

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.15:631.527.8

АНАЛІТИЧНО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРИВАЛОСТІ ПЕРІОДУ «СХОДИ-ЦВІТІННЯ 50% КАЧАНІВ» СІМЕЙ S₆ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД АРГУМЕНТНИХ ОЗНАК

ЧЕРЧЕЛЬ В.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук

ПЛОТКА В.В.

АБЕЛЬМАСОВ О.В.

ДУ Інститут зернових культур НААН

ТАГАНЦОВА М.М.

Український інститут експертизи сортів рослин

Постановка проблеми. Результатом практичної доцільності та перспективності гетерозисної селекції кукурудзи стало підвищення врожайності кукурудзи до 80% на європейському континенті [1]

Завдяки використанню гетерозисних гібридів, стійких до біотичних та абіотичних чинників, збиральні площі, на території України збільшилися на 60% з 2010 р. по 2015 р. [2,3].

Враховуючи науково-практичні успіхи, надто мілливий ціни енергоносіїв та підвищення середньої температури повітря за останні десятиріччя в Україні на 0,3–0,6 °С, виникла потреба в пошуку нових підходів до селекції кукурудзи та створення нового покоління висок врожайних гібридів з потужним адаптивним потенціалом до контрастних умов вирощування [4,5,6].

Для вирішення поставлених завдань необхідно удосконалити та уточнити наявні гетерозисні та морфобіологічні моделі гібридів кукурудзи різних груп стиглості, що сприятиме зростанню врожайності та її стабільності.

Стан вивчення проблеми. З розвитком аналітичної селекційної науки вчені почали приділяти увагу дескриптивним моделям сорту (гібриду) та математичному моделюванню майбутнього типу рослин, як одному з етапів селекційного процесу [7,8]. Поняття моделі сорту визначають як науковий прогноз, що описує комбінацію ознак рослини, необхідну для забезпечення заданого рівня продуктивності, стійкості до біотичних і абіотичних умов середовища, якості та господарських, морфологічних, фізіологічних показників, а також комбінацій схрещування, способів та фонів добору, завдяки яким будуть досягнуті ці параметри [9].

Для процесу моделювання потрібно встановити взаємозв'язок між морфологією рослини та проявом певних генів, які беруть участь у формуванні продуктивності та забезпеченні високих показників якості врожаю. Тому перед тим, як перейти до розроблення моделі сорту (гібриду), потрібно ретельно вивчити ознаки та властивості досліджуваної культури, виділити для подальшої роботи ті генотипи, які є максимально адаптованими й продуктивними в конкретних умовах вирощування, і на їх основі моделювати нові морфобіотипи [8,9]. Математичним моделям гібридів присвячені роботи багатьох зарубіжних учених, але багато створених моделей опосередковано прив'язані до умов навколишнього середовища і

просто моделюють деякі залежності між продуктивністю та різними структурними елементами рослини. На думку Карпука Л.М., Присяжнюка О.І. та ін., підходи до створення математичних моделей росту та розвитку рослин є хибними і потребують удосконалення. Автори вважають, що необхідно більше уваги приділяти вивченню впливу кліматичних умов, зокрема активних та ефективних температур повітря, кількості опадів, ГТК (гідротермічний коефіцієнт) на ріст і розвиток рослини, використовувати комплексні моделі та виконувати перевірку відповідності отриманих результатів [10,11]. Отримані математичні моделі можна використати для імітаційного моделювання та прогнозування процесів росту та розвитку рослин всіх сільськогосподарських культур, а також для напрацювання бази даних відповідного управління технологічними процесами їх вирощування [10].

Мета. Виявити зв'язок між ознакою «тривалість період сходів–цвітіння 50% качанів» інбредних ліній кукурудзи та сукупністю факторних ознак (рівень холодостійкості, сума ефективних температур повітря та кількість опадів) та оцінити ступінь вираженості їх зв'язку у разі зміни значень останніх.

Завдання та методика досліджень. Завданням досліджень – аналітично-математичне моделювання вегетаційного розвитку за період сходів–цвітіння 50% качанів у сімей S₆ залежно від їхнього рівня холодостійкості та впливу абіотичних факторів (сума ефективних температур повітря та кількість опадів).

Експериментальні дослідження проводили на полях Державного підприємства дослідного господарства «Дніпро» ДУ Інститут зернових культур НААН протягом 2013–2014 рр. Матеріалом досліджень були зразки кукурудзи S₆ генерацій самозапилення, отриманих із кременистих сестринських гібридів, які відрізнялись за генетичною структурою. Гібриди створювали на базі шести перспективних ранньостиглих, попередньо відібраних за коротким вегетаційним періодом та високим рівнем холодостійкості, кременистих самозапилених ліній кукурудзи: ДК273, ДК959, ДК204, ДК206, ДК720, ДК357А,. Вони одночасно були використані як контроль під час добору. Згідно з програмою досліджень на 2014 р. було вивчено 80 сімей S₆ генерації за тривалістю періоду сходів–цвітіння 50% качанів та рівнем холодостійкості.

Тривалість періоду сходи–цвітіння 50% качанів чітко фіксується та позитивно корелює з тривалістю вегетаційного періоду [12]. Рівень холодостійкості зерна кукурудзи визначали згідно з методичними рекомендаціями з діагностики та добору селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивну стійкість (2011 р.), яка передбачає формування проби зі 100 зерен кожного зразка кукурудзи у двох повтореннях, з розкладанням їх на зволожений фільтрувальний папір і згортанням його у рулони. Насіння в рулонах протягом трьох-чотирьох тижнів пророщують у холодильній камері за температури +8 °С. Оцінку зразків на холодостійкість проводять за чотирибальною шкалою залежно від схожості насіння: 4 бали – 91–100%, 3 – 81–90, 2 – 61–80, 1 – 60% і менше. Також оцінюють енергію проростання за чотирибальною шкалою, враховуючи довжину корінця: 4 бали – 5,1 мм і більше; 3 – 3,6–5,0, 2 – 2,1–3,5, 1 – 2,0 мм і менше. Для підсумкової оцінки матеріалу щодо холодостійкості одержані бали сумують і вказують рівень стійкості до позитивно знижених температур. Для цього визначено наступні рангові підсумкові індекси: високохолодостійкі лінії – 7–8 балів, холодостійкі лінії – 5–6, слабохолодостійкі – 4, не холодостійкі – 3 бали та менше [13].

Аналіз отриманих даних та встановлення параметрів регресійних рівнянь було виконано згідно зі стандартними методиками з використанням програми Microsoft Excel / Аналіз даних / Регресія.

Сума ефективних температур повітря є вираженням потреби рослин у теплі для повноцінної вегетації. Суму ефективних температур повітря визначають за формулою:

$$\sum t_n (^\circ\text{C}) > 10^\circ\text{C} = (T_{c1} - 10^\circ\text{C}) + (T_{c2} - 10^\circ\text{C}) + (T_{c3} - 10^\circ\text{C}) + \dots + (T_{cn} - 10^\circ\text{C}),$$

де $T_{c1}, T_{c2}, T_{c3}, T_{cn}$ – фактична середньодобова температура повітря за конкретну добу вегетації, °С; 10 °С – біологічний нуль для кукурудзи [14].

Сума опадів – це їхня кількість у мм, яка випала протягом вегетаційного періоду:

$$\sum V_n (\text{мм}) = V_1 (\text{мм}) + V_2 (\text{мм}) + V_3 (\text{мм}) + \dots + V_n (\text{мм}),$$

де $V_1 (\text{мм}), V_2 (\text{мм}), V_3 (\text{мм}), V_n (\text{мм})$ – кількість опадів за конкретну добу вегетації, мм [14].

Метеорологічні дані були надані Дніпропетровським обласним центром гідрометеорології.

Для побудови аналітично-математичної моделі періоду сходи–цвітіння 50% качанів сімей S_6 генерації була сформована відповідна схема розрахунку:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3,$$

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – параметри рівняння множинної регресії;

X_1 – рівень холодостійкості лінії кукурудзи, бали;

X_2 – сума ефективних температур повітря, °С;

X_3 – сума опадів, мм.

Результати досліджень. Для визначення впливу кліматичних факторів на досліджувані ознаки було виконано аналіз варіабельності значень константних ліній ДК273, ДК959, ДК204, ДК206, ДК720, ДК357А відносно метеорологічних фонів добору.

Рівень холодостійкості та якості насіння формуються не лише за рахунок генетичної складової, а й за умов дозрівання зерен на материнській рослині. Виявлено, що насіння, сформоване в різні роки досліджень, відрізняється за якістю та опосередковано впливає на формування рівня холодостійкості. Так, порівнюючи результати випробувань ліній стандартів, насіння яких отримано за період 2011–2012 рр., визначено, що середні значення холодостійкості константних ліній кукурудзи врожаю 2011 р. були вищими на 3 бали за відповідне випробування врожаю 2012 р. Зменшення рівня холодостійкості проростків насіння отриманого в 2012 р. пояснюється значною посухою протягом всієї вегетації, через що посівний матеріал мав погіршені властивості за схожістю, енергією, тривалістю зберігання.

Варіювання періоду сходи–цвітіння 50% качанів у ліній стандартів за час спостережень в 2012–2014 рр. було в межах 51–55 діб. Екстремальні посушливі метеорологічні умови 2012 р. стали причиною найтривалішого періоду сходи–цвітіння за роки досліджень у контрольних ліній – до 55 діб.

Швидкий приріст середньодобових температур у травні та червні 2013 р. призвів до максимального скорочення за час спостережень тривалості досліджуваного періоду до 48–51 доби у контрольних ліній. Погодні умови 2014 р. досліджень сприяли формуванню проміжних значень дослідної ознаки від 49 до 53 діб у контрольних ліній, але її варіабельність залишилась на рівні 2013 р. Виявлено, що погодні умови року значно впливають на формування дослідних ознак у контрольних вихідних ліній, тому математичне моделювання ознак нових похідних ліній S_6 генерації самозапилення дасть можливість розробити модель прогнозування їх поведінкової реакції. За результатами схеми розрахунку для було встановлено, що коефіцієнт множинної регресії є високим (0,97), що свідчить про тісний зв'язок між результативним показником та факторними величинами. Значення коефіцієнта детермінації (0,94) відповідає залежності тривалості періоду сходи–цвітіння 50% качанів на 94% факторних величин. Критерій $F_{\text{фактичне}} > \text{критерій } F_{\text{табличне}}$, відповідно 9825,09 > 3,39, підтверджує значущість рівняння регресії (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри рівняння множинної регресії

Показник	Значення
Коефіцієнт множинної кореляції R	0,97
Коефіцієнт детермінації R ²	0,94
Нормований R ²	0,93
F-критерій (3,39)	9825,09
Стандартна похибка	0,05
Ймовірність нульової гіпотези для F-критерію	0,00

Отримане рівняння множинної регресії визначає залежність період сходи–цвітіння 50% качанів (С-

Ц) від суми ефективних температур повітря ($\sum t_n$ (оС) > 10 оС), суми опадів ($\sum V_n$ (мм)):

$$(C-Ц) = 8,58 + 0,08 \times (\sum \text{тн} (oC) > 10 oC) + 0,09 \times (\sum \text{Vп} (мм)).$$

Результати аналізу свідчать про високу достовірність парціальних коефіцієнтів кореляції суми ефективних температур повітря та суми опадів за винятком рівня холодостійкості, як це зазначено за оцінками достовірності Р-значення.

Коефіцієнти рівняння регресії є значущим на 5% рівні (p-level < 0,05). Це рівняння пояснює 94% (R2 = 0,94) варіювання змінної залежної від факторних ознак як: сума ефективних температур повітря – X2 та сума опадів – X3. Тоді як аргумент: рівень холодостійкості лінії кукурудзи – X1 не є значущим для даного рівняння на 5% рівні (0,51 > 0,05) (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати регресійного аналізу впливу комплексу факторних ознак на період сходи–цвітіння 50% качанів

Показник	Коефіцієнт рівняння	Стандартна помилка	t-статистична	P-значення
Вільний член рівняння	8,58	0,96	8,91	0,00
Рівень холодостійкості лінії кукурудзи, X ₁	-0,01	0,01	-0,66	0,51
Сума ефективних температур повітря, X ₂	0,08	0,01	61,69	0,00
Сума опадів, X ₃	0,09	0,01	11,79	0,00

Для перевірки адекватності регресійної моделі було використано візуальний спосіб оцінки, що полягає в графічному зображенні на системі координат фактичних значень досліджуваної ознаки та прогнозованої що залежить від значущих на 5% рівні досліджуваних факторних ознак.

Графічна перевірка розробленої регресійної моделі вказує на високу її достовірність і можливість використання для прогнозування тривалості періоду сходи–цвітіння 50% качанів залежно від аргументів: суми ефективних температур повітря та суми опадів (рис. 1).



Рисунок 1. Графічна перевірка регресійної моделі

Висновки та пропозиції. Розроблено математичну модель тривалості періоду сходи–цвітіння 50% качанів сімей S₆ генерації. Отримано високі коефіцієнти множинної регресії та детермінації, відповідно 0,97 та 0,95, що свідчить про наявність тісного зв'язку між тривалістю періоду сходи–цвітіння 50% качанів та досліджуваними факторами (сумою ефективних температур повітря та сумою опадів) і дає можливість з високим рівнем точності спрогнозувати параметри реакції цього показника у сімей S₆ генерації.

Відсутність впливу та тісного зв'язку між рівнем холодостійкості та тривалістю періоду сходи–цвітіння 50% качанів доводить можливість отримання генотипів з поєднанням ознак ранньостиглості та високого рівня холодостійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шреярта М. Черговий розвиток досліджень: гетерозис та інбредна депресія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.dr.iastate.edu/etd/13878>
2. Лавриненко Ю. О. Стан, напрями та перспективи розвитку селекції кукурудзи в зрощуваних умовах півдня України / Ю. О. Лавриненко, О. О. Нетреба, В. Я. Польський [та ін.] // Зрошуване землеробство. – Херсон: Олді-Плюс, 2010. – Вип. 54. – С. 15–27.
3. Борисова В. В. Селекційні аспекти застосування SNP-аналізу у кукурудзи: дис. канд. с.-г. наук. наук: 06.01.05 «Селекція і насінництво» / В. В. Борисова ; ДУ Інститут сільського госп-

- дарства степової зони НААН. – Дніпропетровськ, 2015. – 231 с.
4. Красновський С.А. Холодостійкість інбредних ліній кукурудзи при селекції на ранньостиглість і продуктивність в умовах правобережного лісостепу України / С.А. Красновський, В.Л. Жемойда, А.К. Пархоменко, І.В. Ковальчук // Зб. наук. праць Уманського держ. аграрного ун-ту. – Умань: [б.в.], 2009. – Вип. 72, Ч.1: Агронімія. – С. 65–69.
 5. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії / Я. Дідух // Вісник Національної академії наук України. – 2009. – № 2. – С. 34–44.
 6. Нетреба О.О. Комбінаційна здатність пізньостиглих ліній кукурудзи, створених на базі контрастних за групами стиглості вихідних батьківських форм в умовах зрошення / О.О. Нетреба // Зрошуваче землеробство. – Херсон: Олді-Плюс, 2009. – Вип.52. – С. 114–119.
 7. Лашина М.В. Селекційні аспекти моделювання гібридів кукурудзи для умов зрошення півдня України / М.В. Лашина // Зрошуваче землеробство. – Херсон: Олді-Плюс, 2010. – Вип. 53. – С. 429–437.
 8. Лашина М. В. Параметри мінливості продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення / М. В. Лашина, В. М. Туровець, Т. В. Глушко [та ін.] // Зрошуваче землеробство. – Херсон: Айлант, 2012. – Вип. 58. – С. 151–153.
 9. Корчинський А.А. Теоретические аспекты моделирования сортов адаптивной ориентации / А.А. Корчинський, Н.С. Шевчук // Фактори експериментальної еволюції організмів. – К.: Логос, 2009. – Т. 6. – С. 10–13.
 10. Карпук Л.М. Математичні моделі росту та розвитку цукрових буряків залежно від кліматичних факторів / Л. М. Карпук, О. І. Присяжнюк // Цукрові буряки. – 2014. – № 6. – С.13–15.
 11. Карпук Л.М. Моделювання процесів росту та розвитку буряків цукрових залежно від комплексного впливу кліматичних факторів / Л.М. Карпук, О.В. Крикунова, О.І. Присяжнюк, В.В. Поліщук // Агробіологія. – Біла Церква: БНАУ, 2014. – № 2. – С. 26–29.
 12. Плотка В.В. Тривалість періоду сходи–цвітіння 50% качанів кременистих інбредних сімей S₄ та S₅, різних за генетичною структурою / В.В. Плотка // Стратегічні напрямки сталого виробництва сільськогосподарської продукції на сучасному етапі розвитку аграрного комплексу України: зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. – Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2014. – С. 20–22.
 13. Використання фізіологічних методів при оцінці подвоєно-гаплоїдних ліній кукурудзи (*Zea mays* L.) плазми LANCASTER / В.Ю. Черчель, Е.М. Рябенко, В.В. Плотка, Л.О. Максимова // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. – Вип. 93. – С. 81–86.
 14. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія / Т.Г. Ткаченко. – Х.: ХНАУ, 2015. – 268 с.

УДК 633.15:633.52

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ СЕЛЕКЦІЙНИХ РОЗСАДНИКІВ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS* L.)

ФЕДЬКО М.М. – кандидат с.-г. наук, ст. н. сп.
ДУ Інститут зернових культур НААН

Постановка проблеми. Первинною та провідною ланкою в селекційному процесі є селекційний розсадник, в якому проводяться всі без винятку роботи з оцінки, створення, добору, покращення та розмноження вихідного селекційного матеріалу. Ефективність роботи в ньому залежить перш за все від чіткої структури та оптимальної організації всіх видів робіт на протязі року, а особливо в періоди пікового навантаження – посів, запилення, збирання врожаю тощо.

Найбільш відповідальним та визначним етапом є своєчасне стратегічне планування селекційної програми та напрямків досліджень, від яких залежить в кінцевому рахунку вся організація і ефективність робіт. Від вибраних напрямків формуються завдання та цілі селекційної програми, а відповідно і селекційного розсадника як полігону для їх втілення.

Загалом, головними завданнями досліджень в селекційному розсаднику є:

- проведення робіт з штучного самозапилення;

- добір і оцінка сімей різного рівня інбридингу за комплексом господарсько-цінних та селекційно-важливих ознак;

- схрещування їх з тестерами у відповідності з програмою вивчення їх комбінаційної здатності;

- збір, розмноження, підтримка і подальше використання в практичній роботі різних зразків генетичної плазми кукурудзи;

- перевірка гомозиготних ліній та їх аналогів на здатність закріплювати цитоплазматичну чоловічу стерильність або відновлювати фертильність;

- оцінка вихідного матеріалу на стійкість до збудників хвороб та шкідників на фоні штучного зараження;

- первинне розмноження перспективних інбредних ліній.

Стан вивчення проблеми. Загальна структура і призначення селекційних розсадників у всіх провідних селекційних компаніях здебільшого є типовими і за деяким винятком, включають декілька структурних ланок: колекційний, селекційний, інфекційно-провокаційний, зимовий розсадник та розсадник ЦЧС [1].