).

3. Fadeev L. V. (2015). Maize: development of the crop and demand in Ukraine. *Agronomist.* 2015. No. 4 (50). P. 78-84. (in Russian).

4. Gavrylyuk V. M., Zagynailo M. I. et al. (2015). Hybrids of maize: Verge of the problems. *Seed production.* 2015. No. 3-4. P. 4-7 (In Ukrainian).

5. Jovanovich Zh., Videnovich Zh. et al. (2000). Technology of growing of ZP maize hybrids under the conditions of the intensive production. *Maize and sorghum.* 2000. No. 4. P. 22-24. (in Russian).

6. Frankovskaya T. M., Ognianyk L. G. et al. (2009). Testing of maize hybrids with the participation of the sterile analogues, obtained by the methods of backcrossing and androgenesis. *Maize and sorghum.* 2009. No. 1. P. 6-8. (in Russian).

7. Pariy M. F. (2005). The genetic system of controlled breeding of maize based on the gene of functional male sterility: *Abstract of thesis on the competition for the degree of candidate in agricultural sciences/* Institute of cell biology and gene engineering. K., 2005. 20 p. (In Ukrainian).

8. Pariy M. F., Pariy Ya. F., et al. (2013) The control of genes alleles of sterility in maize breeding sterile forms based on two genes of male sterility and marker gene. *Collection of research papers of Uman National University of Horticulture.* 2013. Vol. 83. P.56-62. (In Ukrainian).

9. Methodology of qualified (technical) examination of plant sorts with the

definition of indicators of suitability for dissemination in Ukraine (grain, groats and bean)" (2012) K. P. 78. (In Ukrainian).

10. Grain and grain products. Determination of moisture content (basic reference method): DSTU GOST 29144:2009. [introduced in 01.12.2009]. K. State Standard of Ukraine, 2009. 11 p. (In Ukrainian).

11. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V. (1985). Method of assessing adaptive capacity and stability of genotypes, diferenciating ability of the environment. I. Justification of the method. *Genetics*, 1985, no. 9, pp. 1481-1490. (In Russian)

12. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V. (1985). Method of assessing adaptive capacity and stability of genotypes, diferenciating ability of the environment. II. Numerical example and discussion, *Genetics*, 1985, no. 9, pp. 1491-1498 (in Russian).

13. Fisher R. A. (2006). Statistical methods for research workers // New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

14. Silva P. R. D., Bisognin D. A. et al. (2014). Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2014. Vol. 36 (2). P. 175-181.

15. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. (2005). Breeding maize for adaptability and thickening the crops . *Maize and sorghum*. 2005. No. 5. P. 2-4. (in Russian).

16. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V.(1989). *Genotype and environment in plant breeding*. Mn.: Science and technology, 1989. 191 p. (in Russian).

17. Lavrynenko Yu. O., Kokovikhin S. V. et al. (2007). Adaptive feature of new maize hybrids. *Collection of research papers of HSAU*. Kherson: Ailant, 2007. Vol. 52. P. 76-82. (In Ukrainian).

Одержано 15.03.2017

### **Аннотация**

**Макарчук М.А.**

**Урожайность и адаптивная способность гибридов кукурузы в зависимости от генотипа материнского компонента**

Кукуруза важная зерновая и кормовая культура. Урожайность ее растений является важным критерием оценки выращиваемых гибридов. При этом половина полученного урожая — результат правильно проведенной селекционной работы, тогда как вторую его часть обуславливают условия выращивания и агротехнические приемы по уходу за посевами.

Наиболее распространенным методом получения гибридных семян кукурузы — использование ручной кастрации растений, что имеет высокую себестоимость. Сейчас для удешевления производства семян гетерозисных гибридов используют материнские линии с разными формами цитоплазматической стерильности, которые являются наиболее изученными вариантами генетической системы контролируемого размножения кукурузы.

Особенного внимания заслуживает генетическая система контролируемого размножения на основе генов *Vg* – (*Vestigial glume*) функциональной стерильности,

которые вызывают изменения генеративных органов, без нарушения генетических механизмов микроспоро- и макрогаметогенеза. Для упрощения контролирования гибридности семян и удешевления его производства в разных генетических системах контролированного размножения используют маркерные гены окрашивания зерновки кукурузы (контроль гибридности за фенотипом) По этому выяснение влияния генетических маркеров у разных системах размножения на хозяйственно-ценные признаки и адаптивную способность гетерозисных гибридов кукурузы в разных агроэкологических условиях выращивания является актуальным заданием.

Испытания гибридов проводили в разных грунтово-климатических условиях на опытных делянках Уманского национального университета садоводства в агроклиматических условиях Правобережной Лесостепи и на Брылевской опытной станции в условиях Южной Степи..

Материалами исследований служили комбинации простого Пионер-Гран 3978 и трёхлинейного Гран- 6 гибридов.

Основным показателем нового гибрида кукурузы является уровень урожайности. В наших исследованиях за годы выращивания гибриды имели значительные отличия за данным признаком. Однако, значительное влияние на выращиваемый материал имели погодные условия зон проведения опытов.

Обнаружено, что среди исследованных гибридных комбинаций наибольшую зерновую продуктивность как в среднем, так и за годы проведения исследований обеспечила комбинация ПЗзMACR×П5MBP-RR.

В агроклиматических условиях Лесостепи и Степи выявлено, что уборочная влажность зерна у гибридных форм увеличивалась относительно контроля. Однако, в агроклиматических условиях Степи она не превышала базового значения. Обнаружено, что за наличия у генотипах родительских компонентов молдавского типа стерильности генетических маркеров a1, уборочная влажность зерна увеличивалась независимо от условий выращивания, что может свидетельствовать на генетический контроль данной ознаки. Однако, гибридные комбинации с материнской линией и маркерами ACR, а родительской – С1 характеризовались тенденцией к ускоренной потере влаги.

На основании всестороннего изучения реакции гибридных комбинаций на условия выращивания и их оценки адаптивной способности и стабильности генотипа выявлено, что наличие у генотипе материнского компонента доминантных генетических маркеров ACR у комбинации простого гибрида способствовало получению стабильного высокого урожая при изменениях погодных условий, однако наличие этих же маркеров в материнском компоненте комбинации трёхлинейного гибрида Гран-6 обеспечили увеличение чувствительности гибрида к условиям выращивания.

За результатами проведенных исследований выявлена, возможность использования разных генетических систем контролированного размножения с генетическими маркерами a1, a2 и ACR, без негативного влияния на уровень урожайности .

**Ключевые слова:** гибрид, гибридная комбинация, генетический маркер, парагвайский, молдавский и функциональный типы стерильности, закрепитель стерильности, восстановитель фертильности.

#### *Annotation*

**Makarchuk M. A.**

***Productivity and adaptive capacity of maize hybrids, depending on the genotype of the maternal component***

*Maize is one of the major grain and forage crops. Production leaders are the USA and China, while Ukraine in the list of global manufacturers takes the seventh place, ahead of Mexico and France*

*Productivity of plants is one of the most important criteria of evaluating cultivated hybrids. Half of the harvest is the result of a properly conducted breeding work, while the other part is agreed on the terms of cultivation and agrotechnical activities to care for crops*

*The most common method of obtaining hybrid seeds of maize is the use of manual castration of plants, but it is a high cost of production. Now to reduce the cost of seed production of heterosis hybrids, maternal line with various forms of cytoplasmic sterility is used, which are the most studied variants of the genetic system of controlled breeding (GSCB) of a maize.*

*Special attention deserves GSCB on the basis of genes Vg – (Vestigial glume) of functional sterility (developed in accordance with the patents of Ukraine — 40276 A, 40277 A, 40278 A), which causes changes in generative organs without violations of the genetic mechanisms of microsporo- and macrosporogametogenesis and genes ms5 and ms13 of nuclear sterility. To simplify the control of seed hybridity and reduce the cost of production while applying different GSCB is the use of marker genes of coloring maize grains (control of hybridity according to the phenotype) [7, 8]. Therefore, clarifying of the influence of genetic markers in the various systems of breeding for valuable traits and adaptive capacity of heterotic hybrids of maize in different agroecological growing conditions is an urgent task.*

*Testing hybrids were conducted in different soil and climatic conditions on the experimental plots of Uman National University of Horticulture under the agroclimatic conditions of the right Bank Forest-Steppe and Brylivka research station under the conditions of the southern Steppe of Ukraine.*

*The materials of the research were the combinations of simple hybrid Pioneer-Grand 3978 and three-way cross hybrid Grand-6.*

*The main of the indicators of the value of the created maize hybrid is the level of productivity. In our studies over the years of testing, the hybrids had a significant difference according to this characteristics. However, a significant influence on the grown materials were exactly the weather conditions of areas of the research.*

*It was found out that among the studied hybrid combinations, the highest grain productivity in the average and over the years of conducting research provided a combination П33MACR×П5MBP-RR.*

*Under agroclimatic conditions of Forest-Steppe and Steppe it was determined that the moisture of grains at harvest in hybrid forms increased relatively to the control. However, under the agroclimatic conditions of the Steppe it did not exceed the baseline rates. It was discovered that when the genotypes of the parental components had the Moldavian type of sterility of the genetic markers a1, moisture of grains at harvest was increased regardless of the growing conditions that may indicate the genetic control of this trait. But hybrid combinations of the genotype of the maternal line markers ACR, and the parental – CI is characterized by a tendency to rapid loss of moisture in the grain.*

*Based on a comprehensive study of the reaction of the hybrid combinations on terms of growing with their assessing the adaptive capacity and stability of the genotype, it was defined that the presence of the dominant genetic markers ACR in the genotype of the parent component in the combination of a simple hybrid contributed to obtaining stable high yields during changes in weather conditions, but the same genetic markers in analogue three-way cross hybrid Grand-6 led to increased sensitivity of the hybrid to the growing conditions.*

*According to the results of the conducted researches, different genetic systems of controlled breeding with the genetic markers a1, a2 and ACR can be used without fears of their impact on the level of productivity.*

**Key words:** *hybrid, зібридна комбінація, genetic marker, P - and M -type of sterility, maintainer line, fertility restorer.*