

УДК: 633.15:631.527.5:519.86

DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-3

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ
ВИСОКОКРОХМАЛЬНИХ
ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ
ГРУП СТИГЛОСТІ**

В.Д. ПАЛАМАРЧУК, канд. с.-г. наук,
доцент

О. О. АЛЕКСЄЄВ, канд. с.-г. наук,
старший викладач
Вінницький національний аграрний
університет

У статті приведені результати математичного моделювання на основі побудови та використання різних зображень об'єкта, процесу або системи. Дослідженнями передбачалося вивчення залежності рівня продуктивності та господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи у вигляді математичних моделей.

Польові дослідження здійснювались впродовж 2011-2017 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур ДП ДГ «Корделівське» ІК НААНУ Вінницького національного аграрного університету в умовах Лісостепу правобережного, відповідно до рекомендацій, представлених у «Методиці польових дослідів із кукурудзою».

Ґрунти на варіантах досліджень представлені чорноземами глибокими середньосуглинковими на лесі. Вміст гумусу (за Тюрінім) в орному шарі складав 4,60%. Реакція ґрунтового – рН (сольове) 5,7. У ґрунтах міститься легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 106 мг на 1 кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) 186 і 160 мг на 1 кг ґрунту, відповідно. В дослідях встановлена господарсько-біологічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від строку сівби, розмірів фракції і глибини загортання насіння, позакореневих підживлень мікродобривами. Облікова площа ділянок для гібридів становила 10,5 м². Повторність в дослідях для гібридів – 3-х разова. Розміщення ділянок – методом рендомізованих блоків.

Для дослідження фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи та встановлення впливу на формування їх ознак застосовували еколого-генетичну модель кількісних ознак. В основу побудови моделі покладено ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх прояву в органогенезі. Модель складається з трьох модулів ознак – результуючої і двох компонентних, що відображають фенотипову реалізацію генетичної формули. За результуючі ознаки беруться ті, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний вклад в кінцеву результуючу ознаку – урожайність.

В результаті проведених досліджень отримані математичні моделі тривалості вегетаційного періоду ранньостиглих гібридів кукурудзи дозволили визначити, що найбільший вплив чинять суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень, червень серпень та вересень за коефіцієнтів кореляції на рівні $r = -0,62$ та $r = -0,51$, $r = 0,59$ та $r = 0,39$, відповідно. Також сума опадів значно впливала на тривалість вегетації та коефіцієнт кореляції склав $r = -0,44$, а вплив ГТК був

на рівні $r = -0,34$. Для середньоранніх гібридів істотний вплив мали сума ефективних температур ($\geq +10^\circ\text{C}$) за травень та червень $r = -0,46$ та $r = -0,28$, відповідно, а також сума ефективних температур ($\geq +10^\circ\text{C}$) за серпень – $r = 0,18$. У середньостиглих гібридів кукурудзи тривалість вегетаційного періоду визначали сума ефективних температур ($\geq +10^\circ\text{C}$) за травень червень та липень – $r = -0,37$, $r = -0,34$ та $r = -0,28$, а сума ефективних температур ($\geq +10^\circ\text{C}$) за серпень – $r = 0,18$. Також можна відзначити вплив і загальної суми ефективних температур ($\geq +10^\circ\text{C}$) за вегетацію на рівні коефіцієнту кореляції $r = -0,51$.

За результатами досліджень математичних моделей впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглостей встановлено як загальнобіологічні закономірності так і групові відмінності формування ознак. Так, якщо аналізувати відмінності між групами ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи то загалом на їх ріст та розвиток чинять вплив в співвідносній мірі сума ефективних температур, кількість опадів та ГТК. Фактично досліджувані групи стиглості відрізняються незначно і основні відмінності спостерігаються лише у варіабельності досліджуваних ознак або тісноті їх зв'язку одна з одною. Однак, середньостиглі гібриди децю по-іншому реагують на фактори навколишнього середовища, що дозволяє розробити елементи адаптивної технології вирощування під кожен із груп стиглості.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, фенотип, математична модель, продуктивність, господарсько-цінні ознаки.

Рис. 6. Літ. 12.

Постановка проблеми. Математична модель по своїй суті є однією з основних складових наукової методології дослідження природи загалом та процесів що відбуваються за вирощування сільськогосподарських рослин, зокрема. В основі математичної моделі (лат. *modulus* – зразок) є побудова та використання різних зображень (уявлень, понять) об'єкта, процесу або системи в певній формі, що відрізняється від форми їх реального існування [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При розробленні та застосуванні математичних та імітаційних моделей для вивчення різноманітних природних систем і процесів, зокрема закономірностей розвитку живих систем та окремих організмів і популяцій, керуються загальними принципами і методами математичного моделювання і прогнозування [2].

Формування поняття «модель» та розроблення різних моделей завжди відігравали значну роль у практичній діяльності суспільства, особливо з тих часів, коли воно почало прагнути до розуміння процесів і явищ, що відбуваються в навколишньому природному середовищі [3].

Ефективними формами моделювання є математичне та імітаційне моделювання, які відображають найістотніші особливості реальних об'єктів, процесів, явищ і систем, що вивчаються різними науками, в т. ч. біологією та екологією [2, 4].

На сучасному етапі розвитку сільського господарства змінилися вимоги до сортів і гібридів у зв'язку з необхідністю переходу до адаптивного землеробства через глобальні зміни клімату. А тому необхідні якісні зміни в експериментальному та математичному забезпеченні технологій вирощування рослин взагалі та кукурудзи, зокрема [5].

Системний підхід це розгляд мінливості з єдиної точки зору, а саме прояву різних форм мінливості в контексті функціональної цілісності макросистем і агробіоценозу. І.І. Шмальгаузен, вважає, що агробіоценоз є рівень функціональної організації біологічних і екологічних систем залучених у виробництво, на якому розгортаються всі механізми мінливості і дія природного добору, системний прояв яких необхідно враховувати вже в селекційному процесі. Проведене в останні роки в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УАН теоретичне обґрунтування адаптивної селекції базується на системному підході до вивчення і управління мінливістю ознак і властивостей макросистем в селекційному процесі. При цьому акцентується увага на мінливості, що проявляється в реальних умовах функціонування макросистем рослин [2, 3, 5, 6].

У польових умовах за вирощування сільськогосподарських рослин на них впливають як абіотичні так біотичні фактори. Причому елементи технології ми можемо розробляти, вдосконалювати, адаптувати під вирощування певних гібридів кукурудзи у відповідних агрокліматичних умовах, а от що стосується факторів впливу навколишнього середовища, то впливати на перебіг цих процесів майже неможливо. Натомість, для забезпечення ефективного аналізу норми реакції рослин кукурудзи на вплив негативних факторів навколишнього середовища слід користуватись математичним моделюванням.

Передусім цікавим є застосування математичних моделей для визначення критичного впливу кліматичних умов на ріст та розвиток гібридів кукурудзи різних груп стиглості [7-10]. Визначення сили впливу при цьому вираховується на основі методу кореляційних плеяд [11], а за базову версію математичної моделі обрано еколого-генетичні їх версії представлені Літуном П.П. [5].

Постановка завдання. Завданням наших досліджень передбачалося вивчення залежності рівня продуктивності та господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи у вигляді математичних моделей.

Матеріал та методика досліджень. Польові дослідження здійснювались впродовж 2011-2017 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур ДП ДГ «Корделівське» ІК НААНУ Вінницького національного аграрного університету в умовах Лісостепу Правобережного.

Польові дослідження проводили відповідно до рекомендацій, представлених у «Методиці польових дослідів із кукурудзою» [12].

Ґрунти на варіантах досліджень представлені чорноземами глибокими середньосуглинковими на лесі. Вміст гумусу (за Тюрінім) в орному шарі складає 4,60%. Реакція ґрунтового – рН (сольове) 5,7; середньозважені: гідролітична кислотність 40 мг.-екв. на 1 кг ґрунту; сума ввібраних основ – 158 мг.-екв. на 1 кг

грунту (за Каппеном-Гільковицом); ступінь насичення основами 82,3%. Агрофізичні властивості: щільність ґрунту – 1,2 г/см³. У ґрунтах міститься легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 106 мг на 1 кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) 186 і 160 мг на 1 кг ґрунту, відповідно.

У дослідях встановлена господарсько-біологічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від строку сівби, розмірів фракції і глибини загортання насіння, позакореневих підживлень мікродобривами. У дослідженнях застосовувались польовий і лабораторний методи вивчення гібридного матеріалу кукурудзи.

Облікова площа ділянок для гібридів становила 10,5 м². Повторність в дослідях для гібридів – 3-х разова. Розміщення ділянок – методом рендомізованих блоків.

Для дослідження фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи та встановлення впливу на формування їх ознак застосовували еколого-генетичну модель кількісних ознак. В основу побудови моделі покладено ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх прояву в органогенезі. Оскільки етапи реалізації в фенотипі кількісної ознаки відображають і етапи ускладнення генетичної системи, то взаємозв'язок між компонентами моделі можна вважати як показник динамічної впорядкованості взаємодії між елементами генетичної системи [5].

Модель складається з трьох модулів ознак – результуючої і двох компонентних, що відображають фенотипову реалізацію генетичної формули. За результуючі ознаки беруться ті, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний вклад в кінцеву результуючу ознаку – урожайність [5].

Виклад основного матеріалу. Графічне представлення моделі впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи наведено на (Рис. 1).

Вибір даної моделі базується на її чіткій ієрархічності та дозуванні впливу погодних умов відповідно до фенологічних фаз розвитку культури. Адже зрозуміло що сума ефективних температур за період що передує настанню в рослині кукурудзи певної фенологічної фази може коригувати та чинити доволі суттєвий вплив на її тривалість. Однак, кількість опадів чи сума ефективних температур за період, що відповідає настанню наступних фаз росту й розвитку в кукурудзи аж ніяк не може визначати тривалість фенофаз що вже відбулися.

Як бачимо з даних аналізу найбільш впливовими факторами на тривалість фенофаз ранньостиглих гібридів кукурудзи є показники погодних умов за період що передував настанню певної фенофази та поточний проміжок часу. Що фактично відповідає дослідженням проведеним іншими вченими в цьому напрямку [5].

Аналізуючи тривалість міжфазного періоду «сівба - сходи» слід відзначити, що в середньому він становив 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. На тривалість періоду впливала сума активних температур та ГТК.

Найбільший вплив чинили на тривалість цього міжфазного періоду сума ефективних температур ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) за квітень та сума ефективних температур ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) за травень, коефіцієнт кореляції становив $r = -0,46$ та $r = -0,37$, відповідно.

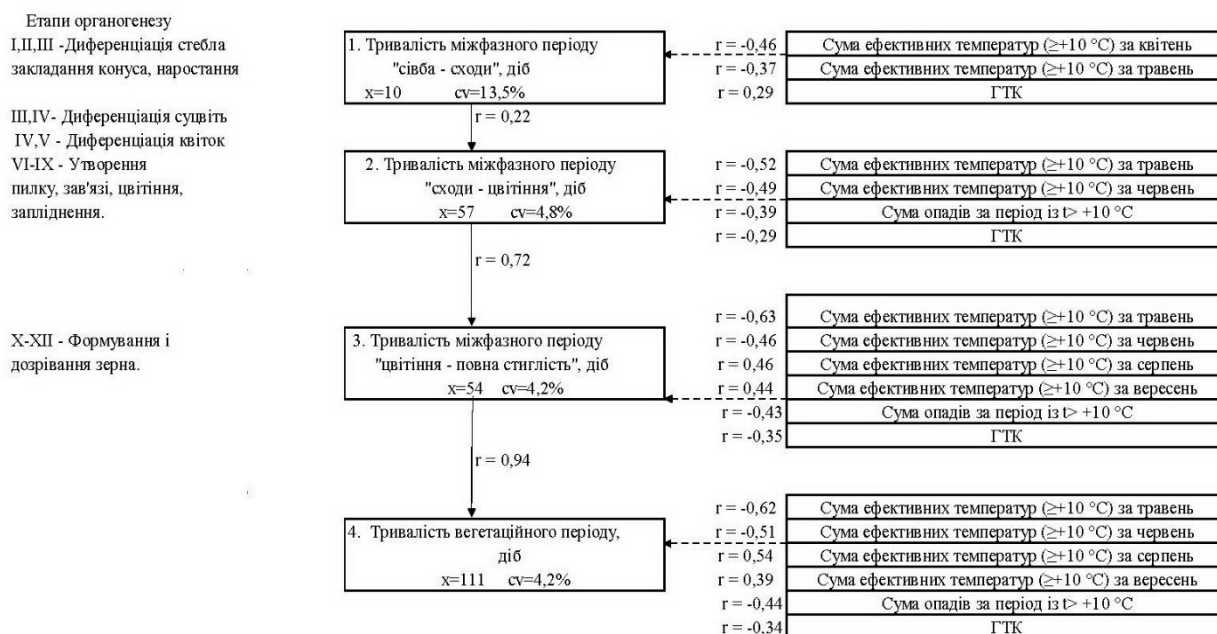


Рис. 1. Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Фактично отримані закономірності свідчать про те що за підвищення суми ефективних температур в період «сівба - сходи» його тривалість в рослин скорочується. Також на формування даної ознаки впливав і гідротермічний коефіцієнт (ГТК), а коефіцієнт кореляції становив $r = 0,29$. Фактично, збільшення гідротермічного коефіцієнту на весні на пряму пов'язано з підвищенням кількості опадів а тому це позитивно впливало на швидкість отримання сходів ранньостиглих гібридів кукурудзи.

Тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» в середньому по досліді становила 57 діб за слабого рівня варіювання ознаки. Однак, не зважаючи на це, значний вплив на тривалість періоду чинили як сума ефективних температур так і сума опадів і ГТК.

Сума ефективних температур ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) за травень та сума ефективних температур ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) за червень мали традиційно великі коефіцієнти кореляції на рівні помірного та значного зв'язку – $r = -0,52$ та $r = -0,49$, відповідно.

На даному етапі відмічається критичний період росту й розвитку рослин кукурудзи за вимогою до вологи. Тому сума опадів теж значно впливала на тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» та коефіцієнт кореляції був $r = -0,39$. За відсутності опадів рослини кукурудзи вповільняли свій ріст та розвиток, а тому тривалість фази зростала. Аналогічно це підтверджується істотністю впливу ГТК на рівні $r = -0,29$.

Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» в середньому по досліді становила 54 доби за слабого рівня варіювання ознаки. Однак, не зважаючи на це, значний вплив на тривалість періоду чинили, як сума

ефективних температур, так і сума опадів і ГТК.

Передусім хочеться відмітити опосередкований вплив суми ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за травень та суми ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за червень – $r = -0,63$ та $r = -0,46$, відповідно. По суті рослини отримали рівень теплового забезпечення на більш ранніх етапах росту й розвитку – до початку міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість», однак вклад цих факторів у подальший ріст та розвиток рослин доволі вагомий.

Важливими факторами у формуванні тривалості міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» були суми ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за серпень та суми ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за вересень. Однак, на відміну від попереднього міжфазного періоду вони були позитивно корельовані, коефіцієнти кореляції були $r = 0,46$ та $r = 0,44$, відповідно. Фактично прямий зв'язок між досліджуваними ознаками означає те, що при зростанні суми активних температур в ранньостиглих гібридів кукурудзи пришвидшується утворення та формування зерна і тривалість даного міжфазного періоду скорочується.

На даному етапі також є критичний період росту й розвитку рослин кукурудзи за вимогою до вологи. Так, сума опадів теж значно впливала на тривалість міжфазного періоду та коефіцієнт кореляції був $r = -0,43$, а вплив ГТК був на рівні $r = -0,35$.

Загальна тривалість вегетаційного періоду ранньостиглих гібридів кукурудзи становила 111 діб за слабкого варіювання ознаки. На тривалість вегетації впливали сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за травень та сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за червень мали коефіцієнти кореляції на рівні $r = -0,62$ та $r = -0,51$, відповідно. А от сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за серпень та сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за вересень – $r = 0,59$ та $r = 0,39$, відповідно. Також сума опадів значно впливала на тривалість вегетації та коефіцієнт кореляції був $r = -0,44$, а вплив ГТК був на рівні $r = -0,34$.

Графічне зображення моделі впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньоранніх гібридів кукурудзи наведено на (Рис. 2).

Тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» у середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому по досліді становить 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості цього періоду чинять сума ефективних температур та ГТК. По аналогії до гібридів ранньостиглої групи для досліджуваних середньоранніх гібридів кукурудзи важливий вплив на тривалість першого міжфазного періоду чинять сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за квітень та сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за травень, коефіцієнт кореляції становив $r = -0,51$ та $r = -0,52$, відповідно. ГТК впливав на тривалість даного періоду слабо, коефіцієнт кореляції становив $r = 0,17$. Тривалість наступного міжфазного періоду «сходи – цвітіння» у середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому по досліді становить 65 діб за слабкого рівня варіювання ознаки.

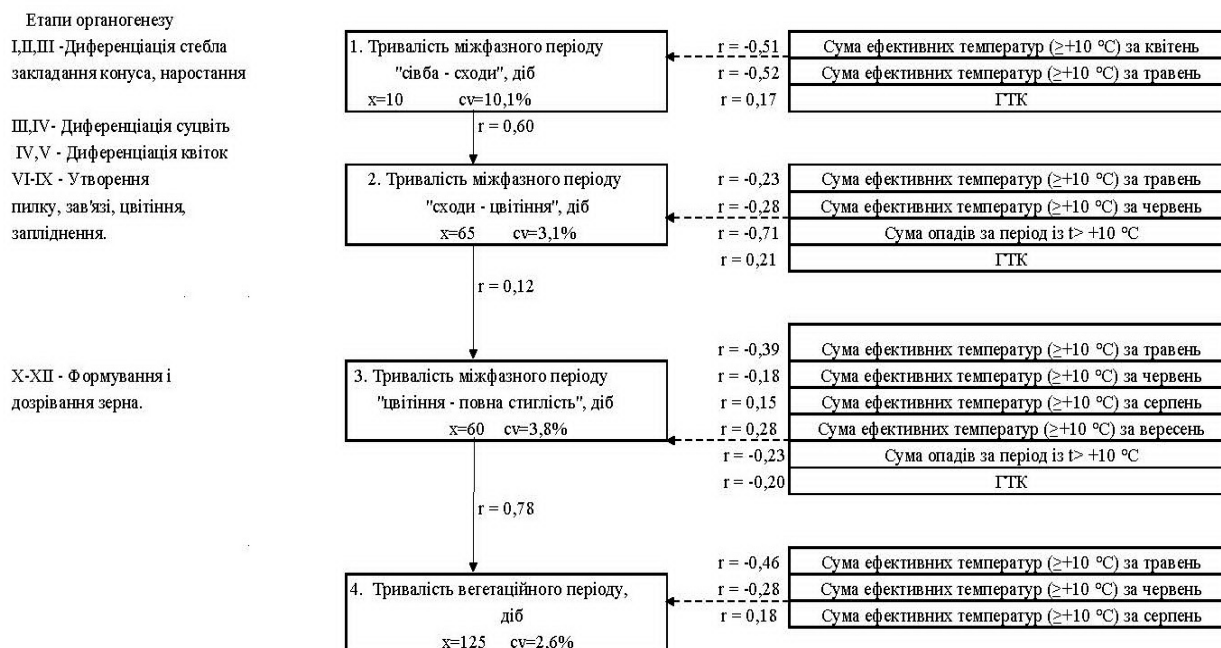


Рис. 2. Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньоранніх гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Суттєвий вплив на формування тривалості цього періоду чинять сума ефективних температур, сума опадів та ГТК. Встановлено, що на тривалість періоду сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень та сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за червень мали вплив на рівні коефіцієнтів кореляції $r = -0,23$ та $r = -0,28$, відповідно. Сума опадів впливала на рівні сильного зв'язку $r = -0,71$, а ГТК – $r = 0,21$. Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» для середньоранніх гібридів кукурудзи загалом по досліді становила 60 діб, а досліджувана ознака варіювала незначно. На формування ознаки чинили вплив сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

По аналогії з ранньостиглими гібридами кукурудзи для середньоранніх теж притаманний опосередкований вплив суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень та суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за червень – $r = -0,39$ та $r = -0,18$, відповідно на тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість». Також впливають сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за серпень та сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за вересень – $r = 0,15$ та $r = 0,28$. Крім того, на тривалість періоду «сходи – цвітіння» у середньоранніх гібридів кукурудзи впливає сума опадів $r = -0,23$ та гідротермічний коефіцієнт $r = -0,20$.

Загальна тривалість вегетаційного періоду середньоранніх гібридів кукурудзи становила 125 діб за слабого варіювання ознаки. На тривалість вегетації загалом чинили вплив суми ефективних температур. Сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень та сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за червень мали коефіцієнти кореляції на рівні $r = -0,46$ та $r = -0,28$ відповідно, а сума ефективних

температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за серпень – $r = 0,18$.

Отже, на ріст та розвиток середньоранніх гібридів кукурудзи чинять усі фактори навколишнього середовища, однак найбільш вагомий вплив відбувається за рахунок суми ефективних температур.

Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих гібридів кукурудзи представлено на (Рис. 3).

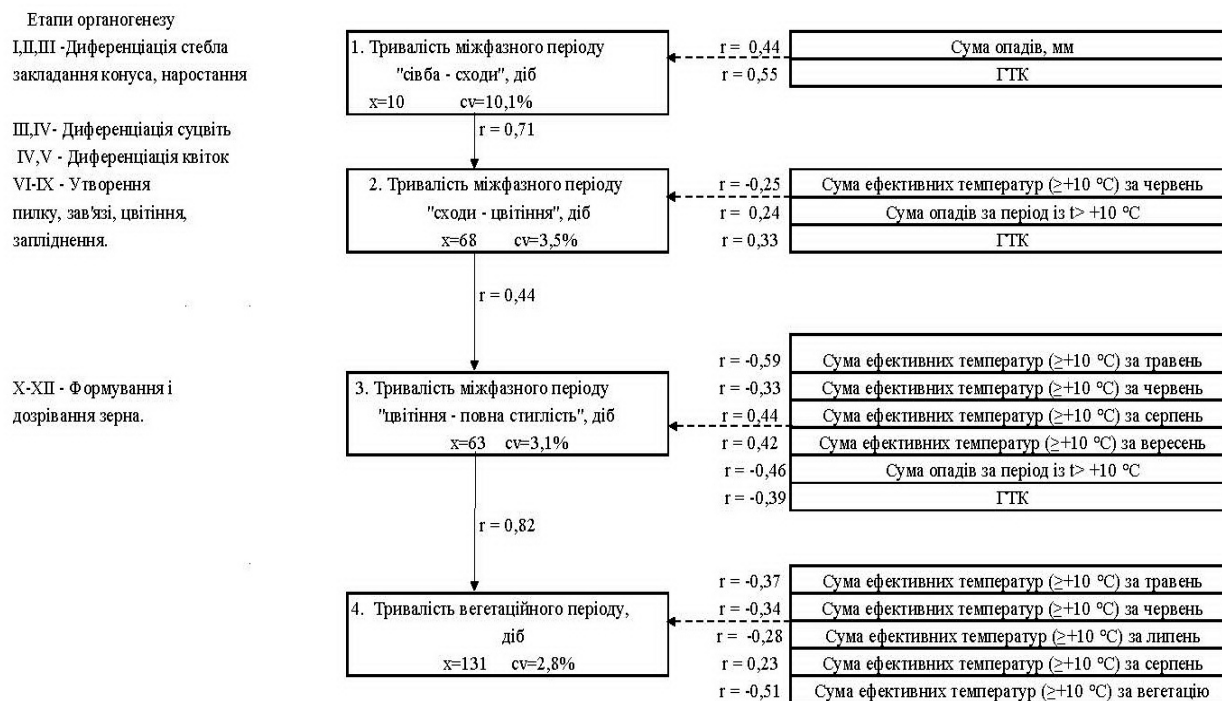


Рис. 3. Модель впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів середньостиглих гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» у середньостиглих гібридів кукурудзи в середньому по досліді становить 10 діб за середнього рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості її чинять сума опадів та ГТК.

Досліджено, що на відміну від ранньостиглих та середньоранніх гібридів на тривалість даного міжфазного періоду в середньостиглих гібридів суттєвий вплив чинили сума опадів – $r = 0,44$ та ГТК – $r = 0,55$. Тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння» у середньостиглих гібридів кукурудзи в середньому по досліді становить 68 діб за слабого рівня варіювання ознаки. Суттєвий вплив на формування тривалості цього періоду чинять сума ефективних температур, сума опадів та ГТК. Визначено, що на тривалість періоду впливає сума ефективних температур ($\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$) за червень на рівні коефіцієнту кореляції $r = -0,25$ та сума опадів на рівні $r = 0,24$, а ГТК – $r = 0,33$. Досліджено що тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» середньостиглих гібридів кукурудзи загалом по досліді становила 63 доби, а досліджувана ознака варіювала незначно. На формування ознаки впливали сума ефективних температур, сума опадів та ГТК.

Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість» визначається адитивним впливом сум ефективних температур повітря. Так, притаманний опосередкований вплив суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень та суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за червень – $r = -0,59$ та $r = -0,33$ відповідно, а також впливають сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за серпень та сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за вересень – $r = 0,44$ та $r = 0,42$.

Крім того, можна стверджувати, що на тривалість досліджуваного періоду у середньостиглих гібридів кукурудзи впливає сума опадів $r = -0,46$, та гідротермічний коефіцієнт $r = -0,39$.

Встановлено, що загальна тривалість вегетаційного періоду середньостиглих гібридів кукурудзи становила 131 добу за слабкого варіювання ознаки. На тривалість вегетації загалом впливала сума ефективних температур вегетаційного періоду кукурудзи.

Встановлено, що на ріст та розвиток ранньостиглих гібридів кукурудзи чинять усі фактори навколишнього середовища, однак найбільш вагомий вплив відбувається за рахунок суми ефективних температур. Так, сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень червень та липень мали коефіцієнти кореляції на рівні $r = -0,37$, $r = -0,34$ та $r = -0,28$, відповідно, а сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за серпень – $r = 0,18$. Також можна відзначити вплив і загальної суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за вегетацію на рівні коефіцієнту кореляції $r = -0,51$.

Для дослідження фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи та встановлення впливу на формування їх ознак застосовували еколого-генетичну модель кількісних ознак.

В основу побудови моделі покладено ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх прояву в органогенезі. Оскільки етапи реалізації в фенотипі кількісної ознаки відображають і етапи ускладнення генетичної системи, то взаємозв'язок між компонентами моделі можна вважати як показник динамічної впорядкованості взаємодії між елементами генетичної системи [5]. Модель складається з трьох модулів ознак – результуючої і двох компонентних, що відображають фенотипову реалізацію генетичної формули. За допомогою модулів можна дати кількісну оцінку специфічної генної організації ознаки конкретного генотипу [5]. За результуючі ознаки беруться ті, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний вклад в кінцеву результуючу ознаку – урожайність.

Важливим параметром впливу на досліджувані ознаки є не тільки їх взаємодія між собою а й погодні умови, що власне й можуть обмежувати або ж навпаки сприяти прояву конкретних ознак в гібридів кукурудзи. Тому між погодними умовами, що відповідають конкретним періодам росту й розвитку рослин та ознаками фенотипової продуктивності визначали тісноту зв'язку.

Параметри моделі впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності ранньостиглих гібридів кукурудзи наведено на (Рис. 4).

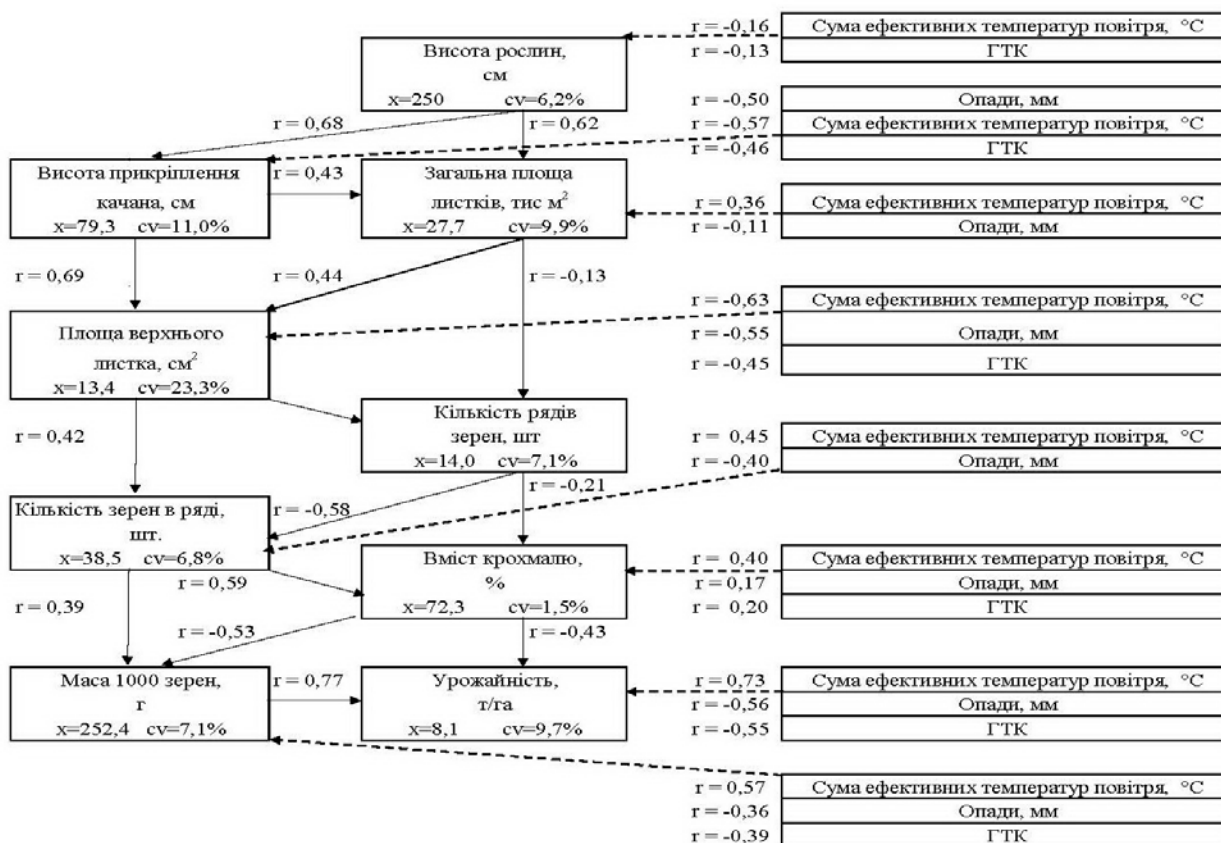


Рис. 4. Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності ранньостиглих гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Встановлено, що середня висота ранньостиглих гібридів кукурудзи в досліді була 250 см, а сума ефективних температур та ГТК впливали на слабкому рівні на формування даної ознаки. Однак, досліджуваний показник значно впливав на загальну площу листків – ($r = 0,62$) та висоту прикріплення качана – ($r = 0,68$).

Висота прикріплення качана в свою чергу залежала не тільки від загальної висоти рослин а й від площі листкового апарату ($r = 0,43$) та площі верхнього листка ($r = 0,69$). На висоту прикріплення качана впливала кількість опадів ($r = -0,50$), сума ефективних температур повітря ($r = -0,57$) та ГТК ($r = -0,46$). Загальна площа листків в ранньостиглих гібридів кукурудзи формувалась в середньому по досліді на рівні 27,7 тис. м²/га та попри встановлені закономірності зв'язку з загальною висотою рослин визначала формування площі верхнього листка ($r = 0,44$) та незначно впливала на формування кількості рядів зерен в качані кукурудзи ($r = 0,13$). Найбільш ефективно на формування площі листкової поверхні впливала сума ефективних температур повітря ($r = 0,36$).

Площа верхнього листка досліджуваних ранньостиглих гібридів кукурудзи впливала на кількість зерен ($r = 0,42$) в ряді та формувалась під впливом суми ефективних температур ($r = -0,63$), кількості опадів ($r = -0,55$) та ГТК ($r = -0,45$).

Кількість рядів зерен у ранньостиглих гібридів кукурудзи генетично обумовленим показником (14 шт.), що доволі незначно змінюється (коефіцієнт

варіації 7,1 %) під впливом умов вирощування. А тому в наших дослідженнях не встановлено достовірного впливу умов вирощування на дану ознаку.

В той же час досліджено, що ознака кількості зерен в ряді (38,5 шт.) залежала від впливу суми ефективних температур повітря ($r = 0,45$) та кількості опадів ($r = -0,40$). Також на формування цього показника впливали кількість рядів зерен ($r = -0,58$) та дана ознака визначала і загальний вміст крохмалю в зернах кукурудзи ($r = 0,59$). Вміст крохмалю в зерні кукурудзи формується не тільки під впливом біологічних особливостей досліджуваних ранньостиглих гібридів а й визначається умовами вирощування, а саме – сумою ефективних температур ($r = 0,40$), кількістю опадів ($r = 0,17$) та ГТК ($r = 0,20$). Вміст крохмалю від'ємно корелює з урожайністю ($r = -0,43$), що відповідає загальнобіологічним уявленням щодо затратності формування високого вмісту крохмалю та рівня продуктивності в кукурудзи.

Водночас з цим такий показник, як маса 1000 насінин від'ємно корельований з вмістом крохмалю в насінні ($r = -0,53$) та позитивно з урожайністю кукурудзи ($r = 0,77$). Також на цю ознаку впливають сума ефективних температур ($r = 0,57$), кількість опадів ($r = -0,36$) та ГТК ($r = -0,39$).

Ранньостиглі гібриди кукурудзи в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 8,1 т/га та на цю ознаку значний вплив мають такі фактори як сума ефективних температур ($r = 0,73$), кількість опадів ($r = -0,56$) та ГТК ($r = -0,55$).

Графічні параметри впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньоранніх гібридів кукурудзи наведено на (Рис. 5).

За результатами проведених досліджень визначено що середня висота середньоранніх гібридів кукурудзи в досліді становила 268 см а на формування цієї ознаки впливали сума ефективних температур ($r = -0,47$) та кількість опадів ($r = 0,12$). Також, досліджувана ознака помірно корельована з загальною площею листків ($r = 0,36$) та значно з висотою прикріплення качана ($r = 0,69$).

Висота прикріплення качана (93,9 см) в свою чергу залежала не тільки від загальної висоти рослин а й від площі верхнього листка ($r = 0,59$). На висоту прикріплення качана впливала сума ефективних температур повітря ($r = -0,53$) та ГТК ($r = -0,33$). Встановлено, що площа листків в середньоранніх гібридів кукурудзи в середньому по досліді була 35,5 тис. м²/га та окрім закономірностей зв'язку з загальною висотою рослин залежала від обсягів сформованої площі верхнього листка ($r = -0,45$) та в свою чергу слабо впливала на формування кількості рядів зерен в качані кукурудзи ($r = -0,17$). Серед кліматичних факторів найбільш ефективно на формування площі листової поверхні впливали сума ефективних температур повітря ($r = 0,71$), кількість опадів ($r = 0,61$) та ГТК ($r = 0,56$).

Площа верхнього листка в середньоранніх гібридів кукурудзи формувалась під впливом суми ефективних температур ($r = -0,76$), кількості опадів ($r = -0,66$) та ГТК ($r = -0,58$). Також дана ознака в свою чергу впливала на формування кількості рядів зерен ($r = 0,34$) та кількості зерен в ряді ($r = 0,50$).

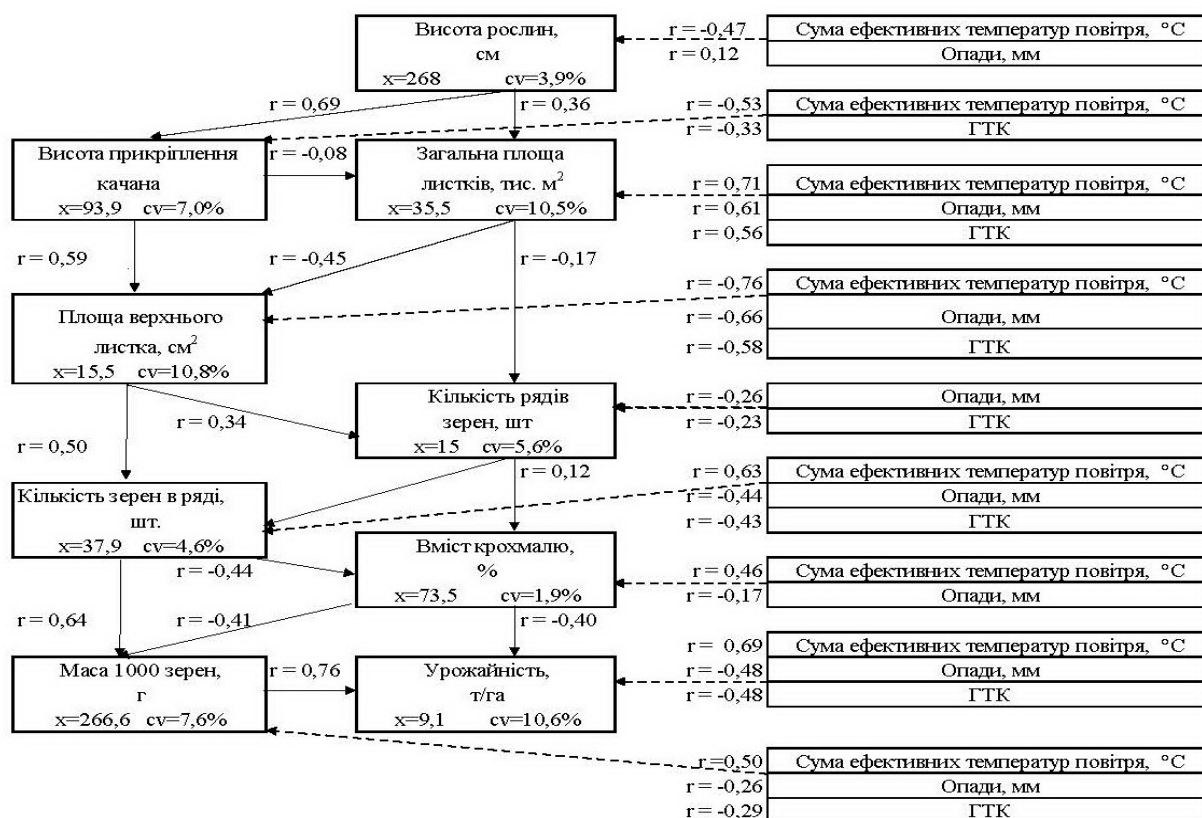


Рис. 5. Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньоранніх гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Кількість рядів зерен по аналогії з ранньостиглими гібридами у середньоранніх гібридів кукурудзи теж генетично обумовлений показник (15 шт.), що доволі незначно змінюється (коефіцієнт варіації 5,6%) під впливом умов вирощування. А тому в наших дослідженнях лише кількість опадів ($r = -0,26$) та ГТК ($r = -0,23$) проявляли слабкий вплив на дану ознаку. Однак, встановлено що ознака кількості зерен в ряді (37,9 шт.) в значно більшій мірі залежала від впливу суми ефективних температур повітря ($r = 0,63$), кількості опадів ($r = -0,44$) та ГТК ($r = -0,43$). Також цей показник взаємодіяв з масою 1000 зерен та значному рівні тісноти зв'язку ($r = 0,64$) та з вмістом крохмалю за помірної тісноти зв'язку ($r = -0,44$).

По аналогії з ранньостиглою групою гібридів для середньоранньої теж визначено, що вміст крохмалю в зерні кукурудзи формується не тільки під впливом біологічних особливостей досліджуваних ранньостиглих гібридів а й визначається умовами вирощування, а саме – сумою ефективних температур ($r = 0,46$) та кількістю опадів ($r = -0,17$). Також ця ознака від'ємно корелює з урожайністю ($r = -0,40$) та масою 1000 зерен ($r = -0,41$). А отже, отримані закономірності повністю відповідають загально-біологічним уявленням щодо енергетичної складності формування одночасно високого вмісту крохмалю та рівня продуктивності в рослин кукурудзи.

Відповідно до отриманих даних показник маси 1000 насінин від'ємно корельований з вмістом крохмалю в насінні ($r = -0,41$) та позитивно з урожайністю кукурудзи ($r = 0,76$), що додатково підтверджує наведені нами вище закономірності. Також на формування досліджуваної ознаки впливають сума ефективних температур ($r = 0,50$), кількість опадів ($r = -0,26$) та ГТК ($r = -0,29$). За результатами проведеного моделювання середньоранніх гібридів кукурудзи, встановлено що вони в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 9,1 т/га та на цю ознаку значний вплив мають такі фактори як сума ефективних температур ($r = 0,69$), кількість опадів ($r = -0,48$) та ГТК ($r = -0,48$).

Якщо аналізувати відмінності між групами ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи то можна сказати, що загалом на їх ріст та розвиток впливають в співвідносній мірі сума ефективних температур, кількість опадів та ГТК. Фактично досліджувані групи стиглості відрізняються незначно і основні відмінності спостерігаються лише у варіабельності досліджуваних ознак або тісноті їх зв'язку одна з одною. Графічне зображення параметрів моделі впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи подано на (Рис. 6).

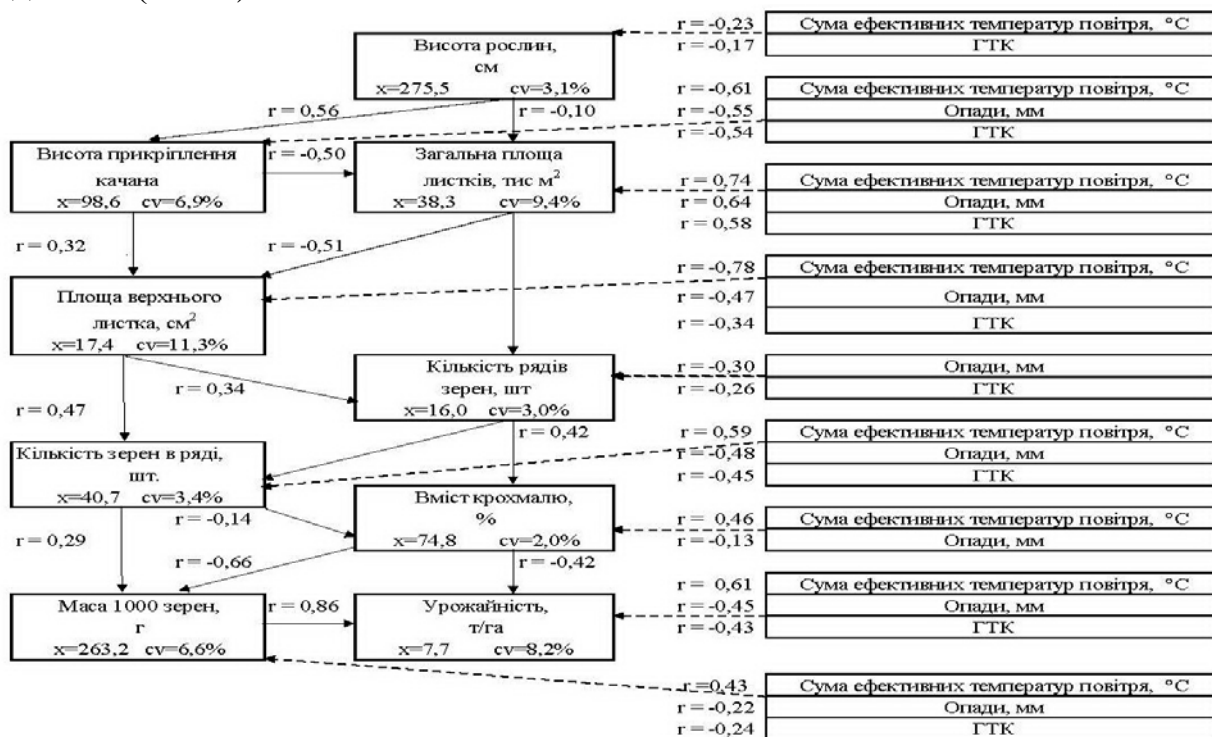


Рис. 6. Модель впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

У досліді середня висота середньостиглих гібридів кукурудзи була 275,5 см, що відповідало максимальним параметрам порівняно з іншими групами стиглості. На рівень формування даної ознаки впливає сума ефективних температур ($r = -0,23$) та ГТК ($r = -0,17$). Крім того, досліджуваний показник слабо взаємодіє з ознакою загальної площі листків ($r = -0,10$) та значно впливав на висоту прикріплення качана

($r = 0,56$). Дослідження висоти прикріплення качана показали, що в свою чергу ця ознака залежала не тільки від загальної висоти рослин, а й від площі листкового апарату ($r = -0,50$) та площі верхнього листка ($r = 0,32$). На висоту прикріплення качана впливала кількість опадів ($r = -0,55$), сума ефективних температур повітря ($r = -0,61$) та ГТК ($r = -0,54$).

Досліджено, що загальна площа листкового апарату в середньостиглих гібридів кукурудзи в середньому по досліді була на рівні 38,3 тис. м²/га та мала значний рівень взаємозв'язку з площею верхнього листка ($r = -0,51$). Найбільш ефективно на формування площі листкової поверхні впливали сума ефективних температур повітря ($r = 0,74$), кількість опадів ($r = 0,64$) та ГТК ($r = 0,58$). Площа верхнього листка середньостиглих гібридів кукурудзи впливала на формування кількості зерен в ряді ($r = 0,47$) та кількості рядів зерен ($r = 0,34$). Дана ознака формувалась під впливом суми ефективних температур ($r = -0,78$), кількості опадів ($r = -0,47$) та ГТК ($r = -0,34$).

Кількість рядів зерен середньостиглих гібридів кукурудзи не зважаючи на його генетичну обумовленість (16 шт.) та доволі незначну варіабельність (коефіцієнт варіації 3,0 %) все ж більше залежала від впливу умов вирощування, а ніж у інших груп стиглості кукурудзи. Так, на дану ознаку впливали сума опадів ($r = -0,30$) та ГТК ($r = -0,26$). Ознака кількості зерен в ряді (40,7 шт.) впливала на формування маси 1000 насінин ($r = 0,29$) та незначно на вміст крохмалю ($r = -0,14$) та в свою чергу залежала від впливу суми ефективних температур повітря ($r = 0,59$), кількості опадів ($r = -0,48$) та ГТК ($r = -0,45$).

Вміст крохмалю досліджуваних середньостиглих гібридів кукурудзи залежить від впливу умов вирощування, а саме – суми ефективних температур ($r = 0,46$) та кількості опадів ($r = -0,13$). Вміст крохмалю від'ємно корелює з урожайністю ($r = -0,42$) та масою 1000 зерен кукурудзи ($r = -0,66$). Маса 1000 насінин позитивно корелює з урожайністю середньостиглих гібридів кукурудзи ($r = 0,86$). Також на досліджувану ознаку впливають такі параметри як сума ефективних температур ($r = 0,43$), кількість опадів ($r = -0,22$) та ГТК ($r = -0,24$). Середньостиглі гібриди кукурудзи в середньому за роки досліджень формують урожайність на рівні 7,7 т/га та на цю ознаку впливають такі фактори як сума ефективних температур ($r = 0,43$), кількість опадів ($r = -0,22$) та ГТК ($r = -0,24$).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отримані математичні моделі тривалості вегетаційного періоду ранньостиглих гібридів кукурудзи дозволили визначити, що найбільший вплив чинять суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень, червень серпень та вересень за коефіцієнтів кореляції на рівні $r = -0,62$ та $r = -0,51$, $r = 0,59$ та $r = 0,39$, відповідно. Також сума опадів значно впливала на тривалість вегетації та коефіцієнт кореляції був $r = -0,44$, а вплив ГТК був на рівні $r = -0,34$. Для середньоранніх гібридів істотний вплив мали сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень та червень $r = -0,46$ та $r = -0,28$, відповідно, а також сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за серпень – $r = 0,18$. У середньостиглих гібридів кукурудзи тривалість вегетаційного періоду визначали

сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за травень червень та липень – $r = -0,37$, $r = -0,34$ та $r = -0,28$, а сума ефективних температур ($\geq +10$ °C) за серпень – $r = 0,18$. Також можна відзначити вплив і загальної суми ефективних температур ($\geq +10$ C) за вегетацію на рівні коефіцієнту кореляції $r = -0,51$.

За результатами досліджень математичних моделей впливу погодних умов на формування фенотипової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглостей встановлено, як загально біологічні закономірності так і групові відмінності формування ознак. Так, якщо аналізувати відмінності між групами ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи то загалом на їх ріст та розвиток чинять вплив у співвідносній мірі сума ефективних температур, кількість опадів та ГТК. Фактично досліджувані групи стиглості відрізняються незначно і основні відмінності спостерігаються лише у варіабельності досліджуваних ознак або тісноті їх зв'язку одна з одною. Однак, середньостиглі гібриди дещо по-іншому реагують на фактори навколишнього середовища, що дозволяє розробити елементи адаптивної технології вирощування під кожен з груп стиглості.

Список використаної літератури

1. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. 2-е изд.; перераб. и доп. М.: Наука, 1968. 451 с.
2. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренко В.П., Коломацька В.П. Теорія і практика селекції на макроознаки. Методологічні проблеми. Х.: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, 2004. 158 с.
3. Литун П.П., Кириченко В.В., Петренко В.П., Коломацькая В.П. Адаптивная селекция. Теория и практика на современном этапе. Х.: Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева, 2007. 270 с.
4. Тимофеев-Ресовский Р. В. Генетика, эволюция и теоретическая биология. Биология и информация. М.: Наука, 1984. С. 19-30.
5. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренко В.П., Коломацька В.П. Теоретичні основи базової технології селекції. Школа академіка В.Я. Юр'єва. Теоретичні дослідження в Інституті рослинництва за 1908-2008 роки. Х.: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2007. С. 3-13.
6. Литун П.П., Проскурнин Н.В., Гопций Т.И. Методика полевого селекционного эксперимента. Х., 1996. 271 с.
7. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Підручник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.
8. Мазур В. А., Паламарчук В.Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Підручник. Вінниця, 2017. 588 с.
9. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, Volume 8, Issue 3. 47-53 pp.

10. Паламарчук В.Д., Каленська С.М., Єрмакова Л. М., Поліщук І. С. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.

11. Fisher R. A. The correlation between on the supposition of mendelian inheritance. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*. 1918. V. 52. P 399.

12. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М. [та ін.]. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

Список використаної літератури у транслітерації /References

1. Shmal'gauzen I. I. (1968). *Faktory jevoljucii. Teorija stabilizirujushhego otbora [Factors of evolution. The theory of stabilizing selection]*. М.: Nauka [in Russian].

2. Litun P.P., Kyrychenko V.V. & Petrenkova V.P. et al. (2004). *Teoriia i praktyka selektsii na makrooznaky. Metodolohichni problem [The theory and practice of breeding on macro signs. Methodological problems]*. X.: Instytut roslynnytstva im. V.Ya. Yurieva [in Ukrainian].

3. Litun P.P., Kirichenko V.V. & Petrenkova V.P. et al. (2007). *Adaptivnaja selekcija. Teorija i praktika na sovremennom jetape [Adaptive selection. Theory and practice at the present stage]*. Kh.: Institut rasteniievodstva im. V.Ja. Jur'eva [In Russian].

4. Timofeev-Resovskij R. V. (1984). *Genetika, jevoljucija i teoreticheskaja biologija. Biologija i informacija [Genetics, evolution and theoretical biology. Biology and information]*. М.: Nauka [In Russian].

5. Litun P.P., Kyrychenko V.V., Petrenkova V.P. et al. (2007). *Teoretychni osnovy bazovoi tekhnologii selektsii. Shkola akademika V.Ya. Yurieva. Teoretychni doslidzhennia v Instytuti roslynnytstva za 1908-2008 roky [Theoretical foundations of basic breeding technology. School of Academician V. Ya. Yur'ev. Theoretical research at the Institute of Plant Growing for 1908-2008]*. X.: Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva [in Ukrainian].

6. Litun P.P., Proskurnin N.V. & Gopcij T.I. (1996). *Metodika polevogo selekcionnogo jeksperimenta [Methods of field breeding experiment]*. Kharkov [In Russian].

7. Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S. & Yermakova L.M. et al. (2013). *Biologhiia ta ekolohiia silskohospodarskykh Roslyn [Biology and ecology of agricultural plants]*. Vinnytsia: FOP Danyliuk [in Ukrainian].

8. Mazur V. A., Palamarchuk V.D. & Polishchuk I. S. et al. (2017). *Novitni ahrotekhnologii u roslynnytstvi [The latest agrotechnology in crop production]*. Vinnytsia [in Ukrainian].

9. Palamarchuk V., Honcharuk I. & Honcharuk T. et al. (2018). Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(3), 47-53 [in English].

10. Palamarchuk V.D., Kalenska S.M. & Yermakova L. M. et al. (2015). *Systemy suchasnykh intensyvnykh tekhnologii u roslynnytstvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]*. Vinnytsia: FOP Rohalska I.O. [in Ukrainian].

11. Fisher R. A. (1918). *The correlation between on the supposition of mendelian inheritance.* (Vol 52). Edinburgh [in English].

12. Lebid Ye. M., Tsykov V. S. & Pashchenko Yu. M. (et al.) (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Method of conducting field experiments with corn].* Dnipropetrovsk [in Ukrainian].

АННОТАЦИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВИСОКОКРОХМАЛЬНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

В статье приведены результаты математического моделирования на основе построения и использования различных изображений объекта, процесса или системы. Исследованиями предполагалось изучение зависимости уровня продуктивности и хозяйственно-ценных признаков гибридов кукурузы в виде математических моделей.

Полевые исследования проводились в течение 2011-2017 гг. На опытном поле кафедры растениеводства, селекции и биоэнергетических культур ГП ОХ «Корделевске» ИК НААНУ Винницкого национального аграрного университета в условиях Лесостепи правобережной в соответствии с рекомендациями, представленными в «Методике полевых опытов с кукурузой». Почвы на вариантах исследований представлены черноземами глубокими среднесуглинистыми на лессе. Содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое составляло 4,6%. Реакция почвенного - рН (солевое) 5,7. В почвах содержится легкогидролизованного азота (по Корнфилдом) 106 мг на 1 кг почвы, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикова) 186 и 160 мг на 1 кг почвы, соответственно. В опытах установлена хозяйственно-биологическая оценка гибридов кукурузы в зависимости от срока сева, размеров фракции и глубины заделки семян, внекорневых подкормок микроудобрениями. Учетная площадь участков для гибридов составила 10,5 м². Повторность в опытах для гибридов - 3-х разовая. Размещение участков — методом рендомизованных блоков. Для исследования фенотипической продуктивности гибридов кукурузы и установления влияния на формирование их признаков применяли эколого-генетическую модель количественных признаков.

В основу построения модели положены иерархичность проявления признаков продуктивности в онтогенезе и соответствие их проявления в органогенезе. Модель состоит из трех модулей признаков - результирующей двух компонентных, отражающие фенотипическую реализацию генетической формулы. По оцениваемых признаках берутся имеющие между собой экологически стабильные связи и высокий суммарный вклад в конечно результирующую признак — урожайность. В результате проведенных исследований полученные математические модели продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы позволили определить, что наибольшее влияние оказывают суммы эффективных температур ($\geq + 10^{\circ}\text{C}$) за май, июнь, август и сентябрь по коэффициентах корреляции на уровне

$r = -0,62$ и $r = -0,51$, $r = 0,59$ и $r = 0,39$ соответственно. Также сумма осадков значительно влияла на продолжительность вегетации, и коэффициент корреляции был $r = -0,44$, а влияние ГТК было на уровне $r = -0,34$. Для среднеранних гибридов существенное влияние имели сумма эффективных температур ($\geq + 10^\circ\text{C}$) за май и июнь $r = -0,46$ и $r = -0,28$, соответственно, а также сумма эффективных температур ($\geq + 10^\circ\text{C}$) за август - $r = 0,18$. У среднеспелых гибридов кукурузы продолжительность вегетационного периода определяли сумма эффективных температур ($\geq + 10^\circ\text{C}$) за май, июнь и июль - $r = -0,37$, $r = -0,34$ и $r = -0,28$, а сумма эффективных температур ($\geq + 10^\circ\text{C}$) за август - $r = 0,18$. Также можно отметить влияние и общей сумма эффективных температур ($\geq + 10^\circ\text{C}$) за вегетацию на уровне коэффициента корреляции $r = -0,51$.

По результатам исследований математических моделей влияния погодных условий на формирование фенотипической продуктивности гибридов кукурузы различных групп спелости установлено как общие биологические закономерности так и групповые различия формирования признаков. Так, если анализировать различия между группами раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы, то в целом на их рост и развитие оказывают влияние в соотносительной степени сумма эффективных температур, количество осадков и ГТК. Фактически исследуемые группы спелости отличаются незначительно и основные различия наблюдаются лишь в вариабельности исследуемых признаков или тесноте их связи друг с другом. Однако, среднеспелые гибриды несколько по-другому реагируют на факторы окружающей среды, что позволяет разработать элементы адаптивной технологии выращивания под каждую из групп спелости.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, фенотип, математическая модель, продуктивность, хозяйственно-ценные признаки.

Рис. 6. Лит. 12.

ANNOTATION

MATHEMATICAL MODELS OF HIGH-STARCH MAIZE HYBRIDS OF DIFFERENT GROUND GROUPS

The article presents the results of mathematical modeling based on the construction and usage of different images of an object, process or system. The research expected to study the dependence of the productivity level and the economically valuable features of corn hybrids in the form of mathematical models.

Field studies were carried out during 2011-2017 at the field of research of the Department of Plant, Selection and Bioenergy Crops of SE EF "Kordelivske" of IP NAASU of Vinnytsia National Agrarian University under the conditions of the Forest-Steppe of the Right-Bank, in accordance with the recommendations presented in the Methodology Of The Maize Field Study.

The soils in the study variants are represented by black earth soil of deep medium loamy on the loessial soil. The humus content (according to Tiurin) in the tilth soil was

4.60%. Soil reaction - pH (salt) 5.7. The soils contain lightly hydrolyzed nitrogen (according to Kornfield) 106 mg per 1 kg of soil, mobile phosphorus and exchangeable potassium (according to Chirikov) 186 and 160 mg per 1 kg of soil, respectively. The experiments established the economic and biological evaluation of corn hybrids depending on the sowing period, the size of the fraction and the depth of seed wrapping, foliar fertilizers by micro fertilizers. The plot area for hybrids was 10.5 m². Repeatability in experiments for hybrids is 3 times. Placement of plots is by the method of randomized blocks. An ecological-genetic model of quantitative features was used to study the phenotypic productivity of maize hybrids and to establish the influence on the formation of their traits. The model construction is based on the hierarchy of production traits demonstration in ontogeny and the correspondence of their manifestation in organogenesis. The model consists of three modules of features, i.e. the resultant and two components which reflecting the phenotypic implementation of the genetic formula. Resulting features are those that have an environmentally stable relationships and the highest total contribution to the intended property, yield.

As a result of the conducted research, the mathematical models of the duration of the growing season of early-maturing maize hybrids allowed us to determine that the biggest influence does sums of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) for May, June, August and September over correlation rate at $r = -0.62$ and $r = -0.51$, $r = 0.59$ and $r = 0.39$, respectively. Also precipitation amount significantly influenced on the duration of the growing season and the correlation coefficient was $r = -0.44$, and the influence of the HTI was at the level of $r = -0.34$. For middle-early hybrids the sum of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) in May and June $r = -0.46$ and $r = -0.28$, respectively, and also the sum of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) in August – $r = 0.18$ had a strong effect. However, for medium-maturing maize hybrids, the duration of the growing season was determined by the sum of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) for May, June and July – $r = -0.37$, $r = -0.34$ and $r = -0.28$, and the sum of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) in August – $r = 0.18$. It is also possible to note the influence and the total sum of effective temperatures ($\geq + 10^{\circ} \text{C}$) during vegetation at the level of correlation coefficient $r = -0.51$. According to the research results of mathematical models of the influence of weather conditions on the formation of phenotypic productivity of maize hybrids of different maturity groups both general biological regularities and group differences of features formation were established. Thus, if we analyze the differences between groups of early-ripening and middle-early corn hybrids, their growth and development in general are influenced by the sum of the effective temperatures, rainfall and HTI. In fact, the studied groups of ripeness differ slightly and the main differences are observed only in the variability of the studied features or their close relationship with each other. However, middle-aged hybrids respond somewhat differently to environmental factors, which allow developing the elements of adaptive growing technology for each of the maturity groups.

Key words: corn, hybrid, phenotype, mathematical model, productivity, economic and valuable features.

Fig. 6. Lit. 12.

Інформація про авторів

Паламарчук Віталій Дмитрович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур, Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: vd-palamarchuk@ukr.net).

Алексєєв Олексій Олександрович – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: alekseev_oleksiy@ukr.net).

Паламарчук Віталій Дмитриєвич – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3 email: vd-palamarchuk@ukr.net).

Алексєєв Алексей Александрович – кандидат сільськогосподарських наук, старший преподаватель кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, e-mail: alekseev_oleksiy@ukr.net).

Palamarchuk Vitalii – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Production, Selection and Bioenergetic Crops (21008, Vinnytsia, Soniachna St. 3, e-mail: vd-palamarchuk@ukr.net).

Aliexsieiev Oleksii Oleksandrovych – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Ecology and Environmental Protection of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna St. 3, e-mail: alekseev_oleksiy@ukr.net).