

633.15  
Р64

УДК: 633.15  
КП  
№ держреєстрації 0113U008064  
Інв. №

Міністерство освіти та науки України  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ОДЕКУ)  
65016, м. Одеса, вул. Львівська 15;  
тел. 42-77-67



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з НР  
д.геогр.н., проф.  
Ю.С. Тучковенко  
2015. 15.12.

**ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ  
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ПРОГНОЗУ УРОЖАЙНОСТІ  
КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ  
(заключний)**

Науковий керівник НДР  
зав. кафедри агрометеорології і  
а/м прогнозів д. г. н., професор

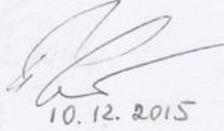
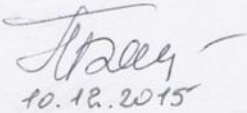

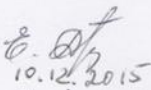
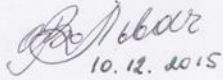
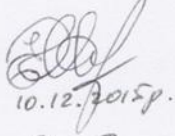
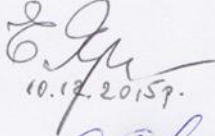

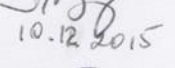
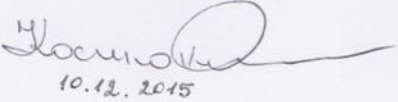

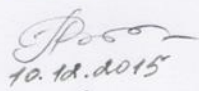
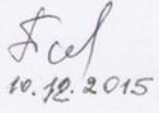
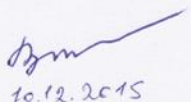
А.М. Польовий

2015


Рукопис закінчено 11 грудня 2015 р.  
(Результати цієї роботи розглянуто НТР ОДЕКУ)  
Протокол від



## СПИСОК АВТОРІВ

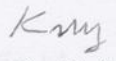
Науковий керівник, д.г.н., професор	 10.12.2015	А. М. Польовий (вступ, розд. 1, 2, 3 висновки)
Відповідальний виконавець к.г.н., доцент	 10.12.2015	Л. Ю. Божко (розд. 1.1, 1.11.3, 2.3, 3)
Професор, д.геогр.н.	 10.12.2015	Г.В. Ляшенко (розд. 1.2, 1.11.2, 2.4, 3.2)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015	О.О. Дронова (розд. 1.3, 1.11.3, 2.1)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015	О.В. Вольвач (розд. 1.4, 1.11.4, 2.2)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015р.	О.Л. Жигайло (розд.1.5 , 1.11.4, 2,3)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015р.	О.С.Ярмольська (розд. 1.6, 1.11.1, 2,2)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015	С.М. Свидерська (розд. 1.7, 1.11.2, 2,1)
Доцент, к.г.н.	 10.12.2015	О.А. Барсукова (розд. 1.8, 1.11.3, 2.4, 3,1)
Асистент, к.г.н.	 10.12.2015	Т.К Костюкевич (розд. 1.9, 1.11.4, 2,2)
Асистент	 10.12.2015	В.В. Іконнікова (розд. 1.10, 1.11.5, 2.1)
Зав. лаб. ґрунтознавства	 10.12.2015	А.В.Толмачова (розд. 1.3, 1.11.2, 2.3)
Зав. лаб. екології рослин	 10.12.2015	В.А.Панасенко (розд. 1.3, 1.11.2, 2.4)
Здобувач	 10.12.2015	В.О.Ляшенко (розд. 1.10, 1.11.3, 2,2)

Аспірант

  
 10.12.2015 р.

 Д. Друмов  
 (розд. 1.5, 1.11, 2.4)

Студент

  
 10.12.2015

 Кулінська Х.  
 (розд. 1.6, 1.11.2, 2.1)

Нормоконтролер



С.В. Малацковська

Об'єкт дослідження – посіви кукурудзи в Україні.

Мета дослідження – розробка моделі формування фотосинтетичної продуктивності кукурудзи для створення на її основі методів оцінки агрометеорологічних умов періоду вегетації та прогнозу урожайності кукурудзи в Україні для включення їх в наступному в АРМ-агрометеоролога для автоматизованої оперативної оцінки умов вирощування цієї культури.

Метод досліджень – математичне моделювання продукційного процесу посіви.

На основі матеріалів агрометеорологічних спостережень мережі агро- та гідрометеорологічних станцій України, а також літературних джерел, проаналізовані сучасні методи оцінки агрометеорологічних умов продукційного процесу кукурудзи та прогнозування її урожайності, вивчені особливості моделювання життєвих процесів культури.

**КУКУРУДЗА, БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ, ТЕМПЕРАТУРА, ОПАДИ, МОДЕЛЮВАННЯ**

Умови оприлюднення звіту: за договором. Адреса: 65016, м. Одеса, вул.

Львівська 15; Одеський державний економічний університет.

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 113 с., табл.14, рис.15.

Об'єкт дослідження – посіви кукурудзи в Україні.

Мета дослідження – розробка моделі формування фотосинтетичної продуктивності кукурудзи для створення на її основі методів оцінки агрометеорологічних умов періоду вегетації та прогнозу урожайності кукурудзи в Україні для включення їх в наступному в АРМ-агрометеоролога для автоматизованої оперативної оцінки умов вирощування цієї культури.

Метод досліджень – математичне моделювання продукційного процесу рослин.

На основі матеріалів агрометеорологічних спостережень мережі агро- та гідрометеорологічних станцій України, а також літературних джерел, проаналізовані сучасні методи оцінки агрометеорологічних умов продукційного процесу кукурудзи та прогнозування її врожайності, вивчені особливості моделювання життєвих процесів культури,

**КУКУРУДЗА, БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ, ТЕМПЕРАТУРА, ОПАДИ, МОДЕЛЮВАННЯ.**

Умови одержання звіту: за договором. Адреса: 65016, м. Одеса, вул.

Львівська 15, Одеський державний екологічний університет.

## ЗМІСТ

	Стр.
Вступ.....	7
1. Проблема кількісної оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю кукурудзи (сучасний стан проблеми).....	10
1.1. Характеристика кореневої системи, надземних органів та зернівки кукурудзи.....	10
1.2. Біологічні особливості кукурудзи: потреба в теплі.....	11
1.3. Біологічні особливості кукурудзи: потреба в волозі .....	14
1.4. Біологічні особливості кукурудзи: потреба в сонячній радіації..	16
1.5. Біологічні особливості кукурудзи: потреба в поживчих речовинах.....	17
1.6. Посухостійкість.....	22
1.7. Характеристика хвороб та шкідників кукурудзи.....	22
1.8. Характеристика сортів кукурудзи.....	27
1.9. Агротехніка кукурудзи в Степу.....	32
1.10. Агротехніка кукурудзи в Лісостепу.....	34
1.11. Вплив агрометеорологічних умов на ріст та розвиток кукурудзи.....	35
1.11.1. Методи оцінки впливу агрометеорологічних умов на продуктивність кукурудзи.....	35
1.11.2. Методи прогнозу врожайності кукурудзи.....	37
1.11.3. Оцінка агрокліматичних ресурсів стосовно до оброблення окремих сільськогосподарських культур .....	40
1.11.4. Оцінка агрокліматичних ресурсів за допомогою фізико-статистичних моделей.....	41
1.11.5. Застосування моделей продуктивності для оцінки агрокліматичних ресурсів .....	44
2. Моделювання впливу агрометеорологічних умов на продукційний процес рослин кукурудзи.....	48
2.1. Моделювання ростових процесів.....	48
2.2. Розрахунок характеристик радіаційного та водно-теплового режимів та режиму мінерального живлення посівів.....	55
2.3. Ідентифікація параметрів моделі формування урожаю кукурудзи та перевірка її адекватності .....	59
2.4. Облік сортових особливостей при моделюванні формування урожаю кукурудзи .....	67
3 Методи визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон.....	74
3.1. Підготовка вхідних даних для розрахунків за моделлю .....	86
3.2. Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ ....	89
Висновки.....	91

Перелік посилань.....	94
Додаток А.....	103
Додаток Б.....	104
Додаток В.....	108

## ВСТУП

Кукурудза є однією з найбільш високопродуктивних злакових культур універсального призначення, яку вирощують для продовольчого, кормового і технічного використання. У країнах світу для продовольчих потреб використовується приблизно 20% зерна кукурудзи, для технічних 15–20%, на корм худобі 60–65%.

У нашій країні кукурудза є найважливішою кормовою культурою. За її рахунок тваринництво забезпечується концентрованими кормами, силосом і зеленою масою.

Найбільш цінний корм – зерно кукурудзи, яке містить 9 – 12% білків, 65–70% вуглеводів, 4–8% олії, 1,5% мінеральних речовин. У 100 кг його міститься 134 корм, од., до 8 кг перетравного протеїну. У вигляді кормового борошна, висівок воно добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин. При годівлі свиней особливо ціниться жовтозерна кукурудза, в 1 кг якої міститься від 3,2 до 9 мг каротину, або провітаміну А (у білозерної – до 1,1 мг), який значно підвищує їх продуктивність. Завдяки високій енергетичній поживності (100 кг сухого зерна забезпечує 1600 МДж обмінної енергії) воно є незамінним компонентом комбикормів. Протеїн представлений неповноцінним зеїном і глютеліном, тому згодувати зерно слід у суміші з високопротеїновими кормами. У зерні кукурудзи 65–70% вуглеводів, 9–12% білка, 4–8 рослинної олії (у зародку до 40%) і лише близько 2% клітковини. Містяться вітаміни А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Е, С, незамінні амінокислоти, мінеральні солі і мікроелементи. Вміст білка невисокий, він дефіцитний за деякими незамінними амінокислотами, особливо за вмістом лізину.

Використовують зерно на корм також силосуванням качанів у фазі молочно-воскової стиглості, яке за поживністю мало поступається зерну повної стиглості. Із подрібненого зерна вологістю близько 25% разом з подрібненими стрижнями качанів виготовляють зерно-стрижневу кормову масу, яку закладають у траншею, трамбують і вкривають плівкою, а тільки з подрібненого зерна з такою самою вологістю – такий новий вид корму, як корнаж.

Кукурудза – основна силосна культура. За врожайністю зеленої маси вона перевищує майже всі кормові культурні. Один центнер силосу, виготовленого з кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості відповідає 0,22–0,24 к.о., а воскової – 0,28–0,32 к.о. Вміст перетравного протеїну – 1,4–1,8 кг. Силос кукурудзи має добру перетравність і дієтичні властивості, багатий на каротин.

Для згодкування тваринам придатні також подрібнена маса сухих стебел, листків та обгорток качанів, яку здобрюють кормовою мелясою і сіллю або силосують з буряковою гичкою чи гарбузами.

Стрижні качанів у вигляді борошна використовують як компонент комбикормів.

Кукурудза займає важливе місце в зеленому конвеєрі, забезпечуючи тваринництво зеленою масою, багатою на вуглеводи й каротин. У 100 кг зібраної до викидання волотей зеленої маси міститься 16 корм. од.

Кукурудза на зерно за середньої врожайності 60 ц/га разом з побічною продукцією (стеблами, листками) забезпечує вихід з 1 га понад 6,5 тис. кг корм. од. і до 400 кг перетравного протеїну (що дорівнює 75 тис. МДж обмінної енергії). Це значно більше порівняно з іншими зерновими культурами. Проте кукурудза містить недостатню кількість перетравного протеїну – від 60 – 65 г. у силосі до 75 – 78 г. у зерні на 1 корм. од. при нормі 110 – 120 г. Тому при згодовуванні тваринам тільки однієї кукурудзи вони погано засвоюють інші органічні речовини (вуглеводи, жири). Крім того, у складі білків кукурудзи замало незамінних амінокислот (лізину, метіоніну, триптофану та ін.), тому годівля тварин лише кукурудзою спричинює порушення в організмі тварин обміну речовин і різке зниження їх продуктивності. Щоб збалансувати раціон за протеїном, тваринам згодовують кукурудзу у суміші з бобовими кормовими культурами, в яких на 1 корм. од. припадає 130 – 250 г. перетравного протеїну з достатньою кількістю незамінних амінокислот.

З давніх часів людина використовує кукурудзу як продовольчу культуру. У багатьох країнах світу (Китай, Індія, Мексика, Україна, Грузія) із зерна кукурудзи виготовляють різні традиційні національні хлібні вироби: у Молдові, Закарпатті і на півдні України – смачну мамалигу, в Грузії – мчаді, що нагадує коржі, та ін.

Кукурудзяне борошно широко використовують у кондитерській промисловості – для виготовлення бісквітів, печива, запіканок. Із зерна виробляють харчові пластівці, повітряну кукурудзу, крупу. Прілому за вмістом білків (12,5%) кукурудзяна крупа переважає інші крупи (пшоно, ячмінну, гречану).

Із зерна виробляють харчовий крохмаль, сироп, цукор, мед. Вживають у їжу недостигле зерно, особливо цукрової кукурудзи, у вигляді варених качанів. Із зародків зерна добувають рослинну олію, яка є не тільки висококалорійним продуктом харчування, а й має лікувальні властивості: містить лецитин, який знижує вміст холестерину в крові і запобігає атеросклерозу.

Зерно кукурудзи використовують для виробництва різних прохолодних напоїв, піностійких сортів пива, етилового спирту, гліцерину, органічних кислот (молочної, лимонної, оцтової та ін.). Із стебел та стрижнів качанів виробляють папір, целюлозу, ацетон, метиловий спирт та ін. Із стовпчиків маточок незрілих качанів готують відвари, які вживають при гострих захворюваннях і хронічних запаленнях печінки, нирок та сечового міхура.

Підраховано, що з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, значна частина яких, у свою чергу, є сировиною для виготовлення іншої продукції. Наприклад, з кукурудзяного сиропу виробляють каучук, фарби, різні антисептики, розчинники олії та ін.



Селекціонери працюють над виведенням високоолійних форм кукурудзи. Вже є форми із вмістом олії в зерні понад 15%.

Як просапна культура кукурудза має агротехнічне значення: є добрим попередником під ярі культури, а при своєчасному збиранні – і під озимі.

При дотриманні вимог агротехніки вона залишає поле чистим від бур'янів з розпушеним ґрунтом. Повертається значна частина органіки у вигляді коренів і стеблових решток. Важливим елементом біологізації рослинництва є заорювання листостеблової маси при збиранні і вивезенні з поля лише зерна кукурудзи. Кукурудза добрий попередник для зернобобових, ярих зернових культур. Гірший для озимих зернових, оскільки після неї важче якісно підготувати ґрунт до сівби.

Кукурудза – одна з давніх землеробських культур, її історія як землеробської культури налічує близько 4500 років, а вік – 60 тис. років. Батьківщиною кукурудзи вважають райони Центральної і Південної Америки (Мексика, Перу, Болівія). Найбільш вірогідно, що кукурудза походить від дикої форми, яка з часом шляхом природного схрещування з одним із видів найближчих її диких родичів – тріпсакум і теосинте дала сучасну кукурудзу (П.М. Жуковський). Існує також думка, що її попередником була пливчаста кукурудза.

З Америки кукурудзу наприкінці XV ст. було завезено в Європу, а в XVI ст. – в Китай, Індію, Африку та інші країни. В Україні кукурудзу вирощують з кінця XVII ст.

У світовому землеробстві кукурудза займає тепер близько 130 млн. га, валові збори її зерна досягають 470 млн. т і більше за рік.

Найбільші посівні площі кукурудзи зосереджені в США – близько 30 млн. га, Бразилії (до 12 млн. га), Індії (6 млн. га), Румунії (3 млн. га). В Україні кукурудзу вирощують залежно від року на площі 4,7 (1995 р.) – 5,9 (1990 р.) млн. га, у тому числі на зерно до 1,2 млн. га, на силос і зелений корм 3,5 – 4,6 млн. га.

Основні посіви кукурудзи на зерно в нашій країні розміщені в Степу й Лісостепу, на силос і зелений корм – в усіх зонах.

В Україні кукурудза – одна з найбільш урожайних зернових культур. За середньою врожайністю зерна (35,4 ц/га в 1986–1990 рр.) вона поступається лише рису (47,4 ц/га) та озимій пшениці (40,2 ц/га).

Високі врожаї зерна кукурудзи одержують господарства, які вирощують її за інтенсивною технологією: Так, у Черкаському районі Черкаської області середня врожайність кукурудзи досягала 53,2 ц/га, у багатьох господарствах Криничанського району Дніпропетровської області 60 – 65 ц/га. Урожайність силосної маси кукурудзи в багатьох господарствах перевищує 500 – 700 ц/га.

Висока врожайність кукурудзи у кращих господарствах України – свідчення великих біологічних можливостей цієї культури, наявності реальних резервів значного збільшення її валових зборів [1].

# 1 ПРОБЛЕМА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ

## 1.1 Характеристика кореневої системи, надземних органів та зернівки кукурудзи

У світовому землеробстві, у тому числі й в Україні, кукурудзу використовують як універсальну культуру - на корм худобі, для продовольчих і технічних потреб - виробництва круп і борошна, харчового крохмалю та рослинної олії, меду й цукру, декстрину та етилового спирту тощо. Це одна з найпоширеніших сільськогосподарських культур. Ботанічна характеристика Рід кукурудзи (*Zea L.*) представлений одним видом - кукурудзою (маїс) культурною (*Zea mays L.*). Тривалий час вважали родоначальником кукурудзи однорічну багатостеблу рослину тео-синте, доки не було встановлено, що само тео-синте походить від кукурудзи. Тео-синте утворює дворядний початок із зернівками, які охоплені лусками і не вимолочуються. Трапляється в Центральній Америці як бур'ян у посівах кукурудзи. Зустрічається тео-синте багаторічне - багатостебла рослина, яка також є бур'яном на кукурудзяних полях у Центральній Америці. Кукурудза культурна (2n-42) - однорічна трав'яниста рослина, яка зовнішнім виглядом значно відрізняється від інших злакових рослин [1, 2-5].

Коренева система мичкувата, добре розвинена, окремі корені проникають у ґрунт на глибину 2-3 м. У кукурудзи розрізняють кілька ярусів коренів: зародкові, гіпокотильні, епікотильні, підземні вузлові та надземні стеблові (повітряні, або опірні). Основну масу кореневої системи становлять підземні вузлові корені, які заглиблюються у ґрунт до 2,5 м і більше та розходяться в боки у радіусі понад 1 м. Ярусне розміщення коренів у ґрунті з перевагою основної частини їх у гумусовому шарі більш повно забезпечує рослину елементами живлення і вологою за рахунок літніх опадів.

Стебло у кукурудзи - міцна, груба, округла соломка, заповнена нещільною паренхімою. Висота його залежно від біологічних особливостей сорту чи гібрида та факторів урожайності коливається від 60-100 у ранньостиглих форм і до 5-6 м у пізньостиглих. Товщина - 2-7 см. Кількість міжвузлів на стеблі у ранньостиглої кукурудзи досягає 8-12, у дуже пізньостиглої - до 30-40 і більше.

Листки лінійно-ланцетні, великі, довжина листкової пластинки 70-110 см, ширина 6-12 см і більше. Листок зверху опушений, має невеликий язичок і не має вушок. Розміщуються листки на стеблі почергово, не затінюючи один одного. Краї їхні ростуть швидше, ніж середина, а тому є хвилястими, що збільшує загальну листову поверхню рослини. Кількість листків на стеблі адекватна кількості стеблових вузлів. У кукурудзи на одній

рослині формується чоловіче суцвіття - волоть і жіноче - початок, тобто вона є однодомною роздільностатевою рослиною.

Волоть у кукурудзи верхівкова, розміщується на кінці центрального стебла або на верхівках бічних пагонів - пасинках. На осі волоті переважна кількість бічних гілок першого порядку, рідко на двох-трьох нижніх утворюються гілки другого порядку. Колоски з чоловічими квітками розміщені вздовж кожної гілки двома або чотирма рядами, попарно, з яких один сидячий, другий на короткій ніжці. Колоски двоквіткові; квітки тичинкові, з широкими опушеними перетинчастими колосковими лусками та тонкими м'якими - квітковими, між якими знаходиться три тичинки з двогніздими пиляками. У кожній добре розвиненій волоті утворюється до 1-1,5 тис. квіток, які за сприятливих умов зацвітають разом з жіночими квітками або на 2-4 дні раніше. Пилок переноситься вітром до 300-1000 м, що враховують при просторовій ізоляції насінних посівів кукурудзи.

Суцвіття з жіночими квітками - початки - розвиваються з частини найактивніших пазушних бруньок стеблових листків. На стеблі утворюються здебільшого 2-3 початки, решта бруньок не розвиваються. Початок розміщується на короткій ніжці (стебельці), покритій зовні обгортковими листками, які відрізняються від звичайних стеблових добре розвиненими піхвами і редукованими пластинками. Внутрішні листки обгортки тонкі, майже плівчасті, світлі, зовнішні - товщі й зелені. Основою початка є добре розвинений стрижень циліндричної або слабоконусоподібної форми, завдовжки 15-35 см. Маса його становить 15- 25% загальної маси початка. У комірках стрижня, які розміщуються поздовжніми рядами, розміщуються попарно колоски з жіночими квітками. Колоски початка мають м'ясисті (при висиханні - шкірясті) колоскові луски та ніжні тонкі - квіткові. У кожному колоску знаходиться дві квітки, але утворює зернівку лише одна - верхня, друга, нижня - безплідна. Розміщені попарно колоски формують дві зернівки, тому початки мають парну кількість рядів зерен - від 8 до 24 і більше. Нормально розвинені жіночі квітки мають сформовані маточки, які складаються із зав'язі, довгого (до 40-50 см)ниткоподібного стовпчика і приймочки. Плід у кукурудзи - гола зернівка різних розмірів і форми, консистенції та забарвлення.

## **1.2 Біологічні особливості кукурудзи: потреба в теплі**

Потреба кукурудзи в теплі визначається нижньою межею температури, при якій починається розвиток, і сумарною кількістю тепла, необхідним для завершення цієї фази розвитку.

Насіння кукурудзу починають проростати при температурі близько 8 °С. Однак при такій температурі проростання йде дуже повільно, проростки загнивають і посіви зріджуються. При запасах продуктивної вологи більше

15 мм в шарі ґрунту 0 - 10 см і температурах 1 ..... 12 ° С кукурудза сходить через 20-25 днів, а при 18-22 ° С через 6-8 днів.

На тривалість періоду сівба - сходи великий вплив надає глибина загортання насіння, особливо на важких ґрунтах. Так на важких ґрунтах при глибині загортання 4 см сходи в середньому з'являлися через 12 днів, при 8 см - через 24 дня і при 12 см - через 33 дні. При такій різниці в тривалості періодів відмінність у сумах температур повітря досягає 200 ° С [4, 5].

Визначення сумарної потреби в теплі за періоди посів - проростання і проростання - поява масових сходів проводилося за методом ефективних температур [3, 4-7].

Період листоутворювання починається появою сходів і закінчується викидання волоті. Його тривалість становить від 40 до 60% усього періоду вегетації. У період листоутворювання середня температура повітря коливається в межах 15-25 ° С.

У період викидання волоті - дозрівання качана відзначаються фази викидання і цвітіння волоті, поява ниток качана, молочна, воскова і повна стиглість. За даними Чиркова Ю.І. [8]. Суми активних температур за період викидання - молочна стиглість, становлять 600 ° С для ранньостиглих сортів, 700 ° С - для середньостиглих; в період молочної стиглості дозрівання, 400 ° С - для ранньостиглих, 500 ° С - для пізньостиглих сортів і гібридів. Різниця в сумах температур між ранньостиглими і пізньостиглими сортами за період викидання - дозрівання не перевищує 200 ° С, тоді як у період викидання відмінність у сумах температур між ранньостиглими і пізньостиглими сортами досягає 600 ° С. Період викидання волоті - молочна стиглість в районах обробки кукурудзи на зерно припадає на найбільш спекотні місяці (липень-серпень) з середньодобовою температурою вище 20 ° С, при значній кількості днів з середньодобовою температурою більше 25 ° С.

Період від молочної до воскової стиглості припадає зазвичай на другу половину серпня - початок вересня і проходить в умовах спаду температури повітря.

У підперіод викидання волоті - поява ниток качана при високій температурі повітря спостерігається зворотний зв'язок швидкості розвитку з температурою повітря. При денній температурі вище 28 - 30 ° С розвиток сповільнюється. Тривалість цього порівняно короткого періоду збільшується. У північних районах, де кукурудза обробляється на силос, цей період нерідко проходить при температурі повітря 14-18 ° С і хорошою забезпеченістю вологою. У цих умовах нитки зазвичай з'являються через 8-12 днів після викидання волоті. Сума ефективних температур (10 ° С) за цей період порівняно постійно у різних за скоростиглістю сортів і гібридів і становить у середньому 70-80 ° С. При цьому у ранньостиглих сортів досить часто викидання ниток качана відбувається одночасно з цвітінням волоті, а у пізньостиглих сортів - з інтервалом 3-4 дні.

Після поява ниток відбувається процес запліднення. При високих температурах життєдіяльність пилку знижується. При температурі вище 25 ° С. І прямому сонячному світлі вона зберігається всього лише протягом

3-х годин. При температурах понад 40 °С, і низькій вологості повітря велика частина пилку гине ще до розкриття пиляків, а інша - через годину після розкриття пиляків.

Підперіод появи ниток - молочної стиглості на противагу попередньому підперіоді відбувається швидше при високих температурах. Вплив баластних температур по суті не проявляється, тому що в період переходу від молочної до воскової стиглості життєдіяльність рослин припиняється; поступово від нижніх ярусів до верхніх відмирають листя, пересування пластичних речовин з листя до зерен слабшає і зовсім припиняється до початку воскової стиглості.

Фаза воскової стиглості є по суті завершальним періодом вегетації рослин. При настанні цієї фази повністю засихають листя стебла і обгортки качана. Перспективними є виведені селекціонерами біотиби кукурудзи, що здатні проростати за температури 5-6°С. Найменші ранні осінні приморозки пошкоджують листки і рослину в цілому. Необхідно зазначити, що в останні роки, в зв'язку з поширенням кукурудзи у північні регіони, створено нові ранньостиглі гібриди. Вони відзначаються високою холодостійкістю. При зниженні температури інкрустоване насіння може лежати в ґрунті 25-30 днів і здатне прорости після потепління.

У літній період вегетації за температури 14-15°С ріст рослин сповільнюється, а за 10°С вони не ростуть [2].

У фазах сходи - викидання волотей оптимальна температура для росту і розвитку - 20-23°С. До появи генеративних органів підвищення температури до 25-30°С не шкодить кукурудзі. У фазі цвітіння підвищення температури понад 25°С негативно впливає на запліднення рослин. Максимальна температура, за якої припиняється ріст кукурудзи, становить 45-47°С.

Сума активних температур, за яких досягають ранньостиглі гібриди, становить 2100-2200°, середньоранні і середньостиглі - 2400-2600° і пізньостиглі - 2800-3200°. Є декілька варіантів поділу гібридів за групами стиглості. Один з них подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Поділ гібридів за групами стиглості за класифікацією ФАО

Група стиглості	Сума активних температур	Сума ефективних температур*	Число ФАО	Вегетаційний період, днів	Кількість листків
Дуже ранньостиглі	2100	850-900	100-149	80-90	10-12
Ранньостиглі	2200	900-1000	150-199	90-100	12-14
Середньоранні	2400	1100	200-299	100-115	14-16
Середньостиглі	2600	1150	300-399	115-120	17-18
Середньопізні	2800	1200	400-499	120-130	19-20
Пізньостиглі	2900-3000	1250-1300	500-599	135-140	21-23
Дуже пізньостиглі	більше 3000	більше 1350	більше 600	більше 140	більше 23

### 1.3 Біологічні особливості кукурудзи: потреба в волозі

Вологість ґрунту є важливим фактором для проростання насіння. Перш ніж зародок рушить в зростання, насіння повинні ввібрати 40 - 44% води від їх початкової ваги. При 10% повної вологоємності ґрунту насіння кукурудзи не проростають з - за нестачі вологи. З підвищенням зволоження ґрунту починається набухання насіння, яке прискорюється у міру збільшення вологості до 80% повної вологоємності [4, 5].

Вологість ґрунту, істотно впливає на накопичення рослинної маси, чинить менший вплив на швидкість проходження етапів органогенезу волоті. У польових умовах запаси вологи на початку періоду листоутворювання досить великі: понад 40 мм в шарі ґрунту 0-50 см і 70 мм в шарі 0-100 см. До кінця цього періоду вологозапаси знижуються, особливо у степовій зоні, але складають більше 20 і 40 мм відповідно. Вологозапаси в метровому шарі ґрунту протягом усього періоду листоутворювання зазвичай вище 100 мм. У цих межах коливання вологозапасів не роблять помітного впливу на тривалість сходи - викидання волоті.

У період викидання волоті - дозрівання качана спостерігається найбільша потреба в воді, обумовлена як спекотною погодою, так і максимальним розвитком листової поверхні, інтенсивно транспіруючи вологу [1, 2, 6].

Підперіод викидання волоті - поява ниток качана характеризується великою чуйністю рослин на умови зволоження. У цей період, звані критичними, умови зволоження значною мірою визначають урожай зерна. У ньому виявляється значення нестачі вологи як фактора, гальмуючого швидкість розвитку кукурудзи.

Після появи ниток і запліднення настає етап органогенезу - формується зародок і зернівка, йде налив зерна. Гальмівний вплив нестачі грантової вологи виражено в цей період недостатньо ясно через різного характеру зв'язку вологості і швидкості розвитку в першу і другу частини періоду. В цілому недолік вологи виявляється опосередковано через загальне зростання температури в посушливих умовах у зв'язку з витратою радіаційного балансу в основному на нагрівання повітря, ґрунту і рослин. Дозрівання зерна характеризується зниженням води в зернівках від 30-35 до 15 - 20%, що в основному пов'язано з режимом температури і вологістю повітря. У період воскова - повна стиглість швидкість дозрівання зерна нелінійно пов'язано з дефіцитом вологості повітря. Для завершення дозрівання потрібна сума дефіцитів вологості в 13 годину рівна  $245 \pm 30$  Мб. Транспіраційний коефіцієнт кукурудзи 370.

Вологість ґрунту істотно впливає на нагромадження рослинної маси, але на швидкість розвитку рослин вона має слабкий вплив. Помітне гальмування швидкості розвитку відзначається тільки при зменшенні запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту нижче 40 мм. Подальше

зменшення запасів вологи у ґрунті затримує викидання волоті кукурудзи на 4–6 днів [1, 7-10].

Оптимальні умови для формування урожаю зеленої маси кукурудзи створюються при середній декадній температурі повітря 20–24 °С і запасах продуктивної вологи 35–45 мм в орному шарі підзолистих ґрунтів і 60–70 мм у півметровому шарі чорноземних ґрунтів (рис. 1.1).

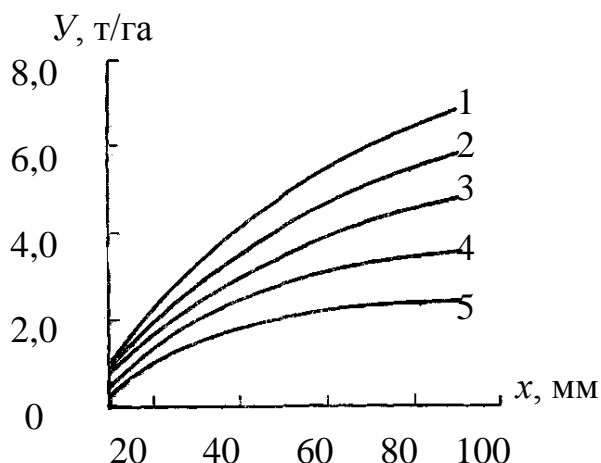


Рисунок 1.1 – Залежність урожаю зерна кукурудзи  $U$  від запасів продуктивної вологи  $x$  на фазу викидання волоті при різній площі листкової поверхні (Ю.І. Чирков, 1969)  
Площа листкової поверхні: 1) 30 тис. м<sup>2</sup>/га; 2) 25 тис. м<sup>2</sup>/га; 3) 20 тис. м<sup>2</sup>/га; 4) 15 тис. м<sup>2</sup>/га; 5) 10 тис. м<sup>2</sup>/га.

Завдяки низькому транспіраційному коефіцієнту (280–350) кукурудза ощадливо використовує ґрунтову вологу на формування урожаю. Однак сумарна витрата її за окремі міжфазні періоди та вегетаційний період в цілому значна в зв'язку з великою масою урожаю.

При оптимальному зволоженні середньодобові величини сумарного випаровування за окремі міжфазні періоди становлять:

- 1) сходи – 8-й листок – 1,0-3,3 мм;
- 2) 7-8-й листок – 15-16-й листок – 2,5-4,9 мм;
- 3) 15-16-й листок – цвітіння волоті – 4,9-7,3 мм;
- 4) цвітіння волоті – формування зерна – 4,3-7,4 мм;
- 5) формування зерна – молочно-воскова стиглість – 3,1-6,1 мм;
- 6) молочно-воскова стиглість – повна стиглість – 1,2-3,6 мм.

Встановлено, що сумарне водоспоживання кукурудзи за вегетацію в незрошуваних умовах досягає 300–400 мм, а при зрошенні – 450–500 мм.

Критичний до вологи період у кукурудзи починається за 10 днів до викидання волоті і триває близько 30 днів. Недостача вологи в цей період різко знижує урожай.

#### 1.4 Біологічні особливості кукурудзи: потреба в сонячній радіації

Кукурудза - світлолюбна рослина короткого дня. Найшвидше зацвітає при 8-9 годинному дні. При тривалості дня понад 12 - 14 ч. період вегетації подовжується. Кукурудза потребує інтенсивного сонячного освітлення, особливо у молодому віці.

Надмірне загущення посівів, засміченість їх приводить до зниження врожаю качанів.

Пристосованість кукурудзи до різного світлового режиму, зумовленого географічним положенням, характеризується неоднаковою реакцією на довжину дня і якість світла у північних і південних екологічних груп. Навіть невелика зміна у співвідношенні синіх і червоних частин спектра буде достатньо для значних зрушень у темпі розвитку рослин, особливо у формуванні органів плодоношення. Для розвитку багатьох рослин короткого дня, і в тому числі і кукурудзи, основне значення на цих етапах має якість світла і його поєднання, тобто час доби, коли рослини отримують світло. Переважання довгохвильової частини сонячного спектра, характерне для ранкових і вечірніх годин доби в наших широтах, затримує розвиток рослин короткого дня. Навпаки інтенсивне опромінення сонячним світлом з короткохвильовими променями, що наближаються по спектральному складу до світла південних широт (у поєднанні з високою інтенсивністю довгохвильового випромінювання в полуденний час) [3, 6, 11-16].

Спостереження за розвитком квіток і власне генеративних органів показали, що для їх формування велике значення має спектральний склад і інтенсивність світла. Для нормального розвитку маточки потрібно світло з відносно великою кількістю короткохвильового випромінювання. Світло ж утрені-вечірніх годин з переважанням довгохвильового випромінювання гальмує розвиток жіночих органів в квітках. Різні і вельми чутлива реакція чоловічих і жіночих генеративних органів на певні співвідношення короткохвильового і довгохвильового випромінювання в польових умовах призводить до різночасності термінів цвітіння чоловічих і жіночих суцвіть у одного і того ж рослини навіть в умовах півдня. З просуванням на північ цей розрив у південних пізньостиглих сортів, особливо при нестачі тепла, зростає, досягає 5-20 днів. У сортів північної селекції, пристосованих до формування не тільки чоловічих, але і жіночих генеративних органів в умовах значного переважання довгохвильового випромінювання, розрив у часі їх цвітіння різко скорочуються; нерідко спостерігаються випадки одночасного цвітіння волоті і качана.

При просуванні північних форм кукурудзи на південь спостерігаються випадки випередження цвітіння жіночих квітів у всіх суцвіттях.



## 1.5 Біологічні особливості кукурудзи: потреба в поживчих речовинах

Високі врожаї кукурудза дає на чистих, пухких, повітропроникних ґрунтах з глибокими гумусовим шаром, забезпечених речовинами і вологою, з рН 5.5 - 7. Це чорноземні, темно-каштанове, темно-сірі суглинкові й супіщані, а також заплавні. Ґрунти, схильні до заболочування, сильно засолені, а також з підвищеною кислотністю (рН нижче 5) непридатні для обробітку цієї культури [5, 17].

При проростанні насіння кукурудзи потребують хорошої аерації, так як великі зародки їх поглинають багато кисню. Високі врожаї забезпечуються при вмісті кисню в ґрунтовому повітрі не менше 18 - 20%. При вмісті кисню близько 10% ріст коренів сповільнюється, а при 5% припиняється. При цьому порушується поглинання води і елементів живлення з ґрунту, обмін речовин в коренях і в надземній частині рослин.

Поглинання основних елементів живлення йде по одновершинній кривій і відповідає ходи накопичення сухої речовини.

Азот має особливо велике значення на ранніх етапах росту рослин. При його недоліку затримуються ріст і розвиток рослин. Максимальне надходження азоту спостерігається протягом 2-3 тижнів перед викиданням волоті. Споживання азоту рослинами припиняється після початку молочної стиглості зерна.

Фосфор особливо необхідний на початку росту рослин, коли закладаються майбутні суцвіття (фаза 4-6 листків). Недолік його в цей час веде до недорозвинення качанів, формуються неправильні ряди зерен. Достатнє забезпечення рослин фосфором стимулює розвиток кореневої системи, підвищує посухостійкість, прискорює утворення качанів і дозрівання врожаю. Фосфор поглинається рослиною в менших кількостях, вступає у них повільніше ніж калій і азот. Максимальне споживання його кукурудзою припадає на період формування зерна і триває майже до його дозрівання.

При нестачі калію сповільнюється пересування вуглеводів, знижується синтетична діяльність листя, послаблюється коренева система і знижується стійкість кукурудзи до вилягання. Калій починає інтенсивно надходити в рослину з перших днів появи сходів. До початку викидання рослини поглинають до 90% калію, незабаром після закінчення цвітіння надходження його в рослину припиняється (стабілізується). З часу молочної стиглості зерна вмісту калію в тканинах рослини знижується в результаті викидання цього елемента опадами і екзосмосом через кореневу систему в ґрунт.

Високі врожаї зерна і зеленої маси кукурудза дає на всіх ґрунтах, придатних для вирощування інших польових культур. Проте найкраще вона росте і розвивається на ґрунтах з глибоким гумусовим горизонтом, які добре затримують вологу і не заболочуються при цьому, проникні для повітря,

мають достатню кількість легкозасвоюваних поживних речовин і нейтральну або злегка кислу реакцію ґрунтового розчину (рН 5,5 – 7). Такими ґрунтами є чорноземи, темно-каштанові, темно-сірі. Кукурудза краще росте на добре аерованих ґрунтах. При нестачі кисню в ґрунті припиняється ріст її кореневої системи, порушується засвоєння рослинами води і поживних речовин. Кукурудза вибаглива до родючості ґрунту. З урожаєм зерна 50 – 60 ц/га або 500 – 600 ц/га зеленої маси з ґрунту виноситься 150 – 180 кг/га азоту, 50 – 60 кг/га фосфору, 150 – 180 кг/га калію та багато інших поживних речовин. На дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, вилугуваних чорноземах найбільш ефективними для кукурудзи є азотні добрива, на звичайних чорноземах – фосфорні, на торфових і легких супіщаних заплавах – калійні добрива [1-6].

На формування 1 т зерна з відповідною кількістю стебел і листя використовується 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору, 25–30 кг калію, по 6–10 кг магнію і кальцію. Залежно від рівня врожайності засвоюється різна кількість поживних речовин (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Кількість засвоєних поживних речовин залежно від урожайності зерна кукурудзи

Елемент живлення	Кількість засвоєних поживних речовин (кг/га) залежно від урожайності зерна			
	40 ц/га	60 ц/га	80 ц/га	100 ц/га
Азот	100–120	130–160	160–200	200–240
Фосфор	30–80	40–110	50–130	60–150
Калій	60–140	80–190	100–250	120–310
Кальцій	24–40	36–60	48–80	60–100
Магній	24–40	36–60	48–80	60–100

При нестачі азоту формуються низькорослі рослини з дрібними світло-зеленими листками. Критичний період засвоєння азоту – цвітіння і формування зерна. Гостру потребу у фосфорі кукурудза має у початковій фазі росту. При його нестачі листки набувають фіолетово-вишневого кольору, затримуються фази цвітіння і досягання. Важливо враховувати, що нестачу фосфору в ранні фази росту не можливо компенсувати внесенням його у пізніші строки.

Якщо в ґрунті не вистачає калію, то молоді рослини сповільнюють ріст, листки спочатку стають жовтуватими-зеленими по краях, а потім жовтими. Верхівки і краї листків засихають, ніби від опіків. Калій підвищує стійкість до вилягання і до стеблової гнилі, важливий для формування качанів. [4]

Погодні умови помітно впливали на формування її урожаю. Без застосування добрив найбільш високі урожаї зерна в дослідах отримані в сприятливі роки: у Полісся – 30,6 ц/га, Лісостепу – 45,4 ц/га і в Степу – 39,7 ц/га, зеленої маси – відповідно 240, 376 і 214 ц/га. В посушливі роки без

добрив урожаї зерна знижувалися у Поліссі на 11 ц/га, у Лісостепу і Степу – на 27 %, а в перезволожені і холодні у Поліссі на 41 %, у Лісостепу на 32 %, у Степу останні умови в дослідях не склалися. Урожаї, зеленої маси, у посушливі роки знижувалися в порівнянні зі сприятливими на 23–26 %, а в перезволожені і холодні – на 32–34 %, що на 8–9 % менше, ніж у посушливі (табл. 1.3, табл. 1.4).

Таблиця 1.3 – Вплив погодних умов і добрив на формування урожаю зерна кукурудзи у виробництві та наукових дослідях по зонах України (В.Ф Сайко та ін.,1993)

Варіант	Полісся			Лісостеп			Степ		
	Роки								
	сприятливі	посушливі	перезволожені та холодні	сприятливі	посушливі	перезволожені та холодні	сприятливі	посушливі	перезволожені та холодні
Кількість років, %	54	28	23	64	23	13	55	35	10
Урожайність, ц/га									
Без добрив	30,6	27,1	18,0	45,4	32,9	30,6	39,7	29,2	39,7
На виробництві	38,4	33,4	32,3	32,4	28,0	29,4	28,9	21,1	28,0
Приріст урожаю:									
Гній, 30 т/га	17,5	16,1	15,5	4,5	—	4,1	3,6	1,8	3,6
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>55</sub>	19,8	12,0	14,6	9,6	—	1,0	—	—	—
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>110</sub>	22,7	15,2	20,4	15,8	—	5,7	4,0	—	—
Гній+N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>55</sub>	25,9	19,3	26,3	16,9	17,0	13,5	4,5	3,6	4,5
Гній+N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>110</sub>	29,3	22,8	28,9	22,8	21,9	21,1	—	—	—
Післядія гною + N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>55</sub>	—	—	—	14,1	14,6	16,4	—	—	—
теж+N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>110</sub>	—	—	—	11,4	13,2	16,4	—	—	—

Судячи з даних дослідів, добрива є одним з основних факторів стабілізації урожаїв кукурудзи. При спільному внесенні підстилкового гною і мінеральних добрив у помірних нормах прирости урожаю зерна в Поліссі і Лісостепу в сприятливі роки досягали 29 ц/га стосовно неудобреного контролю, при роздільному внесенні від мінеральних добрив – 22 ц/га, від гною – 18 ц/га, у посушливі роки – відповідно 23, 17 і 16 ц/га, у перезволожені і холодні – 29, 20 і 15 ц/га. Спільне застосування гною і

мінеральних добрив забезпечило найвищий урожай зерна в порівнянні з роздільним при будь-яких погодних умовах.

Таблиця 1.4 – Вплив погодних умов і добрив на формування урожаю силосної маси кукурудзи у виробництві та наукових дослідках по зонах України (В.Ф Сайко)

Варіант	Полісся			Лісостеп			Степ		
	Роки								
	сприятливі	посушливі	перезвожені та холодні	сприятливі	посушливі	перезвожені та холодні	сприятливі	посушливі	перезвожені та холодні
Кількість років, %	50	25	25	67	25	8	50	42	8
Урожайність, ц/га:									
Без добрив	240	180	158	376	276	256	214	165	214
На виробництві	199	185	150	200	166	193	169	116	170
Приріст урожаю									
Гній, 20т/га	143	130	157	—	—	—	21	16	21
N <sub>70</sub> P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	153	105	136	181	136	—	56	30	56
N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>100</sub>	248	244	182	—	244	—	80	78	80
N <sub>210</sub> P <sub>135</sub> K <sub>160</sub>	267	166	216	—	—	—	—	—	—
гній+N <sub>70</sub> P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	301	242	293	—	—	—	72	56	72
Гній+ N <sub>140</sub> P <sub>90</sub> K <sub>100</sub>	214	178	190	164	122	239	174	145	178
Гній+N <sub>210</sub> P <sub>180</sub> K <sub>100</sub>	232	197	217	230	133	91	—	—	—

Такі ж закономірності зберігаються і при вирощуванні кукурудзи на силос. Тут також отримані найбільш високі прирости зеленої маси від спільного застосування гною (20 т/га) і мінеральних добрив. Урожаї зеленої маси на фоні застосування гною та внесення мінеральних добрив N<sub>140</sub> P<sub>90</sub> K<sub>100</sub> незначно змінювалися від погодних умов, складаючи у Поліссі 178–214 ц/га, у Лісостепу 122–239 ц/га, і в Степу 145–178 ц/га. В екстремальні роки за рахунок зниження природної родючості спостерігалось зниження урожаю зерна на 10–12 ц/га, а зеленої маси на 60–120 ц/га, внесення ж добрив помітно стабілізувало урожай [18].

Вплив погодних умов на формування приростів урожаю зеленої маси кукурудзи представлено на рис. 1.2 та 1.3.

Потенційні урожайні можливості кукурудзи досить високі. В сприятливі роки повсюдно можливий урожай 60–70 ц/га зерна і 400–600 ц/га зеленої

маси, у посушливі – 40–50 і 300–400 ц/га, перезволожені і холодні – 40–50 і 400–500 ц/га відповідно.

В умовах виробництва існують великі можливості для підвищення урожаю кукурудзи. Її урожаї в сприятливі роки не перевищують у середньому по Україні 30,5 ц/га зерна і 176 ц/га зеленої маси, у посушливі вони ще нижче – відповідно на 5,5 і 46 ц/га.

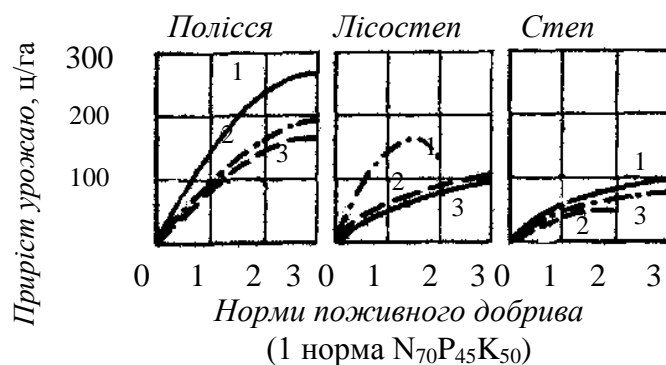


Рисунок 1.2 – Формування приросту урожаю зеленої маси кукурудзи в залежності від погодних умов та внесення мінеральних добрив (В.Ф Сайко та ін., 1993).

1 – сприятливі; 2- посушливі; 3 – перезволожені та холодні роки.

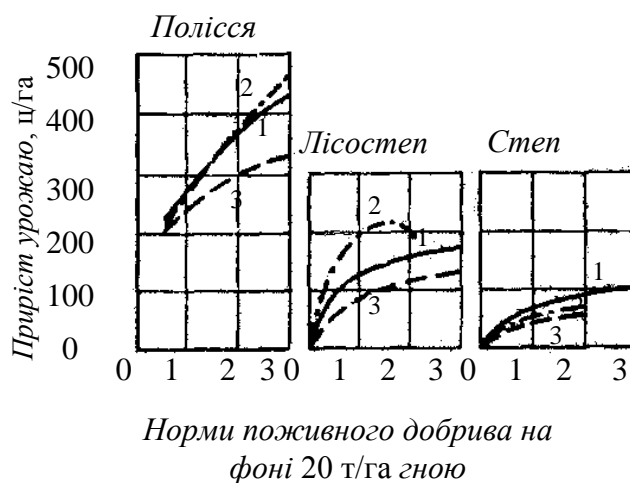


Рисунок 1.3 – Формування приросту урожаю зеленої маси кукурудзи в залежності від погодних умов та сумісного внесення органічних та мінеральних добрив (В.Ф Сайко).

1 – сприятливі; 2- посушливі; 3 – перезволожені та холодні роки.

Недобір урожаю кукурудзи у виробництві найбільший також у сприятливі роки. За умови раціонального використання добрив і вмілого застосування агротехнічних прийомів існує реальна можливість збільшити її урожаї не менш ніж у 2 рази, особливо в умовах Полісся при впровадженні тут скоростиглих гібридів.

## 1.6 Посухостійкість

Кукурудза відноситься до порівняно засухостійких культур, на утворення одиниці сухої речовини вона споживає менше води, ніж ярі зернові культури. Однак на одиницю площі кукурудза вимагає вологи більше, ніж інші зернові культури, у зв'язку з її більш високими урожаями.

Кукурудза відноситься до групи посухостійких рослин не зважаючи на це вона добре реагує на добре зволоження ґрунту [19-22].

Кукурудза дуже чутлива на зрошення. Якщо вологість ґрунту під час росту і розвитку кукурудзи підтримується на рівні 70–80 % найменшої вологомісткості, то урожаї зерна в степовій зоні збільшуються в 3–3,5 рази в порівнянні з посівами, що знаходяться в умовах природного зволоження.

Стійкість кукурудзи до заморозків і міра їх пошкодження залежить від часу наступу заморозку його інтенсивності і тривалості, а також від фази розвитку культури. За класифікацією Степанова кукурудза відноситься до групи молостійких до заморозків культур. Сходи витримують заморозки -2 -3 °С, а в період цвітіння -1 -2 °С.

## 1.7 Характеристика хвороб та шкідників кукурудзи

Порівняно з іншими культурами, кукурудза уражається хворобами значно менше. Проте вони можуть завдати значної шкоди посівам. Кукурудза може пошкоджуватись такими хворобами: *хвороби проростків і сходів, кореневі і стеблові гнилі, нігроспороз, гельмінтоспоріоз листя, пухирчаста сажка, летюча сажка, вірусні хвороби*. Захист від більшості хвороб здійснюється за допомогою агрозаходів - чергування культур у сівозміні, якісна сівба в оптимальні строки, застосування добрив у нормативному співвідношенні, своєчасне збирання. Хімічні препарати застосовуються під час протруєння насіння одночасно з мікроелементами і плівкоутворюючими речовинами [23-32].

Хвороби проростків і сходів.

Викликані бактеріями *Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Alternaria* та ін. При використанні неякісного насіння (ураження хворобами, тріщини на оболонці, низька енергія проростання тощо), сівбі кукурудзи у холодний ґрунт, низьких температурах під час проростання насіння - ці збудники призводять до зрідження сходів, рослини повільно ростуть, неоднорідні за висотою. Найбільш ефективні заходи боротьби з ними - використання високоякісного протруєного насіння, оптимальні строки сівби і глибина загортання насіння, якісна підготовка ґрунту, ущільнення насінневого ложа, правильне співвідношення елементів живлення.

Кореневі і стеблові гнилі спричинюються грибами *Fusarium*, (*iiberella*, *Helminthosporium*, *Sclerotinia*, *Diplodia* та ін. Найбільш поширені при монокультурному вирощуванні кукурудзи. Можуть вже на перших фазах росту уражати корені і нижню частину стебла. Руйнуються тканини, припиняється транспортування води, листки і стебла жовтіють, качани звисають вниз, рослини вилягають. Сильніше уражаються ранньостиглі гібриди. Збудники *fusarium* сприяють утворенню небезпечних мікотоксинів цеараіенонів і трихотеценів (Т2-токсин і НТ2-токсин), які спричинюють При споживанні інфікованих зерен у людини та тварин важкі захворювання. Необхідно підбирати стійкі до ураження гниллю гібриди, і дотримуватись сівозміни, збалансовувати норми внесення елементів живлення (небезпечним є перевищення азоту над калієм), сівба в оптимальні строки, боротись з шкідниками та іншими стрел оцими факторами. Важливо протруювати насіння (вітавакс,максим, преміє, роялфло).

Нігроспороз. Збудник - гриб *Nigrospora oryzae Petch*. Уражує качани, листові піхви, стебла у період досягання кукурудзи. І найбільш інтенсивно розвивається за високої вологості і температури в межах 20-25°C, особливо на пізніх посівах. Качани недорозвинуті, розщеплюються вздовж та розламуються впоперек. Зерно щупле, тьмяного, сіруватого кольору, легко осипається. Між рядами зернівок у борозенках розвивається біла або сірвата павутинна грибниця.

Заходи захисту - агротехнічні.

Гельмінтоспориоз листя. Збудник - гриб *Helminthosporium turcicum Pass*. Поширений у більшості районів вирощування кукурудзи. На листках спочатку з'являються коричневі чіткі великі плями, які можуть сягати до 10 см завдовжки. Тканина у них висихає і набуває кольору соломи, через що хворобу інколи називають "білою плямистістю". Сильно уражені листки в'януть, а потім засихають. Заходи захисту - агротехнічні.

Пухирчаста сажка. Збудник - гриб *Ustilago zae Beckm*. Спори гриба розносяться вітром, опадами, комахами. Уражує качани, стебла і репродуктивні органи у вигляді характерних жорстких пухлин діаметром до 15 см. Органи рослин здатні уражуватися у будь-який період їх росту. Хламідоспори з пухирчастого наросту зберігаються на рослинних рештках, у ґрунті, на насінні до 12 місяців. Згодовування тваринам силосу, що містить пухирчасту сажку, не впливає на здоров'я тварин. Основні заходи боротьби - дотримання сівозміни і сівба протруєним насінням (вітавакс, преміє, реал).

Летюча сажка. Збудник - гриб *Sorosporium reilianum Mc.Alp*. Поширена скрізь, де вирощують кукурудзу. Уражуються суцвіття, волоть, качани. Волоть у період цвітіння перетворюється в чорну летючу масу, качани - в чорний сухий клубок, що розпилюється повільно до фази повного досягання кукурудзи. Втрати врожайності набагато вищі, ніж при ураженні пухирчастою сажкою. Сприяє поширенню монокультура, пізні строки сівби, тепла весна і посушливе літо. Заходи захисту - агротехнічні і протруювання насіння (вітавакс, преміє, реал).

Вірусні хвороби. Кукурудза може уражатися такими вірусними хворобами: мозаїчна хвороба кукурудзи, мозаїка цукрової тростини, штрихуватість кукурудзи, крапчастість кукурудзи, карликовість, плямистість листя та ін. Заходи захисту зводяться до знищення хворих рослин, бур'янів, які мають спільний вірус, захисту від комах (цикадка, попелиця, жуки), що є переносниками вірусних хвороб, підбір стійких гібридів.

Кукурудза може уражатися багатьма шкідниками, що призводить до значного зменшення врожайності. Основні з них наступні: *кукурудзяний стебловий метелик, дротяники (ковалики), чорниші, західний кукурудзяний жук, шведська муха*. Для боротьби із хворобами використовують фунгіциди дозволені до використання в Україні на посівах кукурудзи

Дротяники (ковалики).

Жуки мають видовжене тіло (7-14 мм), зверху від жовто- до чорно-коричневого кольору, здатні підстрибувати, видаючи при цьому звук. Личинки (власне дротяники) мають вузьке червоподібне тонке, циліндричне жорстке тіло, від жовтого до червоно-бурого кольору з трьома парами однаково розвинутих ніг. Зимують личинки в ґрунті на глибині від 25-35 до 70-90 см. Навесні вони піднімаються у верхній шар (1-8 см) ґрунту, живляться набубнявілим насінням, виїдаючи зародок та ендосперм, пізніше сходи рослин. При сильному ураженні посіви зріджуються, іноді є потреба в їх пересіві. Вгризаючись у підземну частину рослини, дротяники можуть завдавати шкоди впродовж всього літнього періоду. Шкідливість дротяників підвищується в умовах затяжної прохолодної весни. Найбільшої шкоди кукурудзі завдають личинки (дротяники) таких видів коваликів: темний, посівний, смугастий, степовий, західний, широкий, блискучий. Хімічний захист полягає у передпосівній обробці насіння: промет 400,40%-й мк.с. (25 л/т), гаучо, 70% з.п. (130 г на 100 тис. насінин), космос 250, т.к.с. (4,0 л/т), круїзер 350, т.к.с. (6-9 л/т), семафор, 20% т.к.с. (2,0-2,5 л/га). Під час сівби вносять флагман (2,5-3,0 л/га).

Чорниші (*Tenebrionidae*).

*Мідляк кукурудзяний* - жук завдовжки 7-10 мм з овальним чорним тілом. Личинки завбільшки до 20 мм, від сіро-жовтого до жовто-коричневого забарвлення.

*Мідляк широкогрудий* - жуки великі (17-27 мм) чорні. Забарвлення личинок від жовтого до темно-жовтого, довжина до 40 мм, ширина близько 5 мм.

Зимують жуки у ґрунті, у квітні виходять на поверхню. Яйця відкладають у поверхневий шар ґрунту, починаючи з травня і до кінця вегетації. Личинки виїдають порожнини у набубнявілому насінні, пошкоджують підземну частину стебел, паростки та коріння. У роки масового розмноження перед сівбою для обробки насіння використовують промет 400 (25 л/т) [28].

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica vigrifera* Le Conte) - новий карантинний шкідник.



Дорослі жуки виїдають пиляки волоті, вигризають смужками листки. Личинки відроджуються в другій половині травня (за температури ґрунту понад 11°C) і живляться корінням кукурудзи. Вони білі з темно-коричневою головою і грудним щитком.

Жуки 4-5 мм завдовжки блідо-зеленувато-жовтого забарвлення з трьома темними поздовжніми смужками на надкрилках у самок. З'являються на посівах у період викидання волоті у кукурудзи.

Шведська муха (*Oscinella frit*).

Один з найпоширеніших шкідників кукурудзи. Шведська муха відкладає яйця у фазі одного-двох листків. Личинки проникають у стебло, спричинюють відставання рослин у рості, склеювання і пошкодження листків, що ускладнює їх розгортання і викривлює. Часто рослина у разі пошкодження точки росту може відмирати повністю. Небезпека ураження збільшується в умовах тривалого похолодання, що сповільнює ріст рослин.

Мідляк кукурудзяний (*Pedinus femoralis* L.).

Жук довжиною 7,5-9 мм, з опуклим чорним матовим тілом. Надкрила зрослися і їх бічні краї загнуті на черевний бік, задні крила відсутні, тому жуки не літають. Надкрила такої самої ширини, як і Передньоспинка, з тонкими поздовжніми борозенками і поцяткованими полями між ними. Личинка довжиною до 20 мм, блідо-жовта, з коричневими головою і трьома першими сегментами. Останній сегмент тупо загострений, з чотирма невеликими шипиками на кінці. Лялечка довжиною 7-10 мм, на кінці черевця з вилкою, що має довгі зближені вістря. Яйця овальні, з гостро заокругленими кінцями, довжиною 1,05 мм і в поперечнику 0,65 мм. Зимують жуки і личинки. Яйця відкладають у-квітні в поверхневий шар ґрунту на добре прогрітих сонцем ділянках з пухким ґрунтом і негустим різнотрав'ям. Фаза яйця триває 9-15 днів. Личинки розвиваються протягом року, тобто цикл розвитку дворічний. Личинки другого року після перезимівлі заляльковуються в ґрунтових комірках наприкінці травня - на початку червня. Фаза лялечки триває близько двох тижнів. Жуки нового покоління з'являються на початку липня і незабаром починають відкладати яйця, що триває до кінця літа. Вдень вони ведуть прихований спосіб життя - під рештками рослин, грудочками землі тощо. Лише в присмерку вони повзають на поверхні ґрунту і живляться. Найбільш шкідливі личинки другого року, які виїдають висіяне насіння і підгризають підземні частини соняшника, кукурудзи, цукрових. На Україні є майже повсюдно.

Мідляк широкогрудий (*Blaps lethifera* Marsh.).

Жук довжиною 20-27 мм з видовжено-овальним чорним тілом. Бічна облямівка передньоспинки по боках передньогрудей тонка і перед основою не потовщена. Передньоспинка вкрита дрібними горбочками. Надкрила зрослися, на кінці їх у самців є коротке вістря, у самок воно майже не розвинуте. За особливостями будови личинок, способом життя і шкідливістю дуже нагадує мідляка степового. Личинки і в меншій мірі жуки багатодні пошкоджують різноманітні технічні (зокрема, цукрові буряки), овочеві та баштанні культури.

Кукурудзяний стебловий метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb). Поширений в Україні повсюдно, але найбільшої шкоди завдає в зоні Лісостепу. Зимують гусениці у стеблах пошкоджених рослин. Навесні за температури 15-16°C заляльковуються. Літ метеликів збігається з початком викидання волоті кукурудзи. Через 3-5 днів самки відкладають яйця купками на нижній бік листків, у середньому до 400 яєць кожна.

У перші дні після відродження гусениці живуть на поверхні рослин, потім через пазуху листків потрапляють у середину стебла. Гусениці метелика прогризають ходи у стеблах, ніжках качанів, волотях, пошкоджують листки, качани, зерно. Пошкоджені стебла і качани у вітряну погоду надламуються і падають. Гусениця жовто-сіра з рожевим відтінком і темною смужкою вздовж спини, завдовжки 20-25 мм.

Метелик у розмаху крил 26-32 мм. У самки передні крила біло-жовті або світло-коричневі з двома поперечними хвилястими лініями, задні крила світліші.

У самців передні крила світло-коричневі або бурувато-сірі з блідо-жовтими смужками, а задні - з світлою перев'яззю посередині.

Для боротьби з цим шкідником на початку і в період масового відкладання яєць випускають трихограму (50-200 тис./га). У період масового розвитку гусениць при заселенні шкідником 10% рослин посіви обприскують інсектицидами.

Стебловий, або укурудзяний, метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.).

1-гусениця; 2-дірчасте пошкодження листа гусеницями 1-го вку; 3-волоть кукурудзи, обломана внаслідок пошкодження стебла гусеницею; 4-пошкоджений гусеницями початок кукурудзи; 5-гусениця під час зимівлі в стерні; 6-лялечка; 7-кладка яєць. Метелик у розмаху крил 24-32 мм, з добре виявленим статевим диморфізмом. Крила самок від блідо-жовтого до блідо-коричневого кольору, з буруватими тонкими кутастими лініями посередині і темнішими краями. Задні крила жовтувато-сірі, з світлішою серединною перев'яззю. Самець з більш струнким тілом, крила його темніші, з жовтими плямами, перев'яззями та бахромою.

Гусениця жовтувато-сіра, часто з рожевим відтінком, середньоспинна смуга темна. Голова, потиличний і анальний щитки бурі. Сегменти тіла з щетинконосними бородавками. Лялечка довжиною близько 20 мм, блідо-коричнева або буро-жовта, з видовженим заднім кінцем. Яйця плоскі, відкладаються купками, що нагадують краплі стеарину. Гусениці багатоклітинні, пошкоджують рослини понад 150 видів. Великої шкоди завдають кукурудзі, просу, коноплям, хмелю, бавовнику, сої, люпину та іншим польовим культурам. На Україні розвивається звичайно одне покоління, лише в Степу буває неповне друге.

Зимують гусениці в стерні та рештках стебел кукурудзи чи інших рослин. В середині травня вони заляльковуються, прогризаючи перед цим круглі вилітні отвори. Через 10-25 днів з лялечок виходять метелики, які літають з кінця травня до початку липня. В цей час самки відкладають яйця, розміщуючи їх з нижнього боку листків кукурудзи та інших кормових

рослин; одна самка відкладає від 250 до 1250 яєць. Період масового відкладання яєць збігається з часом викидання волотей у кукурудзи. Залежно від температури повітря через 3-14 днів з яєць виходять гусениці, які швидко вгризаються в пазуху верхніх листків, під обгортки початків кукурудзи та ін. Починаючи з третього віку, гусениці проникають всередину стебел, ніжок початків та волотей, а також у початки, де виїдають серед рядків зерен довгі звивисті ходи й камери. Підгризені волоті часто ламаються. Найбільш небезпечні пошкодження стебел під печатками і самих початків.

## 1.8 Характеристика сортів кукурудзи

При посіві районованих гібридів і сортів кукурудзи вітчизняної селекції колгоспи і завгоспи нашої країни отримують високі і стійкі врожаї цієї культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах. У цієї культури широко використовується ефект гетерозису, який проявляється в гібридах першого покоління від схрещування різних генотипів і виражається в більш потужному зростанні і підвищеною життєвістю гібридів порівняно з батьківськими формами. Гібридне насіння отримують в результаті запилення одного сорту або лінії кукурудзи пилком іншого сорту, простого гібрида або лінії. Лінією називають потомство однієї рослини, примусово самозапилюватися протягом 7-12 поколінь. Розрізняють три типи гібридів: міжсортіві, сортолінійні, міжлінійні. Останні можуть бути простими (від схрещування двох самоопиленних лінією), трилінійна (від схрещування міжлінійного гібрида з самозапиленні лінією), подвійними (від схрещування двох простих гібридів) і пятилінійная (від схрещування трилінійного і простого гібрида) [1, 25, 28-31].

У виробничих умовах обробляють наступні сорти кукурудзи:

Расова 200 СВ. Посухостійкість добра. Стійкій до вилягання, толерантний до загушення. Холодостійкість висока (4,9 бали). Характеризується енергійним стартовим ростом молодих рослин. Хворобами уражується слабо. Кукурудзяним метеликом уражується нижче середнього рівня стандартів.

Подвійний гібрид, виведений ЗАТ "Расава". Висота рослин - 208-215 см, надземних вузлів на головному стеблі 9-10, листків – 14. Початок злегка конусоподібний, формується на висоті 75 см. Довжина 23 см, маса 215 г, рядів зерен 14-16, зернівок у ряду - 38. Верхівка початка озернена добре. Початок повністю покритий обгорткою. Стрижень початка рожевий. Зерно кременисто-зубоподібне, жовтого кольору. Вихід зерна 75 %. Маса 1000 зерен 270-310 г. Білка в зерні міститься 9,5 %. Зерно при досяганні швидко віддає вологу. Ранньостиглий (ФАО 170). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні.

Степу - 109 дні, Лісостепу - 121 та Полісся - 127. Вологість зерна при досяганні в середньому по зонах була на рівні 27,0 %. Ремонтантний.

Високоврожайний. У середньому за роки конкурсного випробування в зоні Лісостепу урожайність зерна становила 77,7 ц/га, Полісся - 77,1 ц/га, що перевищує національні стандарти відповідно на 4,0 і 2,7 ц/га. Максимальний врожай одержали: в Лісостепу у 1997 році на Золотоніській сортодільниці (100,8 ц/га) Черкаської області; в Поліссі у 1998 році на Тлумачській сортостанції (99,3 ц/га) Івано-Франківської області. Насінництво ведеться на стерильній основі за схемою повного відновлення фертильності. Рекомендований до вирощування у лісостеповій та поліській ґрунтово-кліматичних зонах України.

Петровський 169 МВ. Трилінійний гібрид інтенсивного типу, комбінованого напрямку використання, створений науковими співробітниками товариства з обмеженою відповідальністю "Расава". Ранньостиглий (ФАО 170). Дозріває на зерно повної стиглості за 118-128 днів в межах 7-12 вересня щорічно що дозволяє широко вирощувати його на зерно, а рано звільнену площу використовувати як попередник для посіву озимих культур. Високоактивний.

Урожай товарного зерна стандартної вологості в станційному випробуванні за період 2000-2005 років у різних екологічних умовах України становить 8,7 т/га, що на 1,0-1,5 т/га більше стандартів однієї групи стиглості. За роки державного випробування в умовах Лісостепу та Полісся України середня урожайність зерна стандартної вологості представляла 7,8-7,9 т/га при гарантованій набирання 5,6-10,6 відсотків. Багато господарств України одержують по 7,5-9,0 т/га зерна стандартної вологості.

Рослини висотою 230-250 см, мають по 11-12 листків на головному стеблі. Куцистість слабка. Стійкість до вилягання та хвороб висока.

Качан слабоконусовидної форми, довжиною 16-17 см, рядів зерен на хитні 14-16, зерен в ряду 35-40. Зерно кремнистоподібний. Ближче до кременистого, жовте. Маса 1000 зерен - 270-290 г. Вихід зерна з качана 77-80%. Холодостійкість висока. Стійкість до засухи добра. Занесений до реєстру сортів рослин України на 2001 рік по Степовій, Лісостеповій і Поліській зонах України. Насінництво проводиться на стерильній основі (С-типу) по схемі повного відновлення фертильності. Батьківські форми на ділянках гібридизації висіваються одночасно [20].

Артемов 280 СВ. Трилінійний гібрид інтенсивного типу, комбінованого напрямку використання, створений співробітниками товариства з обмеженою відповідальністю "Расава". Середньоранній (ФАО 280). Дозріває на зерно повної стиглості за 140-151 день в умовах Лісостепу України. Високопродуктивний.

Урожай товарного зерна стандартної вологості в станційному випробуванні за період 2004-2007 років у трьох екологічних умовах України становить 10,4 т/га, що на 1,4-2,1 т/га більше стандартів однієї групи стиглості. За рік державного випробування на сортовипробувальних станціях Лісостепу та Полісся України середня урожайність зерна стандартної вологості представляла 7,84 і 8,36 т/га.

Рослини висотою 260-300 см, мають по 17 листків на головному стеблі. Кущистість слабка. Висока стійкість до вилягання та хвороб.

Качан слабоконусовидної форми, товстий, довжиною 18-23 см, рядів зерен на хитання - 18-20, зерен в ряду - 41-48, Зерно зубове, жовте. Маса 1000 зерен - 280-300 г. Вихід зерна з качана 80-81%.

Холодостійкість та посухостійкість висока. Проходить державне сортовипробування з 2007 року. Насінництво проводиться на стерильній основі (С-типу) по схемі повного відновлення фертильності. Батьківські форми на ділянках гібридизації висіваються одночасно.

Кадр 267 МВ. Посухостійкість добра. Стійкий до вилягання. Ремонтантний. Холодостійкість хороша. Характеризується енергійним стартовим ростом молодих рослин. Стійкий до фузаріозу стебла, пузирчаток і летючої сажки. Кукурудзяним метеликом пошкоджується нижче середнього рівня стандартів.

Трилійний гібрид, створений селекціонерами ЗАТ АТ "Каргілл Дніпро"

- Селекція та насінництво шляхом схрещування материнської форми гібриду Кросс 326 М з батьківською - лінією ДК 366 МВ.

Висота рослин - 210-230 см, надземних вузлів на головному стеблі 10-11, листків-14-15.

Кочан циліндричний, формується на висоті 75-80 см. Довжина 18 см, маса 157 г, рядів зерен 14-16. Верхівка качана озерних добре. Кочан повністю покритий обгорткою. Стержень качана червоний.

Зерно зубоподібне, жовтого кольору. Вихід зерна 78,8%. Маса 1000 зерен 236 г. Білка в зерні міститься 8,0%.

Середньоранній (ФАО 260). Вегетаційний період від виростання до повної стиглості в зоні Степу - 109 днів, Лісостепу - 127 та Полісся - 130. Вологість зерна при дозріванні змінюється від 249 до 32,2% залежно від зони вирощування.

Високоврожайний. В середньому за роки конкурсного випробування в зоні Лісостепу врожайність зерна представляла 81,2 ц/га, що перевищує національні стандарти на 2,4 ц/га. Максимальний урожай одержано в Лісостепу в 1999 році на Золотоніській сортодільниці (116,6 ц/га) Черкаської області.

Насіння ведеться на стерильній основі за схемою повного відновлення фертильності.

Рекомендований для вирощування в Лісостеповій ґрунтово-кліматичній зоні України [1, 18].

Титан 220 СВ. Посухостійкість добра. Стійкою до вилягання. Ремонтантний. Холодостійкий. Характеризується енергійним стартовим ростом молодих рослин. Хворобами уражається слабо, щодо толерантний до пузирчатої сажки. Кукурудзяним метеликом уражується нижче середнього рівня стандартів.

Трилійний модифікований гібрид створено селекціонерами Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та Черкаської державної

сільськогосподарської дослідної станції УААН шляхом схрещуванням простого гібрида Росава С/250 С х 240зС/с лінією 389 СВ.

Висота рослин - 215-230 см, надземних вузлів на головному стеблі 10-12, листків - 16. Кочан циліндричний, формується на висоті 75-80 см. Довжина 18-20 см, маса 220-250 г, рядів зерен 16. Верхівка озерних добре. Кочан повністю покрито обгорткою. Стержень качана червоний.

Зерно кременисте-зубоподібне, жовтого кольору. Вихід зерна 75-80%. Маса 1000 зерен 280-320 г. Білка в зерні міститься 8-10%.

Середньоранній (ФАО 220). Вегетаційний період від сходу до повної стиглості в зоні Степу - 119 днів, Лісостепу - 133 та Полісся - 134. Вологість зерна при дозріванні змінюється від 28,8 до 32,3% залежно від зони вирощування.

Високоврожайний. В середньому за роки конкурсного випробування в зоні Степу урожайність зерна представляла 73,8 ц/га, Лісостепу - 86,9 ц/га і Полісся - 80,5 ц/га, що перевищує національні стандарти відповідно на 1,9, 5,3 і 7,5 ц/га. Максимальний урожай отримали: в Степу на зрошенні в 1998 році на Артемівському сортодільниці (128,8 ц/га) Донецької області; в Лісостепу в 1998 році на Славутській сортостанції (118,3 ц/га) Хмельницької області; в Поліссі в 1997 році на Мукачівській сортостанції (140,8 ц/га) Закарпатської області.

Насіння ведеться на стерильній основі за схемою повного відновлення.

Рекомендований для вирощування у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

Кларіка. Посухостійкість висока (4,8 бали). Стійкий до вилягання. Хворобами та шкідниками уражується нижче рівня стандартів.

Простий гібрид, виведений селекціонерами фірми Піонер (США).

Висота рослин - 225-250 см, наземних вузлів на головному стеблі 12-13, листків - 17.

Початок слабо конусоподібний, формується на висоті 85-95 см. Довжина 18-20 см, маса 200-220 г, рядів зерен 16. Верхівка початку озернена добре. Початок повністю покритий обгорткою. Стрижень початку червоний. Зерно зубоподібне, жовтого кольору. Вихід зерна 80-81 %. Маса 1000 зерен 300-320 г. Білка в зерні міститься 8,5-9,0 %. Зерно при досяганні швидко віддає вологу. Середньостиглий (ФАО 320). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні степу - 122 дні та лісостепу - 133 дні. Вологість зерна при досяганні змінюється від 25,1 до 28,2% в залежності від зони вирощування. Високоврожайний. У середньому за роки конкурсного випробування в зоні Степу урожайність зерна становила 74,7 ц/га і Лісостепу - 85,8 ц/га, що перевищує національні стандарти відповідно на 2,3 і 5,2 ц/га. Максимальний врожай одержали: в Степу на зрошенні у 1997 році на Советській сортодільниці (125,2 ц/га) Республіки Крим; в Лісостепу у 1998 році на Крижопільській сортостанції (107,7 ц/га) Вінницької області. Насінництво ведеться на фертильній основі. Рекомендований до вирощування у степовій та лісостеповій ґрунтово-кліматичних зонах України.

Тристан. Посухостійкість добра. Стійкий до вилягання, толерантний до загущення. Холодостійкість висока (4,8 бала). Характеризується енергійним стартовим ростом молодих рослин. Хворобами уражується слабо. Кукурудзяним метеликом уражується нижче середнього рівня стандартів.

Трилінійний гібрид, виведений селекціонерами фірми "КВС" (Німеччина).

Висота рослин - 220-250 см, надземних вузлів на головному стеблі 11-12, листків- 15-16. Початок слабкокonusоподібний, формується на висоті 95 см. Довжина 16-18 см, маса 200-225 г, рядів зерен 14-16. Верхівка початка озерна добре. Початок повністю покритий обгорткою. Стрижень початка рожевий.

Зерно кременисто-зубоподібне, жовтого кольору. Вихід зерна 78 %. Маса 1000 зерен 290-320 г. Білка в зерні міститься 11,2 %.

Середньоранній (ФАО 210). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні Полісся 132 дні. Вологість зерна при досяганні 31,5 %. Високоврожайний (силосного типу з високим вмістом сухої речовини в зеленій масі). У середньому за роки конкурсного випробування в зоні Полісся урожайність зерна становила 71,1 ц/га, що перевищує національні стандарти на 6,4 ц/га. Максимальний врожай одержали в 1997 році на Бородянській сортостанції (88,1 ц/га) Київської області. Насінництво ведеться на фертильній основі. Рекомендований до вирощування у поліській ґрунтово-кліматичній зоні України.

Кінтал (АВ 421). Посухостійкість добра. Холодостійкість висока (4,8 бала). Стійкий до вилягання. Хворобами та шкідниками уражується на рівні стандартів.

Простий гібрид, виведений селекціонерами фірми Асгроу (Франція). Висота рослин - 220-250 см, надземних вузлів на головному стеблі 11-12, листків- 16. Початок слабкокonusоподібний, формується на висоті 70-80 см. Довжина 18-22 см, маса 220-240 г, рядів зерен 14-16. Верхівка початка озерна добре. Початок повністю покритий обгорткою. Стрижень початка червоний.

Зерно напівзубоподібне, жовто-оранжевого кольору. Вихід зерна 79-81%. Маса 1000 зерен 280-320 г. Білка в зерні міститься 9,5-10,3 %. Зерно при досяганні швидко віддає вологу. Середньостиглий (ФАО 300). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні Степу - 118 днів та Лісостепу - 130 днів. Вологість зерна при досяганні змінюється від 23,5 до 30,2 % в залежності від зони вирощування. Високоврожайний. У середньому за роки конкурсного випробування в зоні Степу в богарних умовах урожайність зерна становила 64,4 ц/га і Лісостепу - 80,2 ц/га, що перевищує національні стандарти відповідно на 6,7 та 4,8 ц/га. Максимальний врожай одержали: в Степу на зрошенні у 1996 році на Артемівській сортодільниці (119,5 ц/га) Донецької області; в Лісостепу у 1998 році на Крижопільській сортостанції (106,8 ц/га) Вінницької області. Насінництво ведеться на фертильній основі. Рекомендований до вирощування у степовій та лісостеповій ґрунтово-кліматичних зонах України.

*Еліта*. Посухостійкість добра. Стійкій до вилягання, толерантний до загущення. Характеризується енергійним стартовим ростом молодих рослин. Хворобами та шкідниками уражується на рівні стандартів.

Простий гібрид, виведений селекціонерами фірми Піонер (США). Висота рослин - 230-250 см, надземних вузлів на головному стеблі 9-Ю, листків- 11-12. Початок слабкоконусоподібний, формується на висоті 75-80 см. Довжина 16-18 см, маса 200-220 г, рядів зерен 14-16. Верхівка початка озерна добре. Початок повністю покритий обгорткою. Стрижень початка рожевий.

Зерно кременистоподібне, оранжевого кольору. Вихід зерна 76-81 %. Маса 1000 зерен 320 г. Білка в зерні міститься 10,0-11,0 %. Середньоранній (ФАО 210). Вегетаційний період від сходів до повної стиглості в зоні Степу - 116 днів, Лісостепу - 128 та Полісся - 139. Вологість зерна при досяганні змінюється від 22,9 до 32,0 % в залежності від зони вирощування. Високоврожайний. У середньому за роки конкурсного випробування в зоні Лісостепу урожайність зерна становила 84,0 ц/га і Полісся - 73,4 ц/га, що перевищує національні стандарти відповідно на 5,0 і 5,6 ц/га. Максимальний врожай одержали: в Лісостепу у 1998 році на Славутській сортостанції (116,6 ц/га) Хмельницької області; в Поліссі у 1997 році на Бородянській сортостанції (86,8 ц/га) Київської області. Насінництво ведеться на фертильній основі. Рекомендований до вирощування у лісостеповій зоні.

### **1.9 Агротехніка кукурудзи в Степу**

У минулому в цій зоні, коли площі просапних культур були невеликі, кукурудзу розміщували переважно після колосових, з яких кращим попередником вважалися озимі. Вони рано звільняють поле, очищають його від бур'янів за рахунок доброї кущистості, високого і густого травостою, не мають спільних з кукурудзою збудників хвороб та шкідників. Післяжнивні рештки цих культур розкладаються в ґрунті швидше, ніж просапних, тому при достатньому зволоженні поле після озимих орати неважко. Крім того, коренева система колосових розміщується переважно в метровому шарі ґрунту. У Степу внаслідок осінньо-зимових опадів запаси води в ґрунті до весни поповнюються - і метровий шар, як правило, рівномірно зволожений.

Колосові попередники кукурудзи висушують ґрунт майже однаково. Проте забур'яненість після кожної культури різна. Це має велике значення у виробництві. Наприклад, ячмінь низькорослий, часто вилягає і майже ніякої дії не проявляє на бур'яни, тому після колосіння ячменю останні обганяють його в рості і встигають обсіменитися. Через це кукурудза, посіяна після ячменю, буває дуже забур'яненою. Але при розробленні схем сівозмін озимих як попередників кукурудзи не вистачає, тому її розміщують і після ячменю. У такому випадку треба особливу увагу звертати на знищення бур'янів.



Просапні культури (соняшник, цукрові буряки) завдяки добре розвинутій на велику глибину кореневій системі дуже висушують кореневмісний шар ґрунту і через це в роки з малою кількістю опадів запаси води під кукурудзою після цих попередників недостатні, що призводить до недобору її зерна.

Соняшник як попередник кукурудзи має свою специфіку - крім значного висушування ґрунту дає падалицю, для знищення якої потрібні додаткові агротехнічні та хімічні засоби.

При розміщенні кукурудзи після кукурудзи запаси води в кореневмісному шарі ґрунту в посушливі роки значно більші, ніж після цукрових буряків та соняшнику. Дуже висушують ґрунт багаторічні трави і суданська трава.

Треба пам'ятати, що менші запаси води в нижній частині кореневмісного шару залишають такі попередники кукурудзи, як соняшник, цукрові буряки та суданська трава, а кращий поживний режим ґрунту спостерігається після гороху, озимої пшениці. Ячмінь та соняшник для кукурудзи залишають дуже мало поживних речовин.

В усіх ґрунтово-кліматичних підзонах Степу кукурудза реагує на попередники, проте більший вплив їх спостерігається в посушливі роки.

У Степу, де господарства мають м'ясний і молочний напрям розвитку, виникає необхідність збільшити частку кукурудзи в сівоzmінах. Ось чому тут доводиться сіяти кукурудзу після кукурудзи протягом двох-трьох і більше років. Крім того, близьке розміщення кукурудзи від тваринницьких ферм, яке сприяє зменшенню затрат на виробництво кормів, також змушує господарства вирощувати її на одному місці декілька років.

Думка деяких спеціалістів, що в сівоzmінах урожаї кукурудзи більші, ніж у беззмінних посівах, правильна тільки в тих випадках, якщо кукурудзу сіють після кращих попередників. Під беззмінними посівами кукурудзи при систематичному внесенні добрив родючість ґрунту не погіршується.

Дані наукових установ показують, що зниження врожаю кукурудзи в беззмінних посівах відбувається в основному через збільшення ураженості рослин хворобами та шкідниками, а також через збільшення забур'яненості посівів. Ось чому для кращого загортання післязливних решток, зменшення ураженості рослин кукурудзи хворобами і зниження забур'яненості поля орати під беззмінні посіви доцільно на глибину понад 20-22 см плугами з передплужниками [33, 34].

При беззмінному вирощуванні кукурудзи для знищення бур'янів можна використовувати підвищені норми гербіцидів триазинової групи, які в сівоzmіні практично застосовувати неможливо. Дослідженнями з'ясовано, що на чорноземних ґрунтах кукурудзу в беззмінних посівах доцільно вирощувати 6-10, а на каштанових - 3-5 років.

Оскільки вирощування кукурудзи на зерно протягом трьох-чотирьох років підряд на одному полі практично не знижує її продуктивності, цілком допустиме насичення 10-пільних сівоzmін кукурудзою в Північному Степу до

40-50%, у південному - до 30, а в спеціалізованих сівозмінах з короткою ротацією - до 75-80% (Є. М. Лебідь, 1988).

Урожай силосної маси кукурудзи в Степу майже однаковий після озимої пшениці, ячменю, кукурудзи на зерно і цукрових буряків. Якщо кукурудзу на силос сіють після соняшнику, спостерігається тенденція до зниження її урожайності.

Узагальнюючи дані наукових установ та передового досвіду господарств Степу, можна зробити висновок, що в північних районах кукурудзу на зерно насамперед треба сіяти після озимої пшениці по парах, після багаторічних трав та зернобобових культур і після кукурудзи. Допустимі посіви її після ячменю та цукрових буряків.

У центральній частині Степу кукурудзу на зерно доцільно висівати після озимини, якій передували чорні та зайняті пари, зернобобові, багаторічні трави одного року використання на один укіс, кукурудза на силос, і після кукурудзи у фазі повної стиглості зерна.

У районах крайнього півдня кукурудзу краще розміщувати після кукурудзи.

Для одержання силосу кукурудзу в усіх підзонах, крім вищезгаданих попередників, можна сіяти і після соняшнику, кормових буряків, суданської трави та інших культур.

У господарствах, що спеціалізуються на відгодівлі свиней, 10-пільні сівозміни можна насичувати кукурудзою до 30%, але в господарствах, що спеціалізуються на виробництві молока і яловичини, колосових зернових треба мати менше, а частку кукурудзи можна доводити до 50%.

### **1.10 Агротехніка кукурудзи в Лісостепу**

У районах достатнього зволоження кукурудзу на зерно та силос можна розміщувати після озимої пшениці, картоплі, цукрових буряків і навіть повторно після кукурудзи на зерно. Коли ж сіяти її повторно, потрібно поряд з високою агротехнікою особливо точно дотримуватися заходів боротьби зі шкідниками і хворобами, насамперед з кукурудзяним метеликом і сажкою. Насичення сівозміни кукурудзою на зерно менше впливає на її врожайність.

У районах нестійкого зволоження цукрові буряки дуже висушують ґрунт, тому після них не варто розміщувати кукурудзу на зерно та інші вологолюбні культури, бо в посушливі роки після цього попередника значно зменшується їх продуктивність [18, 31].

Дослідження Інституту кормів УААН, проведені в 1987-1993 рр., з вивчення дії попередника на врожайність кукурудзи на зерно показали, що сумішки багаторічних трав двох і трьох років використання рівноцінно впливають на формування врожаю. Врожайність зерна кукурудзи при цьому була однаковою як на неудобреному фоні (61,1 ц/га), так і при внесенні  $N_{60}P_{80}K_{180}$  (74,8 і 73,3 ц/га) (А. О. Бабич, 1994).

У правобережних і західних лівобережних районах нестійкого, як і в районах достатнього зволоження, насичення типової десятипільної зернопросапної сівозміни кукурудзою на зерно до 30% практично не впливає на її урожай.

На сході підвищення частки кукурудзи на зерно в типових польових десятипільних сівозмінах від 10 до 30% за рахунок озимої пшениці, ячменю і гороху зумовлює уже помітне зниження її продуктивності.

У районах нестійкого зволоження для кукурудзи на силос майже рівноцінними попередниками є озима пшениця, кукурудза на зерно і багаторічні трави одного та двох років використання.

За даними А. О. Бабича та ін. (1994), перспективні в умовах інтенсивного кормовиробництва беззмінні посіви кукурудзи на силос. Розміщення їх поблизу ферм, внесення підвищених норм органічних добрив і специфічних гербіцидів (симазин, атразин) дає можливість зменшувати витрати на транспортування добрив і урожаю, виключати боронування посівів і один-два міжрядних обробітки.

У районах недостатнього зволоження розміщення кукурудзи на зерно після цукрових буряків також призводить до значного зменшення її продуктивності. Тут кукурудзу на зерно доцільно розміщувати насамперед після озимої пшениці або кукурудзи. Після цукрових буряків треба вирощувати однорічні трави та кукурудзу на зелений корм і ранній силос, які забезпечують такий самий урожай, як і після озимої пшениці або кукурудзи на зерно.

## **1.11 Вплив агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування врожаю кукурудзи**

### **1.11.1 Методи оцінки впливу агрометеорологічних умов на продуктивність кукурудзи**

Врожай кукурудзи формується в залежності від умов зовнішнього середовища, у яких вона росте. Усі фактори середовища постійно змінюються і кожний з них у більшому або меншому ступені впливає на процеси життєдіяльності кукурудзи. Вони створюють дуже хитливу і важко піддається оцінці систему, замкнуту на рослинному організмі, що перетерплює, у свою чергу, складні біологічні і біохімічні зміни в процесі онтогенезу.

Необхідність схематизації в кількісному описі впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування врожаю з'явилася через різноманіття впливу факторів середовища і їхніх взаємозв'язків. Тому що число факторів, що впливають, дуже велику, а реакція рослин на їхні впливи ще не завжди досить ясна в кількісному, так і якісному відношенні, то схематизація цього опису може мати різний ступінь наукової

обґрунтованості, особливо для культури кукурудзи. В даний час існує досить багато методів оцінки агрометеорологічних умов вирощання кукурудзи.

Основними методами оцінки умов вирощання, широко використовуваними на практиці, є наступні:

1. Методи оцінки умов вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур, запропоновані Веріго С.А. [10], Куликом М.С. [21], Конторщиковим А.С. [31, 35], Цубербиллер Е. А. [36], Федосєєвим А.П. [37].

2. Методи оцінки умов формування продуктивності колосся і приростів рослинної маси, розроблені Чирковим Ю.И. [38, 39], Пономаревом Б.П. [40], Попівської О.М. [41], Конторщиковою О.М. [35].

3. Методи оцінки умов формування врожаю, створені Венцкевічем Г.З. [42] і Зубарєвим Н.И. [43]. Невід'ємною частиною цих методів є запропоновані Шиголевым А.А. [44] фенологічні прогнози.

Оцінка впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю проводиться по декадах, місяцям і окремим міжфазним періодам.

Дмитрієвій Л.И. і Сучковою А.В. розглянуті коливання врожайності кукурудзи, дана оцінка агрометеорологічних ситуацій, на підставі якої визначене вплив погодних умов окремих міжфазних періодів на формування врожайності [45].

Дмитренко В.П. і Строкач Н.К. запропонований показник, що характеризує вплив несприятливих явищ погоди на врожайність зернових культур у виді тривалості явища за міжфазний період [46].

У роботі для умов Чехословакій оцінений сумарний випар кукурудзи протягом вегетаційного періоду і його зміна в залежності від відносної площі листів (LAI). Розглядається, що вологість ґрунту є важливою умовою, головним чином, на початку або кінці вегетаційного періоду, коли рослинний покрив не зімкнув. Коли вологи в ґрунті не вистачає, величини сумарного випару залежать не тільки від LAI, але вони також є функцією вологості ґрунту.

Для ряду сільськогосподарських районів Коста-Рики запропонована модель для оцінки дефіциту і надлишку води для тропічного землеробства. Сумарний випар і запаси ґрунтової вологи розраховуються методом водного балансу. Врожайність кукурудзи в цих районах залежить від індексів водного дефіциту і водозабезпеченості посівів. За період вегетації додавались дні з несприятливими умовами вологозабезпеченості. Індекс, що відрізняється від оптимальної водозабезпеченості включає дні, як з недоліком, так і з надлишком вологи.

У роботі [40, 47-50] запропоновано просту агрометеорологічну модель для оцінки водного балансу сільськогосподарських культур. Ця модель дозволяє за допомогою простих фізично обґрунтованих співвідношень і мінімуму вихідної інформації розраховувати окремі компоненти водного балансу сільськогосподарських культур. Як розрахунковий інтервал обраний один день, для функціонування моделі необхідні дані по опадам і величині випару, деяким агроґрунтовим характеристикам.

У моделі, запропонованої в роботі [51, 52], температура ґрунту на різних глибинах оцінюється за допомогою рівняння переносу тепла Фур'є. Модель заснована на принципах балансу енергії і переносу тепла і вона добре пророкує потоки енергії на поверхні ґрунту, температуру поверхні ґрунту і температуру ґрунту на різних глибинах.

### 1.11.2 Методи прогнозу врожайності кукурудзи

Фундаментальні дослідження з агрометеорології культури кукурудзи, що спираються на досягнення теорії фотосинтетичної продуктивності посівів, уперше були виконані Чирковим Ю.И. [38, 39].

Чирков Ю.И. запропонував метод агрометеорологічного прогнозу врожаю зерна кукурудзи, заснований на кількісних агрометеорологічних показниках зв'язку росту, розвитку і формування врожаю. При цьому враховувалася кліматична забезпеченість цих показників на території основних сільськогосподарських районів СРСР. Прогноз врожайності рослинної маси заснований на залежності нагромадження рослинної маси і площі листової поверхні від суми ефективних температур, запасів продуктивної вологи і фотосинтетичної діяльності посівів. Врожай визначається по елементах продуктивності для форм кукурудзи, що не кущаться, (по числу початків на одній рослині (n) і числу рослин на 1 га (m)) [53-66].

Врожайність зерна визначається рівнянням:

$$U = 0,01 \cdot t \cdot n \cdot P, \quad (1.1)$$

де U - біологічний врожай зерна, ц/га;

P - середня вага зерна першого початка, кг;

0,01 - поправочний коефіцієнт.

Пізніше Чирковим Ю.И. [38] було проведено удосконалення й уточнення методів прогнозу врожаю зерна кукурудзи. Основним фактором, що визначає врожай, є площа листової поверхні. Розроблено рівняння зв'язку маси зерна у фазу повної спілості із середньою оцінкою агрометеорологічних умов у період формування врожаю.

Математична модель, запропонована Зразковим А.С. і ін., [40] виражає зв'язок врожаю кукурудзи з основними екологічними факторами - сумою ФАР, температурою, режимом зволоження, мінеральним харчуванням, густотою посіву, технологією збирання і консервування. Ця модель дозволяє прогнозувати врожайність зерна кукурудзи.

У роботі викладено метод прогнозу врожайності зеленої маси пізньостиглих сортів кукурудзи для Середнього і Південного Уралу. Основою методу є регресійний і кореляційний аналізи. Як прогностичні фактори використовуються опади, запаси продуктивної ґрунтової вологи,

висота рослин на дату складання прогнозу, сума ефективних температур повітря вище 15 °С.

Прогнозові врожайності кукурудзи в Чорноземній зоні РФ із завчасністю від трьох до одного місяця присвячена робота [57, 58]. У цьому методі враховані зміни рівня врожайності, зв'язані з уведенням прогресивних технологій оброблення кукурудзи.

У роботі [54] пропонується метод прогнозу врожайності зерна кукурудзи в економічних районах Європейської частини СНД, що заснований на поетапному обліку комплексних показників зволоження територій по місяцях вегетаційного періоду і тенденції врожайності.

У роботі [57] для побудови методики прогнозу врожайності зернових культур з великою завчасністю використовуються раніше виявлені закономірності тимчасової структури рядів врожайності.

Пасов В.М. і Лебедева В.М. [63-65] запропонували метод прогнозу врожайності зерна кукурудзи в США за допомогою синоптичної інформації. На основі синоптико-статистичного підходу пропонується новий метод прогнозу врожайності кукурудзи. При побудові рівнянь використовуються короткі (десятилітні) ряди значень геопотенціалу у вузлах регулярної сітки Північної півкулі в місяці, що передують періодові вегетації. У роботі, приведено рівняння регресії, що дозволяють розрахувати очікувану врожайність кукурудзи з різної завчасністю з використанням карт баричиської топографії АТ-500. Існує інший підхід у рамках синоптико-статистичного методу прогнозу врожайності сільськогосподарських культур (зокрема, кукурудзи), що дозволяє в якомусь ступені уникнути помилок, зв'язаних з нестійкістю зв'язків між предикторами і предиктантом. Існування зв'язків між помилками прогнозу врожайності кукурудзи і температурою води Тихого океану дозволило увести виправлення до прогнозу, зв'язану з тепловим станом Тихого океану.

У роботі [69-95] запропоновано підхід до прогнозування врожайності кукурудзи в штаті Іллінойс із використанням зваженого індексу посушливості Пальмера. Цей індекс розраховується Національною метеослужбою і доступний зацікавленим споживачам США.

Для прогнозу врожаю кукурудзи в США на території окремих штатів запропонована модель Томсона. Для цього використовуються 13 перемінні погоди, якими є сумарна кількість опадів за період червень - вересень, середня температура повітря в червні і серпні, кількість опадів, що випали в липні і серпні, а також квадрати всіх шести перемінних.

У моделі для прогнозування врожаю зерна кукурудзи враховуються сума опадів за день, середня денна температура повітря, сонячна радіація, дні інтенсивного розвитку рослин, запаси ґрунтової вологи, теплові одиниці у виді середнього значення між максимальною і мінімальною температурами, продуктивність фотосинтезу за день, ріст, суха біомаса рослини, дані про періоди розвитку й ін. У розрахунках по моделі використовуються зведення про коливання врожаю, обумовлених кліматичними факторами.

У керівництві для фермерів Америки розглянуто питання прогнозу врожайності кукурудзи на основі використання даних про погоду.

Для ряду штатів США методи прогнозу врожайності кукурудзи запропоновані в роботі; для штату Південна Дакота; для штату Іллінойс; для різних штатів США. (Айова, Іллінойс, Індіана, Міссурі); для штату Індіана [65-95].

Прогноз врожаю кукурудзи в США складається на основі обліку врожайності, отриманих на контрольних полях.

Враховуються також опади, термічні умови і вологість ґрунту.

Для складання прогнозу врожаю кукурудзи в Америці по використовуються середня місячна температура повітря й опади.

Прогнозуванню врожаю кукурудзи в Болгарії присвячена регресійна модель, яка описує залежність врожаю кукурудзи від внесення мінеральних добрив і кліматичних умов. У моделі враховується вплив кожного виду мінерального харчування (N,P,DO), кліматичних факторів. Отримано рівняння залежності між врожаєм кукурудзи і усіх факторів.

У роботі запропоновано інший метод прогнозу кукурудзи. У якості вихідних даних у розрахунках використовуються суми ефективних температур за період сходи – викидання волоті, вологість метрового шару ґрунту і площа листової поверхні або фотосинтетичний потенціал.

При прогнозуванні врожайності кукурудзи в ПАР застосовуються дані аномалії атмосферного тиску в різних крапках Атлантичного й Індійського океанів, а також дані про дефіцит опадів в окремих районах півдня Африки.

Угорські учені визначають продуктивність кукурудзи на основі метеорологічних, агротехнічних і ґрунтових умов території.

У роботі індійські вчені пропонують рівняння, що зв'язують врожай кукурудзи з метеорологічними факторами: сумою опадів, температурою і вологістю повітря [64-95].

Спрощена модель для прогнозування врожаїв кукурудзи запропонована в роботі. У ній описані основні процеси, що відбуваються в ґрунті й у рослині, що обумовлені наявністю ґрунтової вологи. Використовуються характеристики потенційної еваптранспірації стосовно до території Бразилії. Іншими агрометеорологічними даними є добова кількість опадів, що випали, дані фенологічних спостережень, значення польової вологоємності ґрунту для ґрунтів даної сівозміни. Модель використана для прогнозування врожаїв кукурудзи за 60 днів до збирання.

Для прогнозу врожаю кукурудзи з завчасністю від декількох днів до одного місяця в запропоновано регресійну модель. Ця модель дозволяє оцінити добовий ріст кукурудзи в залежності від погодних умов (максимальна і мінімальна температура повітря, кількість опадів, а також запаси ґрунтової вологи в шарі 0 - 61 див).

### 1.11.3 Оцінка агрокліматичних ресурсів стосовно до оброблення окремих сільськогосподарських культур

#### *Загальні підходи до оцінки*

При обліку впливу клімату на ефективність сільськогосподарського виробництва головним є визначення агрокліматичних умов території, реалізоване шляхом їх агрокліматического районування. В даний час існуючі підходи до агрокліматического районування поділяються на два типи. До першого з них відносять одну з головних форм природного районування; при цьому використовуються показники, що найбільше повно характеризують кліматичні умови виростання сільськогосподарських культур: сума біологічно активних температур  $ST$  (вище визначених градацій, здебільшого вище  $10\text{ }^{\circ}C$ ), сума опадів  $SH$  (річних або за вегетаційний період), сума дефіцитів вологості повітря  $Sd$  або середніх запасів продуктивної вологи в ґрунті, а також інші показники вологозабезпеченості, характеристика мінімальних температур повітря в холодний період року, тривалість безморозного періоду, повторюваність несприятливих явищ погоди і т.п. Враховуються також фізико-географічні особливості території, а іноді і ґрунтові характеристики.

До другого типу районування відноситься загальне агрокліматичне районування зі спеціальним галузевим. По території країни або її окремих регіонів виділяють зони можливого оброблення сільськогосподарських культур, розглядається ступінь сприятливості агрокліматичних умов для їхнього виростання, іноді оцінюється і можлива продуктивність. Запропоновано велике число різних агрокліматичних показників ступеня зволоження і випаровуваності [96-100 і ін.].

Агrometeorологічні умови є визначальними для всіх процесів життєдіяльності рослин. Облік цих умов при програмуванні врожаю й оптимізації умов життєдіяльності культур зводиться до наступного: до оцінки агрокліматичних ресурсів регіону (приходу сонячної радіації, запасів вологи в ґрунті, ґрунтової родючості), до обліку агrometeorологічних умов, що складаються, при визначенні оптимальних термінів сівби і збирання, термінів застосування хімічних засобів захисту рослин, при розрахунку оптимальних доз  $NPK$ , при оптимізації сівозмін, структури посівних площ і при виборі попередника під озиму пшеницю, вирощувану за інтенсивною технологією; до агrometeorологічної оцінки меліоративної обстановки, до обліку умов погоди і вологозабезпеченості ґрунту при призначенні термінів і норм поливу і при регулюванні водного режиму осушених земель; до агrometeorологічної діагностики стану посівів, прогнозові і розрахункові очікуваної врожайності.



#### 1.11.4 Оцінка агрокліматичних ресурсів за допомогою фізико-статистичних моделей

Існує досить велике число робіт, у яких робиться спроба оцінювати агрокліматичні ресурси за допомогою фізико-статистичних моделей формування врожайності сільськогосподарських культур [66, 69]. Як показник агрокліматичних ресурсів використовуються розрахункові значення потенційного врожаю, дійсно можливого врожаю, бали відносної врожайності і т.д. Важливим достоїнством такого підходу до оцінки агрокліматичних ресурсів є те, що вони виражаються вже не у відвернутих показниках окремих складового клімату, а в зручних для економічної інтерпретації значеннях врожайності. Це дозволяє давати порівняльну оцінку біологічної продуктивності клімату різних територій стосовно до конкретних культур або продуктивність клімату конкретної території стосовно до комплексу культур.

Оцінка агрокліматичних ресурсів деякого регіону в підсумку припускає розробку рекомендацій з їхнього раціонального використання. Ця обставина приймалася в увагу агрокліматологами вже на ранній стадії розвитку робіт з оцінки агрокліматичних ресурсів, що відбилося не тільки на методиках, але і на способах формального опису і їхнього представлення в індексах врожайності [97, 100].

Серед перших робіт, у яких розглядалися питання моделювання агрокліматичних ресурсів стосовно до конкретних культур, можна виділити роботу італійського вченого Дж.Ацци [19]. Моделі Ацци, клімоскопи й екологічні таблиці мають табличну форму представлення і містять дані про опади і екстремумах температури по міжфазним періодах, а також бали оцінки впливу на культуру різних факторів зовнішнього середовища. Екологічна цінність кожного фактора коливається від 1 до 20 балів. Ніж більш стійка до фактора культура в тім або іншому районі, тим більший бал привласнюється даному факторові. Те ж саме відноситься до продуктивності і якості продукції даної культури. Чим вище врожайність і краще якість продукції, тим більший бал одержує відповідний район оброблення даної культури.

Значним кроком вперед у розробці фізико-статистичних моделей для оцінки агрокліматичних ресурсів з'явився запропонований Колосковим П.І. [101] і отримавши подальший розвиток у роботах Шашко Д.І. [102, 104] метод оцінки землі по показниках потенційної біологічної продуктивності - значенням біокліматичного потенціалу (БКП), що розраховується за значеннями коефіцієнта біологічної продуктивності (коефіцієнта росту) і відношенню сум температур за період активної вегетації до базисної суми температур.

Як базисні суми в роботі [39] пропонується використовувати наступні суми: 1000 °С - для порівняння продуктивності досліджуваної території з продуктивністю на границі можливого масового польового землеробства;

1900 °С - для порівняння із середньою по країні продуктивністю, характерною для південної зони; 3100 °С - для порівняння з продуктивністю території з оптимальними умовами росту (приміські райони Краснодарського краю).

Коефіцієнт росту покликаний кількісно виразити розходження в умовах фактичної вологозабезпеченості деякої території в порівнянні з умовами оптимальної вологозабезпеченості.

Середня продуктивність зернових, як культур найбільш широкого ареалу, відповідає БКП~1,9. Це значення БКП прийняте за еталон (100 балів).

Навчання про біокліматичний потенціал як показнику потенційних можливостей сільськогосподарського виробництва знайшло широке застосування не тільки при районуванні земель, але також при порівняльній оцінці земель по біологічній продуктивності й ефективності витрат, порівняно оцінки агрокліматичних ресурсів СРСР і закордонних країн і т.д.

Разом з тим, слід зазначити, що за допомогою БКП дається узагальнена оцінка біокліматичного потенціалу територій, не диференційована для окремих культур і їхніх сортів. Це обставина трохи обмежує використання зведень про біокліматичний потенціал у таких задачах, як агрокліматичне обґрунтування розміщення окремих сільськогосподарських культур і сортів, обґрунтування впровадження нових сортів і технологій, їхнє оброблення.

Більш прийнятними для рішення цієї задачі є фізико-статистичні моделі продукційного процесу агробіоценозів. Одна з найпростіших моделей нагромадження надземної сухої маси речовини в залежності від вологозабезпеченості запропонована де Крученому для районів з лімітованою вологою і достатньою кількістю тепла.

Згодом Таннер модифікували цю модель.

Серед закордонних фізико-статистичних моделей, за допомогою яких представляється можливим оцінювати агрокліматичні ресурси території, варто виділити модель, описану в . Ця модель являє собою узагальнений варіант раніше запропонованих часток моделей для оцінки умов оброблення окремих культур і претендує на універсальність. Модель базується на зв'язку між врожаєм і сумарним випаром.

Серед фізико-статистичних моделей агрокліматичних ресурсів своєю комплексністю виділяються моделі Константинова А.Р. [17] і Дмитренко В.П. [46, 49, 58, 59]. Як основні фактори, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, Константиновим А.Р. обрані біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи, родючість ґрунту й агротехніка. Відповідно до цього модель має чотири блоки: біологічної, метеорологічної, родючості ґрунту й агротехніки. Облік біологічних особливостей здійснюється за рахунок послідовного розгляду по міжфазним періодах факторів, що впливають, входних в інші блоки, а також за рахунок диференціації культур по видах і сортах. Вплив метеорологічних факторів зводиться до обліку температури й абсолютної вологості повітря в літній період, а також температури повітря і висоти сніжного покриву в зимовий період. Попередніми дослідженнями Константинова А.Р. показано, що ці фактори досить тісно корелюють з іншими елементами, такими, як

фотосинтетично активна радіація, концентрація  $C_2$ , відносна вологість повітря, дефіцит насичення водяної пари й ін. Тому, на думку автора, попарного розгляду температури і вологості повітря досить для оцінки впливу метеорологічних умов на врожайність культури. Родючість ґрунту також у результаті попередніх досліджень впливу його складових на врожайність зведено в моделі до обліку двох складових: вологості ґрунту і її об'ємної маси. Агротехніка враховується шляхом виділення впливу різних агротехнічних прийомів на підвищення родючості ґрунту і збільшення врожайності в залежності від внесених добрив. Вплив усіх визначальних факторів запропоновано оцінювати у відносних одиницях врожайності, що дозволяє наочно судити про їхній значимості і безпосередньо порівнювати між собою.

На цій основі були оцінені ґрунтово-кліматичні ресурси і виконаний районування ряду сільськогосподарських культур. Безперечним достоїнством даної моделі є повнота обліку факторів, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Однак методологія обліку факторів, що впливають, за допомогою графічних регресій далеко не безперечна [86], а отримані оцінки обумовлених ресурсами врожайності і рекомендації з оптимізації структури посівних площ на підставі таких оцінок є дискусійними.

Модель Дмитренко В.П., так само як і описана вище, враховує вплив на врожайність різних факторів у динаміку по періодах вегетації, а її центральним елементом є розрахунок показників продуктивності гідрометеорологічних елементів. Для оцінки ґрунтово-кліматичних ресурсів врожайності озимої пшениці в цій моделі враховується щорічний статистичний максимум врожайності, зрідженість, кустистість, показники продуктивності гідрометеорологічних умов у період березень-липень, показник рівня врожайності при різному співвідношенні площ збирання і посіву. З гідрометеорологічних факторів у моделі враховуються температура повітря, опади у весняно-літній період і запаси вологи в ґрунті на весну.

Модель Дмитренко В.П. досить універсальна і в даний час на підставі її побудовані схеми розрахунку врожайності озимої пшениці, ярового ячменя, кукурудзи, озимого жита, картоплі, цукрового буряка і соняшника.

Однак, незважаючи на комплексність моделей Дмитренко В.П. і Константинова А.Р. з їхньою допомогою вирішуються задачі районування тільки на рівні окремо узятій культури або їхньої групи.

Одним з фундаментальних напрямків по оцінці агрокліматичних ресурсів є напрямок, зв'язане з рішенням задачі агрокліматичної характеристики сільськогосподарських культур у зв'язку із селекцією й обґрунтуванням розміщення посівів. У цих дослідженнях оцінка агрокліматичних умов формування продуктивності посівів спирається на використання традиційних агрокліматичних показників, однак основний натиск робиться на оцінку адекватних реакцій сортів на несприятливі агрометеорологічні умови: установлення зміни темпів їхнього розвитку, продуктивності. Зіставлення цих даних з агрокліматичними

характеристиками територій дозволило визначити особливості вирощання видів і сортів сільськогосподарських культур на різних територіях. Таким шляхом виявлений ступінь сприятливості різних територій стосовно до інтродукції й оброблення різних видів і сортів сільськогосподарських культур, намічені райони насінництва кормових культур.

### **1.11.5 Застосування моделей продуктивності для оцінки агрокліматичних ресурсів**

Необхідність оцінки природних ресурсів Землі, стимулювала розвиток цілого ряду напрямків екологічних досліджень, що включають оцінку кліматичних ресурсів продуктивності рослин. Серед цих досліджень можна виділити три групи робіт.

Першу групу складає більш загальний клас моделей, у яких оцінка продуктивності рослин входить у якості одного з блоків. Другу групу робіт характеризує побудова моделей безпосередньо для оцінки кліматичних ресурсів стосовно до продукції рослинництва, третю - створення комплексу моделей розпізнавання образів "врожай^врожай-клімат-врожай", що визначає утрати врожайності через несприятливі погодні умови.

Розглянемо більш докладно ці роботи.

Моделі першої групи. Як головні фактори, що визначають річну продукцію рослин у природних біоценозах, визнаються кліматичні умови даної місцевості. Як найбільш інформативні і причино обумовлені фактори виділяються світловий режим, температурний режим і режим зволоження рослин.

У роботі за даними вимірів визначена річна продуктивність рослин як функція двох перемінних - радіаційного балансу  $R$  і річної суми опадів  $r$  для різних крапок земної поверхні. Трохи раніше Григор'єв А.А. і Будько М.И. [7, 6] при вивченні причино обумовленого виду залежності річної продуктивності, висловили гіпотезу, що при заданому значенні  $R$  продуктивність досягає максимуму при такій кількості опадів  $r$ , при якому тепло, необхідне для його випару  $Lr$  ( $L$  - схована теплота паротворення) дорівнює радіаційному балансові, тобто  $R/Lr=1$ . При заданому  $r$ , відповідно до цієї гіпотези, продуктивність повинна бути тим вище, чим більше  $R$ . У роботі було показано, що максимум продуктивності не скрізь спостерігається при  $R/Lr = 1$ . Запропоновано оцінювати річну продуктивність рослин як функцію середньої річної температури повітря і середньої річної кількості опадів.

У моделі [80] використовується блок продуційного процесу, у якому моделюється річна продукція рослин. Моделювання річної продукції спирається на встановлення залежності річної продукції від кліматичних факторів.

Продукція рослинності описується залежністю, мультиплікати відображаючи роль різних факторів навколишнього середовища: показника впливу концентрації  $O_2$  в атмосфері на продуктивність рослинності; впливу сонячної радіації,  $O_2$ , забруднення середовища, вологості і температури на динаміку росту рослинності. Розглядається зміна біомаси трьох типів рослинності: лісовий, сільськогосподарський і трав'яний. Продуктивність сільськогосподарської рослинності, крім згадуваних вище природних факторів, залежить також від факторів, внесених людиною, - від добрив, поливу і т.п. У просторово розподіленій моделі біосфери маються субмодель динаміки вуглецю в біосфері і зв'язок її з кліматичними факторами.

При моделюванні глобальних природних процесів екологічний блок відтворює середні річні зміни основних середньоутворюючих факторів, значення яких оцінені в загальному випадку деякими інтегральними показниками або індексами.

Індекс ґрунту характеризує родючість ґрунту і будується з урахуванням основних факторів, що впливають на даний показник (кількість і якість гумусу, забезпеченість необхідними мінеральними елементами, гідролітична кислотність ґрунтів). Індекс атмосфери характеризує кліматично обумовлену тепло- і вологозабезпеченість моделюючого біоценозу, індекс рослинності - її біомасу. Індекс води відбиває водозабезпеченість регіону, індекс забруднення - його забруднення. Індеси атмосфери, ґрунти і води дозволяють визначити потенційну продуктивність природних ценозов.

Моделі продуктивності другої групи є більш деталізованими, основне цільове призначення цих моделей - оцінка ресурсів клімату стосовно до продуктивності рослин.

Моделі другої групи. Для оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських культур Тоомингом Х.Г. запропонований метод еталонних врожаїв [14 - 16], є логічним виходом принципу максимальної продуктивності. Метод еталонних врожаїв розглядає і порівнює різні категорії врожайності: потенційну врожайність ПУ, дійсно можливу врожайність ДВУ і врожай у виробництві УП. Перша з них (ПУ) - це врожайність сорту в ідеальних метеорологічних умовах; вона визначається приходом ФАР, біологічними властивостями культур і сортів. ПУ хазяйновито коштовних органів (зерна, бульб картоплі й ін.) розраховується з урахуванням параметра, що характеризує частку хазяйновито корисної частини врожаю.

Потенційна врожайність - це абстрактне поняття, тому що не цілком ясно, які метеорологічні умови є ідеальними для формування врожаю культури або сорти. ПУ можна представити як врожай, що формувався в умовах оптимуму водно-теплового режиму. При цьому потенційний КПД залежить від біологічних властивостей культури або сорту, від природної родючості ґрунту і рівня мінерального харчування. Коефіцієнт господарської ефективності врожаю  $k_{хоз}$ , що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини врожаю до кількості загальної сухої фітомаси,

залежить від сорту сільськогосподарських культур і від агрометеорологічних умов.

Дійсно можлива врожайність (ДВУ) - це максимально можлива врожайність культури або сорту в існуючих метеорологічних умовах. ДВУ відрізняється від ПУ тим більше, чим більше метеорологічні фактори відрізняються від оптимальних.

На даному етапі ПУ і ДВУ розглядаються в основному при ідеальних ґрунтових умовах. Дослідження еталонних врожаїв дозволяє з'ясувати їх максимально можливе значення, вивчити вплив погодних і кліматичних умов на ДВУ. При обліку ґрунтової родючості в першому наближенні ПУ і ДВУ для ідеальних ґрунтових умов можна помножити на бал ґрунту, нормований на одиницю.

Незважаючи на деяку абстрактність, поняття ПУ і ДВУ виявляються досить корисними при рішенні ряду задач сільськогосподарської науки виробництва. ПУ - це рівень врожаю, до якого варто прагнути, згодити потреби рослин з умовами середовища шляхом агротехнічних заходів, меліорації земель, районування культур і сортів відповідно до клімату і мікрокліматом. Підвищити ж рівень ПУ можна шляхом селекції. ДВУ - це рівень врожаю, до якого варто прагнути при програмуванні врожаю.

Моделі третьої групи. На основі розвитку і поглиблення відомої в екології рослин концепції, відповідно до якої рослина нормальна росте і розвивається лише в тому випадку, якщо його життєві цикли збігаються зі сприятливими умовами навколишнього середовища, а останні носять стохастичний характер. Жуковим В.А. [48, 105-109] був сформульований новий напрямок в оцінці агрокліматичних ресурсів - створення комплексу моделей розпізнавання образів "врожай-врожай-клімат-врожай", що дозволяють вести облік агрокліматичних ресурсів території шляхом визначення ступеня ризику і утрат врожайності конкретної культури через несприятливі умови погоди. Запропонований В.А.Жуковим метод одержав подальший розвиток. У ньому послідовно реалізуються наступні частки підзадачі:

- оцінка метеорологічної ситуації декад стосовно до кожної культури або групи однорідних культур за весь період спостереження;
- оцінка метеорологічної ситуації ансамблю вегетаційних періодів кожної культури;
- розрахунок математичного чекання утрат врожаю кожної культури в аномальні роки;
- оцінка кліматично забезпеченої врожайності кожної культури.

Ймовірні оцінки утрат врожайності і кліматично забезпеченої врожайності культур при їхньому порівняльному аналізі дозволяють визначити пріоритет при районуванні сільськогосподарських культур.

Дослідження Зоїдзе Е.К. [110, 17] по сільськогосподарській бонітіровці клімату також виконані в рамках зазначеного напрямку. Запропонована модель містить шість блоків: термічного режиму, радіаційного режиму, вологого режиму, несприятливих кліматичних умов, ґрунтової родючості,

рельєфу. Приймавши за еталон (100%) ступінь наближення сільськогосподарського потенціалу клімату модельного таксономічного утворення до класу оптимальних значень і виразивши у відсотках від неї ступінь наближення сільськогосподарського потенціалу клімату фактичних таксономічних утворень до класу оптимальних значень, знаходиться шуканий сільськогосподарський бонітет клімату.

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ПРОДУЦІЙНИЙ ПРОЦЕС РОСЛИН КУКУРУДЗИ

### 2.1 Моделювання ростових процесів

Успіхи сучасної кількісної теорії фотосинтетичної продуктивності посівів, розвиток якої визначили роботи А.А.Ничипоровича, А.І. Будаговського, Ю.К. Росса, Х.Г.Тоомінга, М.І.Будико, О.Д.Сиротенка, А.Н.Польового, М.Монсі, Саеки т.ін. дозволяють розглядати процес формування урожаю як складну сукупність цілого ряду фізіологічних процесів. Першими дослідженнями в агрометеорології такого напрямку були роботи Ю.І.Чиркова, пов'язані із розробкою методу оцінки умов формування урожаю кукурудзи і методу прогнозу урожаю цієї культури. У рамках створеного В.П. Дмитренко [46, 58, 59] напрямку на основі запропонованої ним моделі урожайності в Україні розроблені методи оцінки агрометеорологічних умов і прогнозування урожайності сільськогосподарських культур.

Розроблено багато динамічних моделей продуктивності різних сільськогосподарських культур, що дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результату основних фізіологічних процесів. Однак практичне використання цих моделей, їхнє впровадження в практику ускладнено низкою об'єктивних причин, серед яких, у першу чергу, необхідно відзначити їх невідповідність вимогам технологічності для включення в Автоматизоване робоче місце агрометеоролога (АРМ-АГРО).

Як теоретичну основу для запропонованої моделі використана базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур [53, 54].

В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового, водного балансів і балансу біомаси (вуглеводів і азоту) у рослинному покриві в системі "навколишнє середовище – рослина".

Система "навколишнє середовище – рослина" розглядається нами як складна динамічна система, що розвивається під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. У цій системі виділяються процеси росту, розвитку і формування продуктивності рослин у їхній складній взаємодії. Моделювання процесу формування урожайності кукурудзи містить кількісний опис процесів фотосинтезу, дихання, росту і розвитку рослин. Блок – схема моделі представлена на рис. 2.1.



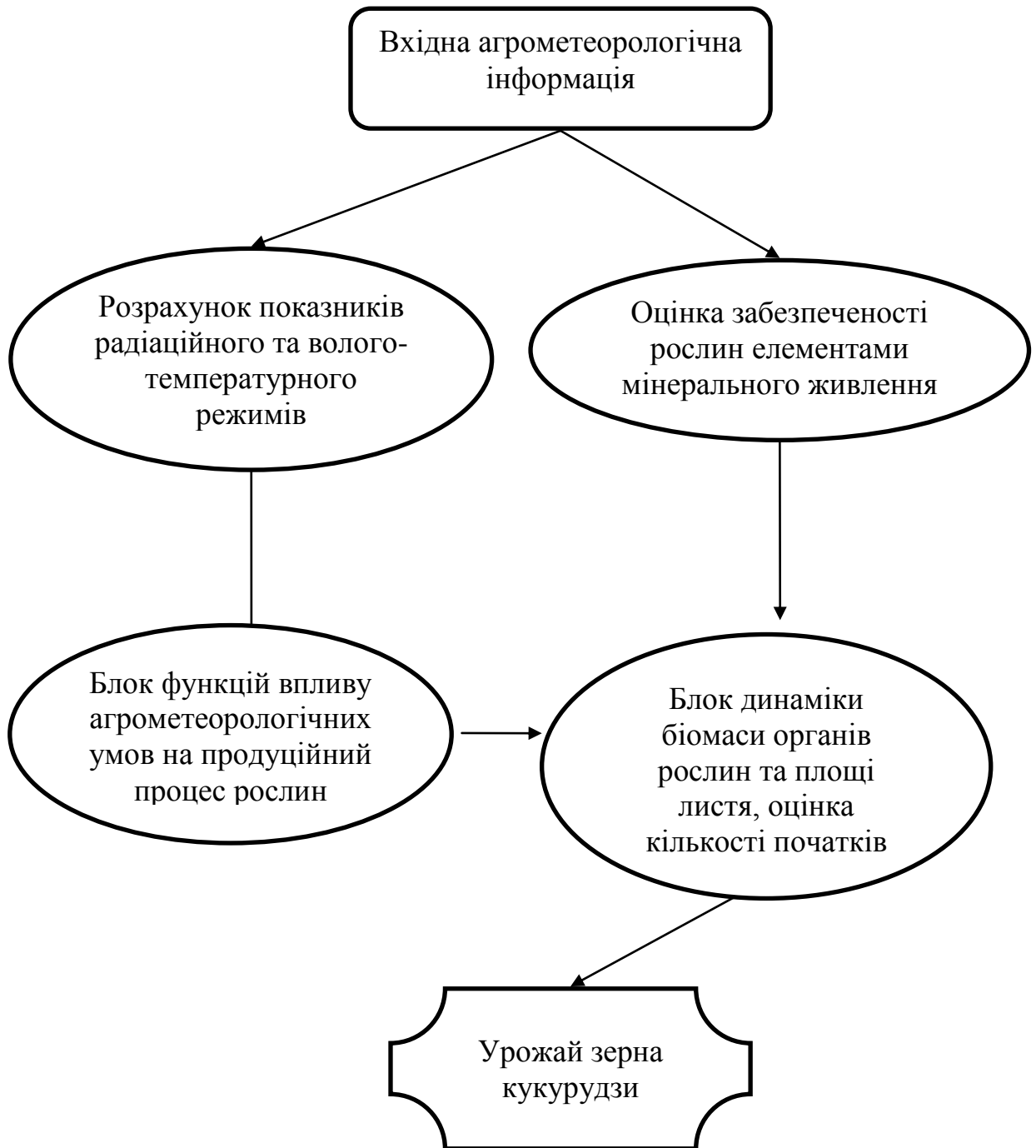


Рисунок 2.1 – Блок-схема динамічної моделі формування урожайності кукурудзи.

Розглядається, що рослина складається з чотирьох узагальнених органів: листка ( $l$ ), стебла ( $s$ ), кореня ( $r$ ) і зростаючого качана ( $p$ ).

При описі швидкості змін сухої біомаси окремих органів на підставі [111, 112, 113 нами [100] прийнята наступна система рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_i^j \hat{O}^j}{1 + C_{G_i}} - \frac{(\alpha_{R_i}^j C_{m_i} \varphi_R^j + \nu_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + C_{G_i}} \\ \frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_p^j \hat{O}^j}{1 + C_{G_p}} - \frac{(\alpha_{R_p}^j C_{m_p} \varphi_R^j - \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j \tilde{m}_i^j)}{1 + C_{G_p}} \end{aligned} \right\}, \quad (2.1)$$

де  $m_i/\Delta t$  – швидкість росту  $i$ -го окремого вегетативного органу;

$\Delta m_p/\Delta t$  – швидкість росту качанів;

$\beta_i$  – ростова функція періоду вегетативного росту;

$C_G$  – коефіцієнт дихання росту;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;

$C_m$  – коефіцієнт дихання підтримки;

$\varphi_R$  – температурна крива дихання;

$\nu_i$  – ростова функція періоду репродуктивного росту;

$\tilde{m}_i$  – функціонуюча біомаса  $i$ -го вегетативного органу.

Інтенсивність фотосинтезу описується за допомогою формули [115, 116] з урахуванням впливу на фотосинтез фази розвитку рослини, температурного режиму і вологозабезпеченості посіву, а також забезпеченості рослин елементами мінерального живлення [111]:

$$\frac{\Delta \Phi^i}{\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}^i K_{NPK}} + \frac{1}{a_c C_o} + \frac{1}{a_\phi \Pi^i}} \min \left\{ \alpha_\phi^j, \Psi_\phi^j, \frac{E^j}{E_o^j} \right\}, \quad (2.2)$$

де  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  – інтенсивність фотосинтезу;

$\Phi_{pot}$  – інтенсивність потенційного фотосинтезу;

$a_c$  – нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу;

$C_o$  – концентрація  $CO_2$  у повітрі;

$a_\phi$  – нахил світлової кривої фотосинтезу;

$\Pi$  – поглинена  $i$ -м органом фотосинтетично активна радіація;

$\alpha_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\Psi_\phi$  – температурна крива фотосинтезу;

$E$  – сумарне випаровування;

$E_o$  – випаровуваність;

$j$  – часовий крок моделі;

$K_{NPK}$  – коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

При динамічному моделюванні продукційного процесу рослин зміна інтенсивності фотосинтезу в онтогенезі не враховувалися або враховувалися через емпіричні коефіцієнти. Наявні дані свідчать, що фотосинтетична активність листків різна на різних етапах онтогенезу окремого листка і рослини в цілому. Фотосинтетичний апарат у молодих листків будь-якого ярусу, що формуються, сформований ще не цілком і не забезпечує високої інтенсивності фотосинтезу. Цю здатність мають тільки зрілі функціонуючі листки. В онтогенезі цілої рослини найменшу інтенсивність фотосинтезу мають листки у фазі сходів, коли анатомічна і морфологічна структура листя не забезпечує оптимуму фотосинтетичної активності. Листки, що є фотосинтетично активними у більш пізні фази онтогенезу, відрізняються структурними і фізіологічними характеристиками, оптимальними для їхньої фотосинтетичної активності. Це листки середнього ярусу. Така різноякісність листків по ярусах визначається неодноразовістю їхньої появи і тим, що їхній розвиток пов'язаний з розвитком рослини у цілому [117].

Для врахування зміни фотосинтетичної здатності рослин в онтогенезі запропонована функція, що описує інтенсивність фотосинтезу  $i$ -го органу в залежності від фізіологічного віку органу рослини. Ця функція названа "онтогенетичною кривою фотосинтезу" [118] і описуються виразом

$$\alpha_{\phi_i}^j = \exp[-0,01q_i(\sum T^j - \sum T_{li})^2], \quad (2.3)$$

у якому параметр  $q_i$  знаходиться за формулою:

$$q_i = \frac{-100 \ln \alpha_{\phi_i}^o}{\sum T_{li}}, \quad (2.4)$$

де  $\alpha_{\phi_i}^o$  – характеризує початкову інтенсивність фотосинтезу відносно максимального;

$\sum T_{li}$  – сума ефективних температур, що накопичилася від сходів до настання фази розвитку рослин, в яку спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу  $i$ -го органу, °С.

Для оцінки впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу використовується функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу, так звана "температурна крива фотосинтезу". Вона визначається як

$$\Psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \sin(0,0774x_2) & \text{і} \ddot{\text{д}} \ddot{\text{е}} & t < t_{opt1}^{\Phi}, \\ 1 & \text{і} \ddot{\text{д}} \ddot{\text{е}} & t_{opt1}^{\Phi} \leq t_i \leq t_{opt2}^{\Phi}, \\ 1,1323 \cos(1,5705x_3) - 0,1323 & \text{і} \ddot{\text{д}} \ddot{\text{е}} & t > t_{opt2}^{\Phi}, \end{cases} \quad (2.5)$$

$$x_2 = (t_n - t_o^{\Phi}) / (t_{opt1}^{\Phi} - t_n), \quad (2.6)$$

$$x_3 = (t_n - t_{opt2}^{\Phi}) / (t_{max}^{\Phi} - t_{opt2}^{\Phi}), \quad (2.7)$$

де  $\Psi_{\Phi}$  - температурна крива фотосинтезу;

$t_n$  - температура повітря;

$t_o^{\Phi}$ ,  $t_{opt1}^{\Phi}$ ,  $t_{opt2}^{\Phi}$ ,  $t_{max}^{\Phi}$  - відповідно початкова, нижня і верхня межа оптимальної та максимальна температура процесу фотосинтезу.

Величини  $t_{opt1}^{\Phi}$  і  $t_{opt2}^{\Phi}$  є функціями біологічного часу. У загальному вигляді вони описуються рівняннями:

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1x_4 + B_2x_4^2 + B_3x_4^3, \quad (2.8)$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4x_4 + B_5x_4^2 + B_6x_4^3, \quad (2.9)$$

$$x_4 = \Sigma t / \Sigma t_{cm}. \quad (2.10)$$

У рівнянні (2.1) компоненти дихання рослин – дихання росту і дихання підтримки структур визначається в неявному виді за допомогою коефіцієнтів  $C_G$ ,  $C_m$ ,  $\varphi_R$ ,  $\alpha_R$ .

Прийнято, що дихання росту рослин розглядається пропорційним фотосинтезу посіву:

$$R_G^j = C_G \Phi^j, \quad (2.11)$$

де  $R_G$  – інтенсивність дихання росту,  $г \cdot м^{-2} \cdot доба^{-1}$ ;

$C_G$  – коефіцієнт, що характеризує витрати, пов'язані з ростом, безрозмірний.

Розглядається, що дихання підтримки життєдіяльних структур пропорційно сухій біомасі посіву і залежить від температури і фізіологічного віку рослини:

$$R_m^j = C_m M^j \alpha_R^j \varphi_R^j, \quad (2.12)$$

де  $R_m$  – інтенсивність дихання підтримки,

$M$  – суха біомаса посіву,  $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$ ;

$C_m$  – коефіцієнт дихання підтримки,  $\text{г}_{\text{с.в}} \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ ;

$\alpha_R$  – параметр, що характеризує вплив фази онтогенезу на інтенсивність дихання, безрозмірний;

$\varphi_R$  – функція впливу температури повітря на дихання, безрозмірна.

Біохімічна активність і структура тканин піддається досить сильним змінам, що пов'язані із віком і розвитком рослини, внаслідок чого значно змінюється в онтогенезі і диханні. Найбільше інтенсивно дихають молоді, зростаючі тканини, при старінні рівень дихального метаболізму падає.

При моделюванні формування урожаю кукурудзи дихання оцінюється в цілому по органах (наприклад, по усіх листках) і в цьому випадку функція має вигляд одновіршинної кривої, що описується функцією, аналогічною (2.3). Ця функція названа "онтогенетичною кривою дихання" [117, 111].

Залежність дихання від температури враховується звичайно за допомогою коефіцієнта  $Q_{10}$  або виразом функції у вигляді:

$$\varphi_R = Q_{10}^{0,1(T_A - T_{A_0})}, \quad (2.13)$$

де  $Q_{10}$  – температурний коефіцієнт дихання, безрозмірний;

$T_A$  - температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{A_0}$  – температура, при якій береться вихідне (для розрахунку) значення дихання,  $^{\circ}\text{C}$ .

Швидкість росту зерна є функцією асимілятів, що притікають у качан і максимально можливої в даних реальних умовах швидкості росту зерна, тобто визначається взаємодією "джерело-стік". Її можна описати рівнянням типу Михаеліса-Ментен:

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{g_{\max}}^j}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}{k_g + \Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}, \quad (2.14)$$

де  $\Delta m_g / \Delta t$  - швидкість приросту сухої біомаси зерна,  $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ ;

$\Delta m_{g_{\max}} / \Delta t$  - максимально можлива в реальних умовах середовища

швидкість приросту сухої біомаси зерна,  $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ ;

$k_g$  - константа Михаеліса-Ментен,  $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ .

Під реальними умовами маються на увазі умови, що створюються структурою стеблостою та елементами продуктивності качана для максимально можливих (при даному стеблості і співвідношенні елементів продуктивності качана) розмірів "стоку" асимілятів.

Оцінка максимально можливої швидкості росту зерна проводиться за допомогою рівняння:

$$\frac{\Delta n_{g_{\max}}^j}{\Delta t} = \frac{2,3b_g m_{g_{\max}} 10^{a_g - b_g t}}{(1 + 10^{a_g - b_g t})^2}, \quad (2.15)$$

де  $a_g$  - параметр, безрозмірний;

$b_g$  - параметр,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$m_{g_{\max}}$  - максимально можлива маса зерна,  $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$ .

Число сформованих качанів визначається після настання фази цвітіння в залежності від максимально можливої їхньої кількості та умов вологозабезпеченості за формулою:

$$\frac{\Delta n_n}{\Delta t} = \frac{bN_n^{\max} \cdot 10^{a-bt} \ln 10}{(1 + 10^{a-bt})^2} \frac{E}{E_0}, \quad (2.16)$$

де  $\Delta n_n / \Delta t$  - приріст числа качанів;

$N_n^{\max}$  - максимальна кількість качанів, що можуть утворитися на одній рослині;

$E/E_0$  - функція впливу вологозабезпеченості посівів.

Нами розглядається, що в період активного росту вся біомаса є функціонуючою, отже, приріст загальної і функціонуючої біомаси однаковий:

$$\frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \geq 0. \quad (2.17)$$

За стресових умов або природному старінні рослини, коли кількість загальної біомаси знижується (цей момент визначається на підставі моделі), внаслідок переваги процесів розпаду над процесами синтезу, кількість функціонуючої біомаси визначається як частка загальної біомаси:

$$-\frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} = -\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R_{si}}, \quad (2.18)$$

де  $R_{si}$  – параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур і рухливих вуглеводів у загальній біомасі органу, безрозмірний.

Розпадові піддаються життєдіяльні структури, що у рослині представлені практично тільки білками. Продукти розпаду білків, а також рухливі вуглеводи пересуваються в репродуктивні органи. Оскільки вміст

білка і вуглеводів в органах рослин відомі досить добре, то і визначення чисельного значення  $R_{si}$  не представляється складним.

Швидкість зміни площі асимілюючої поверхні і-го органу, як за сприятливих умов росту і розвитку, а також при виникненні стресових умов та у період старіння рослин опишемо рівнянням:

$$\frac{\Delta I_i^j}{\Delta t} = \left( \frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} \right) \left( \frac{1}{\sigma_i} \right), \quad (2.19)$$

де  $\sigma_i$  – питома поверхнева щільність і-го асимілюючого органу.

## 2.2 Розрахунок характеристик радіаційного та водно-теплого режимів та режиму мінерального живлення посівів

У якості характеристики, що визначає інтенсивність фотосинтезу використовується величина інтенсивності фотосинтетичної радіації (ФАР) у посіві. Ця величина може бути обчислена за формулою [119]

$$I^j = \frac{I_o^j}{1 + C_Q I_1^j}, \quad (2.20)$$

де  $I_o$  – інтенсивність ФАР на верхній границі посіву, Вт·м<sup>-2</sup>;

$C_Q$  – емпірична постійна, безрозмірна.

На верхній границі посіву потік ФАР визначається як:

$$I_o^j = 0,5Q^j / \tau_d^j, \quad (2.21)$$

де  $Q$  – сумарна радіація за добу, Дж·см<sup>-2</sup>·доба;

$\tau_d$  – тривалість дня, год.;

Для розрахунку сумарної радіації широко використовується формула Сивкова [120]:

$$Q^j = 12,66SS^{1,31} + 315 (\sin h_n)^{2,1}, \quad (2.22)$$

де  $SS$  – тривалість сонячного сяйва за добу, год;

$h_n$  – полуденна висота Сонця, що визначається за формулою:

$$\sin h_n = A + B, \quad (2.23)$$

де  $A = \sin(0,017453 \cdot \varphi) \cdot \sin \delta$

$$Y = \cos(0,017453 \cdot \varphi) \cdot \cos \delta.$$

$\varphi$  – географічна широта місця;

$\delta$  – схилення Сонця.

$$\delta = 0,017453 \cdot (0,473(t_0 + j) - 0,196 - 2(t_0 + j)^2 - 0,407 - 5(t_0 + j)^3 - 0,616), \quad (2.24)$$

Час сходу  $\tau_{\text{в}}$  і заходу  $\tau_{\text{з}}$  Сонця визначимо за формулами:

$$\tau_{\text{з}} = 12 + \frac{12}{\Pi} \arccos\left(-\frac{A}{B}\right), \quad \tau_{\text{в}} = 24 - \tau_{\text{з}}. \quad (2.25)$$

Рівень мінерального живлення визначає інтенсивність продукційного процесу рослин. Значення функцій оптимального азотного, фосфорного і калійного живлення розрахуємо за методом П.С.Образцова [121] з деякими модифікаціями:

$$\begin{aligned} F_N &= \frac{N_m}{N_{opt}} \\ FW_N^j &= \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot K_{ef}^j, \\ F_P &= \frac{P_m}{P_{opt}} \\ FW_P^j &= \left\{ (F_P)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_P)] \right\} \cdot K_{ef}^j, \\ F_K &= \frac{K_m}{K_{opt}} \\ FW_K^j &= \left\{ (F_K)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_K)] \right\} \cdot K_{ef}^j, \end{aligned} \quad (2.26)$$

де  $N_m$ ,  $P_m$ ,  $K_m$  – внесена доза мінеральних (азотних, фосфорних і калійних) добрив, кг/га;

$N_{opt}$ ,  $P_{opt}$ ,  $K_{opt}$  – оптимальна доза азотних, фосфорних і калійних добрив, необхідних для одержання максимального урожаю, кг/га;

$FW_N$ ,  $FW_P$ ,  $FW_K$  – функції впливу забезпеченості азотом, фосфором, калієм, від.од.;

$K_{ef}^j$  – коефіцієнт ефективності добрив у залежності від вологості ґрунту, від.од.

$FW_N$ ,  $FW_P$ ,  $FW_K$  змінюються від 0 до 1.



Аналогічно визначимо співвідношення дози органічних добрив до їх оптимальної величини і розрахуємо функцію впливу внесення органічних добрив з урахуванням року внесення добрив:

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\ opt}}, \quad (2.27)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = \left\{ F_{O_{rg}} \right\}^{1,35} \cdot \exp \left[ 1,1 \cdot (1 - F_{O_{rg}}) \right] \cdot k_{O_{rg}}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (2.28)$$

де  $FW_{O_{rg}}$  – функція впливу внесення органічних добрив на урожай, від.од.;

$O_{rg}$  – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg}$  – оптимальна для культури доза внесення органічних добрив, т/га;

$k_{O_{rg}}^g$  – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, від.од.

Вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив визначається за співвідношенням:

$$K_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при} & (W^j / W_{opt1}^j) \geq 0,85 \\ 0,8 & \text{при} & 0,70 < (W^j / W_{opt1}^j) < 0,85, \\ 0,6 & \text{при} & (W^j / W_{opt1}^j) \leq 0,70 \end{cases} \quad (2.29)$$

де  $W^j$  - запаси вологи у ґрунті, мм;

$W_{opt1}$  - нижня границя оптимальних запасів вологи у ґрунті.

Узагальнену функцію впливу внесення мінеральних і органічних добрив розрахуємо за принципом Лібіха

$$K_{NPK}^j = \min \left\{ FW_{O_{rg}}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j \right\}, \quad (2.30)$$

де  $K_{NPK}$  – коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, від.од.

Зміну вологозапасів протягом декади (між строками спостережень) можна визначити за виразом:

$$W^{j+1} = W^j + \theta^j + V_w^j - E^j - U_w^j, \quad (2.31)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту, мм;

$\theta$  – сума опадів за добу, мм;

$V_w$  – витрата ґрунтових вод у зону аерації за добу, мм;

$E$  – сумарне випаровування за добу, мм;

$U_w$  – інфільтрація атмосферних опадів, мм.

Витрата ґрунтових вод у зону аерації розраховується за формулою:

$$V^j = E_o^j / e^{\tau H}, \quad (2.32)$$

де  $E_o$  – випаровуваність за добу, що розраховується за допомогою середнього добового дефіциту вологості повітря  $d_{WA}$ , мм;

$\tau$  – безрозмірний параметр, що залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту;

$H$  – глибина залягання ґрунтових вод, м.

Добові значення випаровування можуть бути отримані за формулою [106]:

$$E^j = \frac{2W^j + \theta^j + V_w^j}{1 + 2W_{FC} / \eta E_o^j}, \quad (2.33)$$

де  $W_{FC}$  – найменша вологоємність у півметровому шарі ґрунту, мм;

$\eta$  – безрозмірний параметр, що залежить від виду і фази розвитку рослини.

Для розрахунку інфільтрації атмосферних опадів скористаємося виразом:

$$U_w^j = W^j + \theta^j - W_{FC}. \quad (2.34)$$

Рівень ґрунтових вод  $H$  між строками спостережень, що входять у вираз (2.32), знаходиться за формулою:

$$H^{j+1} = H^j + \Delta H^j. \quad (2.35)$$

Зміну рівня ґрунтових вод за добу  $\Delta H$  визначається за формулами:

$$\Delta H^j = -\frac{U_w^j}{100} \frac{1}{\xi} \quad \text{при} \quad U_w > 0, \quad (2.36)$$

$$\Delta H^j = \frac{U_w^j}{100} \frac{1}{\xi} \quad \text{при} \quad U_w \leq 0, \quad (2.37)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт водовіддачі ґрунтів, безрозмірний.

### 2.3 Ідентифікація параметрів моделі формування урожаю кукурудзи та перевірка її адекватності

Для ідентифікації параметрів моделі формування урожаю кукурудзи використовувалася метод незалежного визначення. При виконанні процедури ідентифікації в основу були покладені матеріали агрометеорологічних та гідрометеорологічних станцій України за агрометеорологічними умовами вирощування кукурудзи за період 1971-2000 рр., а також літературні джерела, в яких розглядається проблема впливу агрометеорологічних умов на продукційний процес рослин кукурудзи.

Вплив факторів зовнішнього середовища на інтенсивність процесу фотосинтезу розглядається через вплив таких основних факторів як світло, тепло і волога.

Основна роль у формуванні урожаю кукурудзи належить фотосинтезові листя. При розрахунку інтенсивності фотосинтезу за формулою (2.2) необхідні значення параметрів, що характеризують інтенсивність потенційного фотосинтезу ( $\Phi_{\text{pot}}$ ), нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу ( $a_c$ ), нахил світлової кривої фотосинтезу ( $a_\phi$ ). Чисельні значення цих параметрів визначаються на основі даних, що наведені у роботах [15, 16, 122, 123]. На основі цих даних і аналізу біологічної урожайності кукурудзи у Поліссі, Лісостепу і Степу були прийняті значення інтенсивності потенційного фотосинтезу і нахилу світлової кривої диференційовано по цих зонах. Чисельні значення цих параметрів приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри блоку фотосинтезу і дихання

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення
1	2	3	4
Фото синтезу і дихання	$\Phi_{\text{pot}}$ – інтенсивність потенційного фотосинтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{година}^{-1}$	Полісся 70 Лісостеп 80 Степ 75
	$a_c$ – нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{час}^{-1} / \text{г} \cdot \text{м}^{-3}$	65
	$a_\phi$ – нахил світлової кривої фотосинтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{годин}^{-1} / \text{Дж} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хвил.}^{-1}$	Полісся 350 Лісостеп 400 Степ 380
	$\Phi_{\text{max}}$ – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації $\text{СО}_2$	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{годин}^{-1}$	40

Продовж. табл. 2.1

1	2	3	4
	$a_{\phi 0}$ – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу	безрозмірна	0.6
	$\varepsilon$ – коефіцієнт ефективності фотосинтезу	безрозмірний	0.68
	$a$ – початкове значення онтогенетичної кривої дихання	безрозмірна	0.4
	$C_m$ – коефіцієнт, що характеризує витрати на підтримку структури	$г^{-1} \cdot \text{доба}^{-1}$	0.015
Фотосинтезу і дихання	$C_G$ – коефіцієнт дихання росту	безрозмірний	0.22
	$t_0^{\phi}$ – гранична температура повітря для фотосинтезу	$^{\circ}C$	8
	$t_{\max}^{\phi}$ – максимальна температура повітря для фотосинтезу	$^{\circ}C$	30
	$T_{A0}$ – температура, при якій береться вихідне для розрахунку значення дихання	$^{\circ}C$	8
	$Q_{10}$ – температурний коефіцієнт дихання	безрозмірний	2.0

Разом з використанням відношення випаровуваності до випаровування для оцінки вологозабезпеченості посівів, використовувалась також функція впливу вологозабезпеченості посівів на інтенсивність процесу фотосинтезу листя рослин кукурудзи, яка наведена на рис. 2.2.

Надзвичайно важливим фактором, що впливає на формування урожаю кукурудзи є температура повітря. Для оцінки її впливу на інтенсивність процесу фотосинтезу використовується відповідна функція (2.5) – (2.7), вигляд якої визначають чотири кардинальних температурних точки: початкова температура фотосинтезу  $t_0^{\phi}$ , нижня  $t_{opt1}^{\phi}$  та верхня  $t_{opt2}^{\phi}$  межа оптимальної температури для фотосинтезу, максимальна температура фотосинтезу  $t_{\max}^{\phi}$ , за якої процес фотосинтезу пригнічується і зупиняється повністю. На основі даних [111, 112] величина  $t_0^{\phi}$  прийнята рівною  $8^{\circ}C$ , а величина  $t_{\max}^{\phi}$  –  $30^{\circ}C$ . У загальному вигляді функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу листя кукурудзи представлена на рис. 2.3.

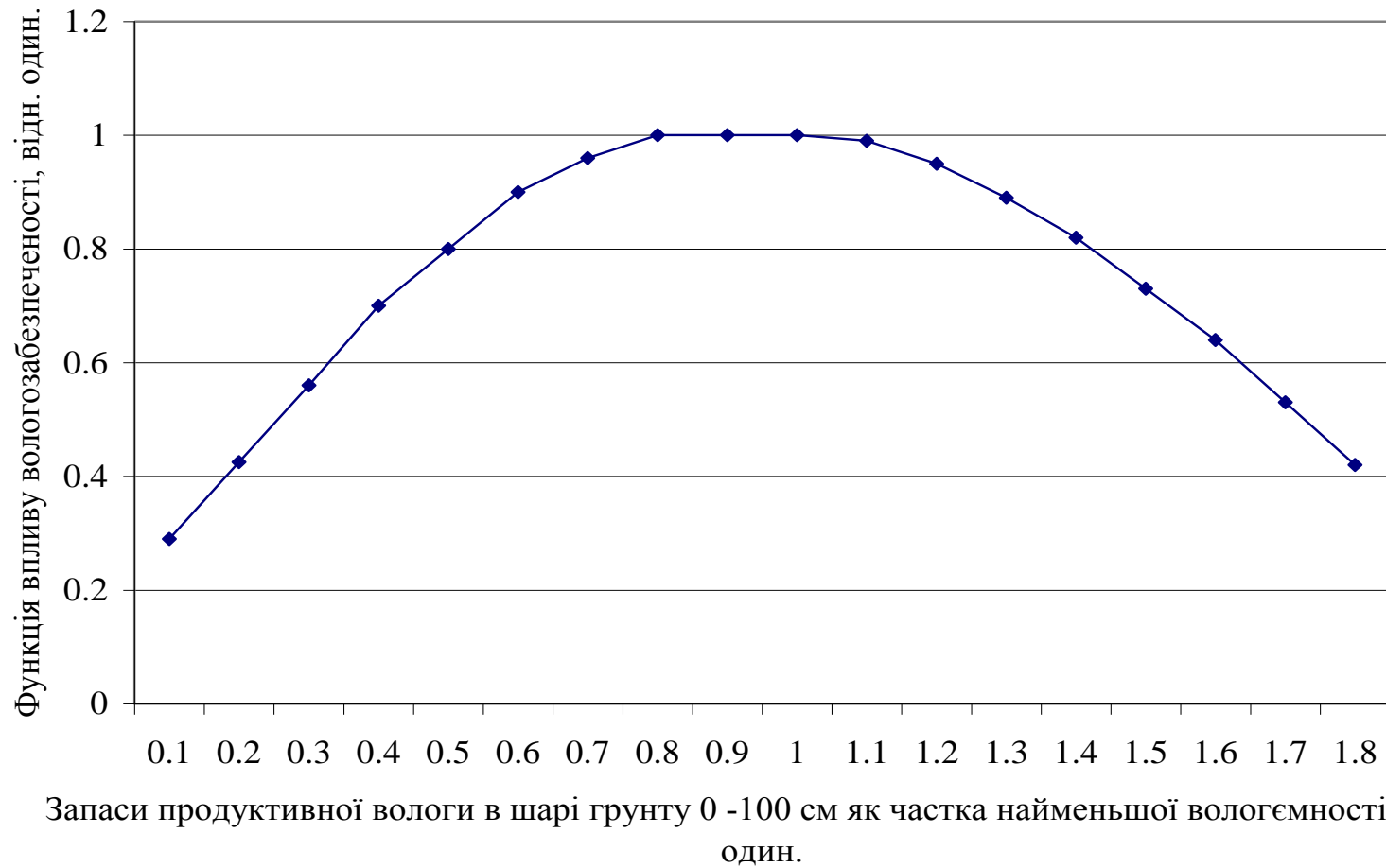
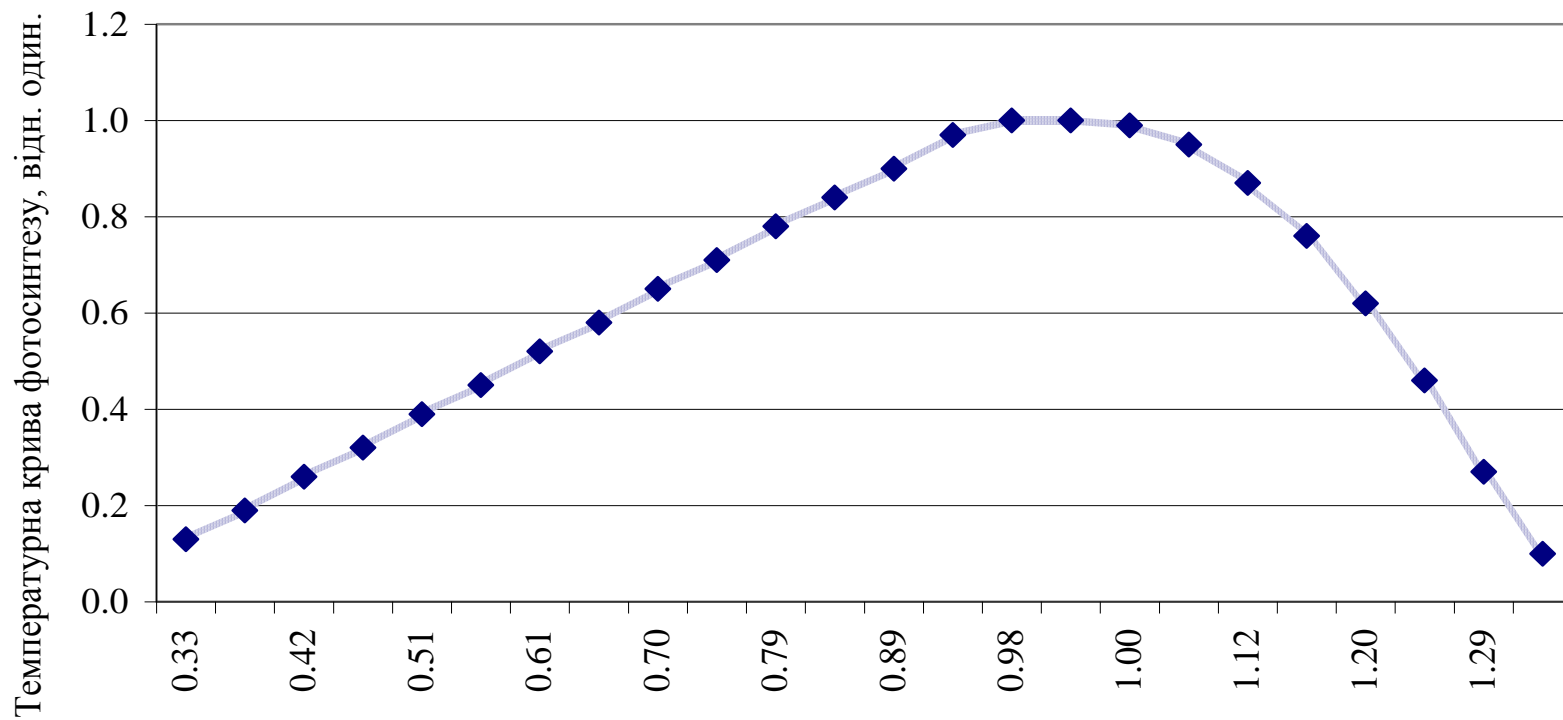


Рисунок 2.2 – Функція впливу вологозабезпеченості посівів на інтенсивність фотосинтезу листя рослин кукурудзи.



Temperature of air as a fraction of optimal for photosynthesis temperature, relative to the optimal temperature.

Рисунок 2.3 - Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу листя рослин кукурудзи.

Для встановлення часового ходу оптимальних величин температури повітря впродовж вегетації було виконано аналіз матеріалів агрометеорологічних спостережень за роки, коли спостерігалися високі урожаї кукурудзи. На його основі встановлено часовий хід величин  $t_{opt1}^{\Phi}$  та  $t_{opt2}^{\Phi}$ . Аналіз виконано для основних ґрунтово-кліматичних зон України.

Отримані функції мають вигляд:

для Полісся

$$t_{opt1} = 12,97 + 17,58x_4 - 17,69x_4^2 + 1,26x_4^3; \quad (2.38)$$

$$t_{opt2} = 15,97 + 17,58x_4 - 17,69x_4^2 - 1,26x_4^3; \quad (2.39)$$

для Лісостепу

$$t_{opt1} = 13,26 + 13,10x_4 - 0,03x_4^2 - 13,22x_4^3; \quad (2.40)$$

$$t_{opt2} = 16,26 + 13,10x_4 - 0,03x_4^2 - 13,22x_4^3; \quad (2.41)$$

для північного Степу

$$t_{opt1} = 12,66 + 28,78x_4 - 27,06x_4^2 - 1,10x_4^3; \quad (2.42)$$

$$t_{opt2} = 15,26 + 28,78x_4 - 27,06x_4^2 - 1,10x_4^3; \quad (2.43)$$

для південного Степу

$$t_{opt1} = 13,04 + 26,22x_4 - 18,71x_4^2 - 3,59x_4^3; \quad (2.44)$$

$$t_{opt2} = 16,04 + 26,22x_4 - 18,71x_4^2 - 3,59x_4^3; \quad (2.45)$$

для Закарпаття

$$t_{opt1} = 12,94 + 16,54x_4 - 15,75x_4^2; \quad (2.46)$$

$$t_{opt2} = 15,94 + 16,54x_4 - 15,75x_4^2; \quad (2.47)$$

$$x_4 = \Sigma t / \Sigma t_{\text{воск.ст.}},$$

де  $\Sigma t$  - сума температур наростаючим підсумком;

$\Sigma t_{\text{воск.ст.}}$  - сума температур за період сходи - воскова стиглість.

Впродовж періоду вегетації інтенсивність фотосинтезу і дихання не залишається постійною, а змінюється. Більш високу здатність до фотосинтезу мають уже сформовані листки, що спостерігається у період викидання волоті. На

початку вегетації спостерігається порівняно низька дихальна активність. Ця обставина врахована нами через розрахунок онтогенетичних кривих фотосинтезу і дихання, що описуються рівняннями типу (2.3). У ці рівняння в якості одного із параметрів входять початкові значення онтогенетичних кривих фотосинтезу і дихання. Вони визначено нами на підставі робіт [127, 126] і наведені в табл. 2.1

Коефіцієнт ефективності фотосинтезу рівний 0,68 нами прийнятий відповідно до роботи [128].

При моделюванні дихання нами розглядається двокомпонентне дихання, що складається з дихання росту і дихання підтримки, формули (2.11) і (2.12). Чисельні значення коефіцієнту, що характеризує витрати на підтримку життєдіяльності структур, а також коефіцієнт дихання росту, визначено на основі матеріалів наведених у роботах [122, 125, 128] і приведені у табл. 2.1.

Вплив температури повітря на інтенсивність дихання враховано нами через функцію впливу температури повітря на дихання за допомогою формули (2.13). Параметри цієї формули: температурний коефіцієнт дихання і температура, при якій береться вихідне для розрахунку значення дихання, визначено за даними, наведеними у роботах [129, 14]. Вони також наведені у табл. 2.1.

У динамічній моделі формування урожаю центральною частиною моделей є блок росту [127, 128, 112]. Параметри цього блоку визначаються стосовно конкретної сільськогосподарської культури та для конкретної ґрунтово-кліматичної зони. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту  $\beta_i$  та функції періоду репродуктивного росту  $v_i$ .

Відповідно до розробок [111, 112, 93] функції періоду вегетативного росту – визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_i \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r, p \quad (2.48)$$

і показують частку сумарного приросту всієї рослини, що приходить на  $i$ -й орган.

Функції періоду репродуктивного росту

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r \quad (2.49)$$

показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного з вегетативних органів після завершення їхнього росту в репродуктивні органи.

Запропонований у роботі [53, 112] напівемпіричний метод розрахунку функцій періоду вегетативного росту і репродуктивного періоду в прикладних моделях формування урожаю полягає у наступному.

Динаміка біомаси кожного з органів у відносних одиницях представляється



у вигляді сімейства кривих, точки перегину яких  $\sum t_i^2, i \in l, s, r, p$  відповідають сумам ефективних температур, що дорівнюють половині всієї необхідної для завершення росту кожного органу суми,  $\sum t_p$  являє собою суму температур, при якій починається ріст репродуктивних органів.

Якщо описати кожну криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт  $c_i$ , який характеризує частку органу в загальній біомасі під час дозрівання, то дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту:

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum_{l,s,r,p} \Delta\theta_i}, \quad (2.50)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4,6052 \cdot 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}{\sum t_i^2 \left( 1 + 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2} \right)}, \quad (2.51)$$

$i \in l, s, r, p$ ,

де  $\sum t_i^2$  – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органу;

$c_i$  – коефіцієнт співвідношення різних органів у рослині на час дозрівання.

Перерозподіл "старих" асимілятів із листя, стебел та коренів у репродуктивні органи починається з моменту завершення росту кожного з цих органів.

Ростові функції періоду репродуктивного  $v_i$  росту для кожного вегетативного органу знаходимо за виразом [53, 111]:

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (2.52)$$

$i \in l, s, r, p$

де  $TS_1$  – сума ефективних температур за розглянутий часовий інтервал (у нашому випадку за декаду).

Положення функцій періоду вегетативного і репродуктивного росту, що описують перерозподіл між органами рослин "свіжих" і "старих" асимілятів,

визначається сумами температур, необхідними для завершення росту листя, стебел, коренів, початку росту качана, настання воскової стиглості [101, 53].

Визначені вище кардинальні суми температур для розрахунку ростових функцій розраховані для основних ґрунтово-кліматичних зон України: Полісся, Лісостеп, північний і південний Степ, Прикарпаття і Закарпаття. Ці параметри блоку росту наведені у табл. 2.2.

Чисельні значення інтенсивності сумарної сонячної радіації у посівах кукурудзи визначаються за допомогою формули (2.20) у якій використовується емпірична постійна  $C_Q$ . У першому наближенні ця величина може бути прийнята постійною, яка відповідно до роботи [130] приймається рівною 0.65. Перевірка моделі полягала у зіставленні розрахованих по моделі та експериментальних даних за роки, що не були використані при визначенні параметрів моделі. Як матеріали для перевірки були взяті спочатку дані за 2001-2002 роки, а потім доповнені даними за 2003 – 2004 роки. При цьому розглядалися дані про середньообласний урожай кукурудзи в Україні – 24 області та АР Крим.

Таблиця 2.2 – Основні параметри блоку росту моделі формування урожаю кукурудзи

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення
Росту	$t_l$ – сума температур для розрахунку ростової функції листків	°C	Полісся 220 Лісостеп 290 Північний степ 320 Південний степ 340
	$t_s$ – сума температур для розрахунку ростової функції стебел	°C	Полісся 220 Лісостеп 290 Північний степ 320 Південний степ 340
	$t_r$ – сума температур для розрахунку ростової функції коренів	°C	Полісся 340 Лісостеп 400 Північний степ 440 Південний степ 470
	$t_{p1}$ – сума температур для розрахунку ростової функції качанів	°C	Полісся 630 Лісостеп 790 Північний степ 900 Південний степ 970
Росту	$t_{p2}$ – сума температур для розрахунку початку росту качанів	°C	Полісся 450 Лісостеп 570 Північний степ 640 Південний степ 680
	$C_l$ – частка листків у загальній масі	Безрозмірний	0.15
	$C_s$ – частка стебел у загальній масі	Безрозмірний	0.30
	$C_p$ – частка качанів у загальній масі	Безрозмірний	0.35
	$C_r$ – частка коренів у загальній масі	Безрозмірний	0.20

Всього вибірка склала 100 випадків/рік. Програма спостережень агро- і метеорологічних станцій включає визначення зеленої маси рослин кукурудзи, числа продуктивних качанів і маси зерна з одиниці площі. Порівняння розрахункових значень з фактичними даними показало цілком задовільні результати. Середня за чотири роки відносна помилка розрахунку біомаси не перевищує 16 % , помилка розрахунку біомаси зерна складає 18 %, що дозволяє застосування моделі для вирішення прикладних задач, оперативної оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності кукурудзи і прогнозування урожайності цієї культури, а також включення її в АРМ – агрометеоролога.

#### 2.4 Облік сортових особливостей при моделюванні формування урожаю кукурудзи

Сорти і гібриди кукурудзи характеризуються великим діапазоном скоростиглості, відрізняються різними вимогами до термічних ресурсів, їм властиві різні темпи розвитку рослин і їхня фотосинтетична продуктивність. Установлені закономірності фізіології фотосинтезу, росту, розвитку і продуктивності рослин кукурудзи в сортовому розрізі [129, 131, 132] і розробка моделі продуційного процесу кукурудзи відкривають можливості створення динамічної моделі стосовно до конкретної групи сортів і гібридів за стиглістю цієї культури.

Згідно встановленим у роботі [111] показникам, потреба рослин кукурудзи різних груп стиглості у сумі ефективних температур вище 10 °С для різних за скоростиглістю груп сортів і гібридів значно розрізняється. Чисельні значення цих сум приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Тепловий режим гібридів кукурудзи різних груп стиглості, за [94]

Група стиглості	Сума температур, °С			Вегетаційний період (дні)
	ефективних вище +10°С	в тому числі		
		сходи-викидання волоті	викидання волоті-воскова стиглість	
Ранньостиглі	900-1000	400	400	90-100
Середньоранні	1100	450	450	105-115
Середньостиглі	1150	500	500	115-120
Середньопізні	1200	550	550	120-130
Пізнньостиглі	1250-1300	600	600	135-140

На підставі цих даних нами проведена оцінка сум температур, необхідних для визначення ростових функцій періодів вегетативного і репродуктивного росту у сортовому розрізі для усіх п'яти груп сортів і гібридів кукурудзи (табл. 2.4).

Як було зазначено у розділі 2.1 інтенсивність фотосинтезу описується за допомогою формули (2.2), що має вигляд:

$$\frac{\Delta\Phi^i}{\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}^i K_{NPK}} + \frac{1}{a_c C_o} + \frac{1}{a_{\Phi}^i \Pi^i}} \min\left\{\alpha_{\Phi}^j, \Psi_{\Phi}^j, \frac{E^j}{E_o^j}\right\}. \quad (2.53)$$

**Таблиця 2.4 – Основні параметри блоку росту моделі формування урожаю кукурудзи різних за скоростиглістю груп сортів і гібридів**

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення для різних груп сортів за скоростиглістю
Росту	t <sub>l</sub> – сума температур для розрахунку ростової функції листків	°C	ранньостиглі 260 середньоранні 300 середньостиглі 315 ссередньопізні 330 пізньостиглі 360
	t <sub>s</sub> – сума температур для розрахунку ростової функції стебел	°C	ранньостиглі 260 середньоранні 300 середньостиглі 315 середньопізні 330 пізньостиглі 360
	t <sub>r</sub> – сума температур для розрахунку ростової функції коренів	°C	ранньостиглі 360 середньоранні 420 середньостиглі 440 середньопізні 460 пізньостиглі 500
	t <sub>p1</sub> – сума температур для розрахунку ростової функції качанів	°C	ранньостиглі 735 середньоранні 850 середньостиглі 890 середньопізні 930 пізньостиглі 1020
	t <sub>p2</sub> – сума температур для розрахунку початку росту качанів	°C	ранньостиглі 520 середньоранні 600 середньостиглі 630 середньопізні 655 пізньостиглі 720

У наведеній вище формулі параметри, що характеризують інтенсивність потенційного фотосинтезу ( $\Phi_{pot}$ ), нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу ( $a_c$ ), нахил світлової кривої фотосинтезу ( $a_\phi$ ), онтогенетичну криву фотосинтезу ( $\alpha_\phi$ ), температурну криву фотосинтезу ( $\Psi_\phi$ ) є сортовими характеристиками. Вони відображають розходження у фотосинтетичній здатності різних груп стиглості сортів. Ці параметри визначено нами на основі даних, опублікованих у роботах [129, 9, 131-132].

Чисельні значення параметрів інтенсивності потенційного фотосинтезу ( $\Phi_{pot}$ ), нахилу вуглекислотної кривої фотосинтезу ( $a_c$ ), нахилу світлової кривої фотосинтезу ( $a_\phi$ ) і суми температур, необхідні для визначення параметрів онтогенетичної кривої фотосинтезу ( $\alpha_\phi$ ), приведені в табл. 2.5.

**Таблиця 2.5 – Основні параметри блоку фотосинтезу з урахуванням особливостей сортів і гібридів кукурудзи за скоростиглістю**

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення для різних груп сортів
Фотосинтезу і дихання	$\Phi_{pot}$ – інтенсивність потенційного фото-синтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{година}^{-1}$	ранньостиглі 55
			середньоранні 65
			середньостиглі 70
			середньопізні 80
			пізньостиглі 85
Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення для різних груп сортів
	$a_c$ – нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{година}^{-1} / \text{м} \cdot \text{м}^{-3}$	ранньостиглі 45
			середньоранні 48
			середньостиглі 52
			середньопізні 55
			пізньостиглі 60
	$a_\phi$ – нахил світлової кривої фотосинтезу	$\text{мгСО}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1} / \text{Дж} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$	ранньостиглі 300
			середньоранні 325
			середньостиглі 340
			середньопізні 385
$\alpha_\phi$ – сума температур для визначення онтогенетичної кривої фотосинтезу	$^{\circ}\text{C}$	ранньостиглі 520	
		середньоранні 600	
		середньостиглі 630	
		середньопізні 660	
пізньостиглі 720			

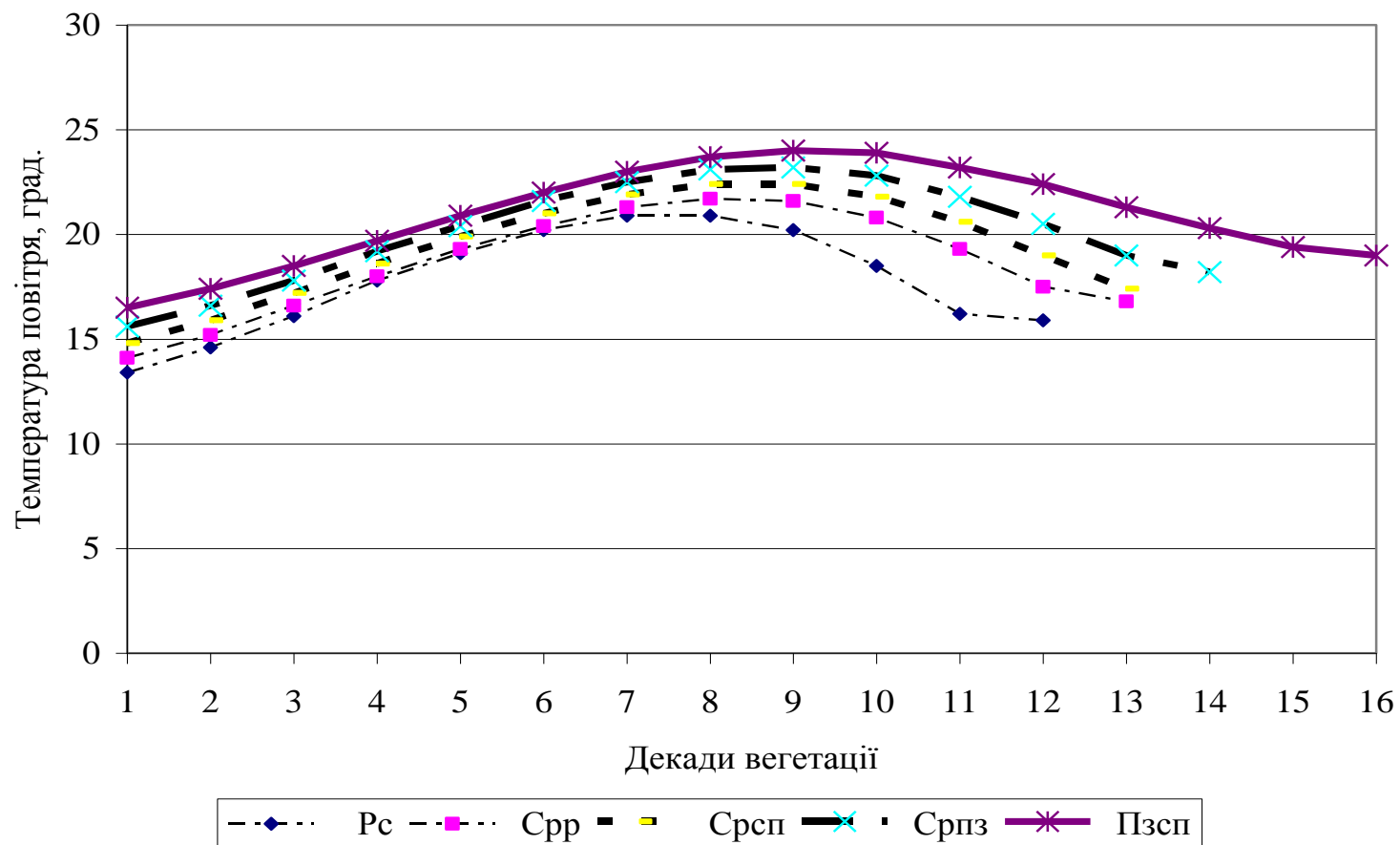


Рисунок 2.4 – Динаміка оптимальних значень температури повітря для фотосинтезу ранньостиглих (Рс), середньоранніх (Срр), середньостиглих (Срст), середньопізніх (Српз) та пізньостиглих (Пзсп) сортів і гібридів кукурудзи.

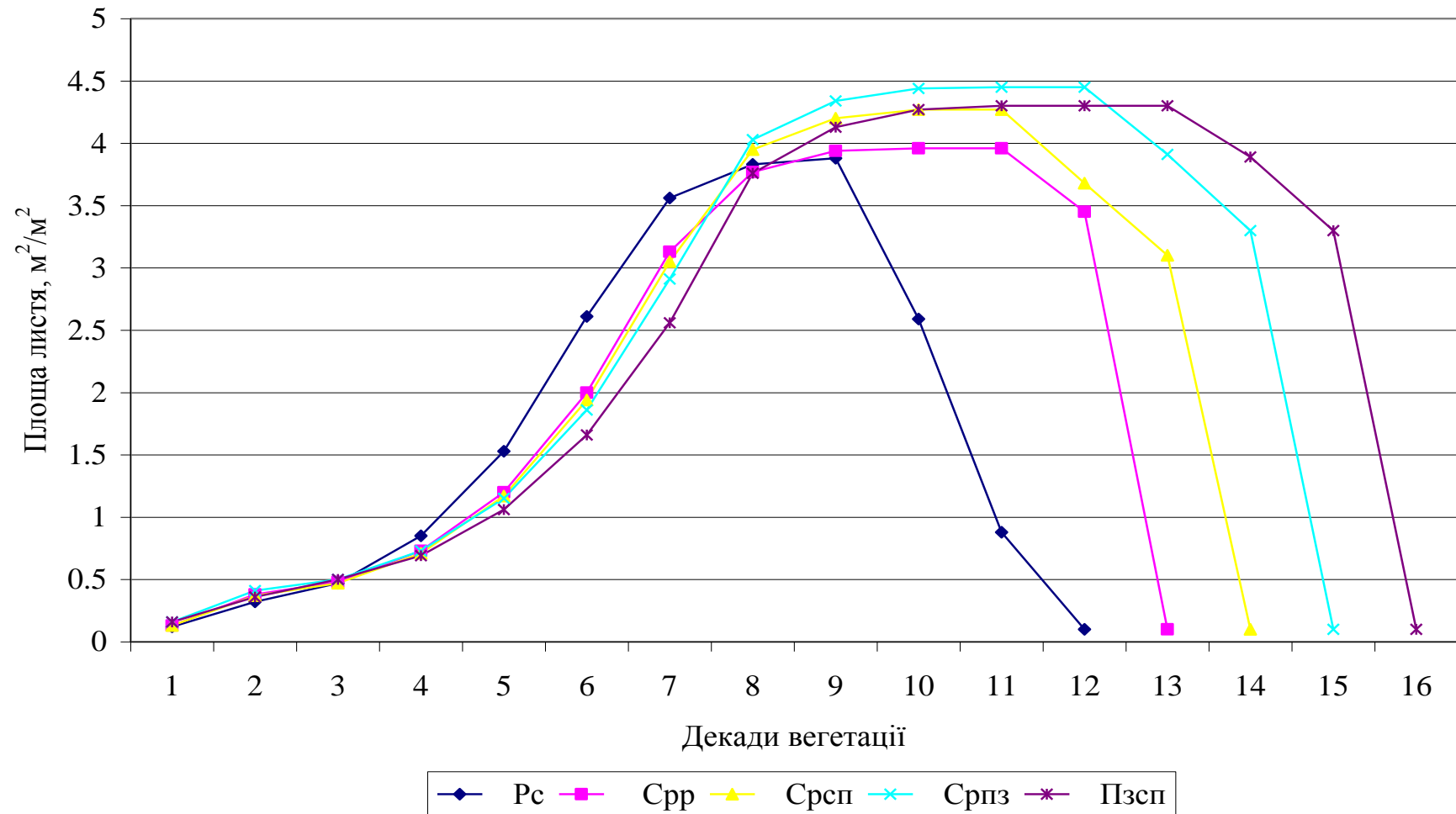


Рисунок 2.5 – Динаміка відносної площі листя ранньостиглих (Rc), середньоранніх (CpP), середньостиглих (Ccpz), середньопізніх (Ccpz) та пізньостиглих (Pzsp) сортів і гібридів кукурудзи. Середні багаторічні дані. Дніпропетровська область.

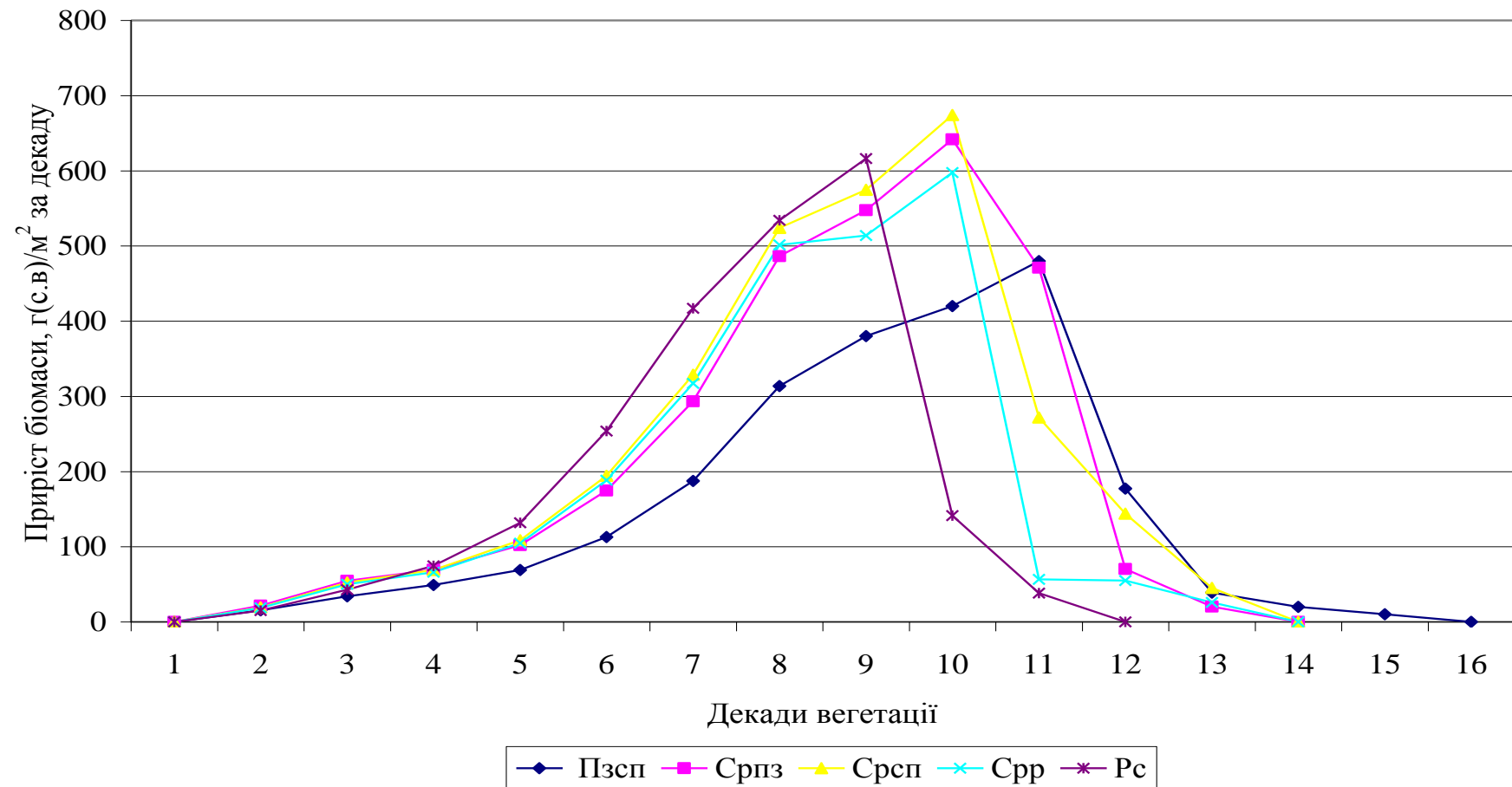


Рисунок 2.6 – Динаміка приростів загальної біомаси ранньостиглих (Рс), середньоранніх (Срр), середньостиглих (Срст), середньопізніх (Српз) та пізньостиглих (Пзст) сортів і гібридів кукурудзи. Середні багаторічні дані.  
Дніпропетровська область.



Як було вказано у розділі 2.1 при моделюванні продукційного процесу рослин розглядається зміна оптимальних температур повітря для фотосинтезу впродовж вегетації. Природно, що рівні оптимальних температур для фотосинтезу рослин кукурудзи різних за стиглістю груп сортів і гібридів будуть дещо відрізнятися (рис.2.4). Особливо це помітно для крайніх варіантів сортів.

Як приклад можливості застосування адаптованої до конкретних груп сортів і гібридів за скоростиглістю моделі було виконано розрахунки для ґрунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області, деякі результати яких представлені на рис. 2.5 і рис. 2.6. Як видно із представлених даних, досить добре простежується сортова реакція у динаміці площі листкової поверхні і формуванні приростів біомаси рослин. Розходження в абсолютних значеннях величин і ході їхньої зміни у період вегетації особливо чітко простежуються при порівнянні показників фотосинтетичної продуктивності ранньостиглих і пізньостиглих груп сортів і гібридів.

### 3 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР СТОСОВНО КОНКРЕТНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ЗОН

У відповідності з описаною структурою моделі її параметри поділені на чотири групи:

1. Параметри для розрахунку інтенсивності фотосинтезу;
2. Параметри для розрахунку інтенсивності дихання;
3. Параметри для розрахунку динаміки біомаси окремих органів і всієї рослини, площі асимілюючої поверхні;
4. Параметри агрометеорологічного блоку, до якого входять значення коефіцієнтів рівнянь регресії для розрахунку середньої за світлу пору доби температури повітря.

**Параметри блоку фотосинтезу.** До групи параметрів блоку фотосинтезу входять параметри, які характеризують інтенсивність протікання процесу фотосинтезу під впливом факторів, що безпосередньо беруть участь у самому процесі, а також ті, що відображають умови здійснення процесу. Останні є функціями впливу факторів середовища на інтенсивність процесу фотосинтезу.

Цю групу складають параметри світлової кривої фотосинтезу  $k$ ,  $b$  (рис. 3.1) та  $\psi_{\delta}$ ,  $\gamma_{\delta}$  – функції впливу температури повітря і вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу.

Загальний вигляд світлової кривої фотосинтезу наведено на рис. 3.1

Параметр  $k$  характеризує плато світлової кривої, а параметр  $b$  – нахил світлової кривої фотосинтезу при незначних інтенсивностях ФАР і знаходиться як тангенс кута нахилу світлової кривої.

Для озимого жита:  $k = 15 \text{ мг CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$ ;

$b = 555,6 \text{ мг CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.}) / (\text{кал} / \text{см}^2 \cdot \text{хв})$ .

Для озимої пшениці, ярого ячменю та вівса  $k = 25 \text{ мг CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$ ;

$b = 581,4 \text{ мг CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.}) / (\text{кал} / \text{см}^2 \cdot \text{хв})$ .

Врахування впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу проводиться через температурну криву фотосинтезу  $\psi_{\delta}$ , яка будувалась по відношенню температури поточної доби до температури світлої пори доби, коли здійснюється фотосинтез (рис. 3.2).

Крайні та оптимальні середньодобові температури повітря для фотосинтезу отримані для різних культур: озимого жита –  $20^\circ\text{C}$ , озимої пшениці, ярого ячменю та вівса –  $22^\circ\text{C}$ .

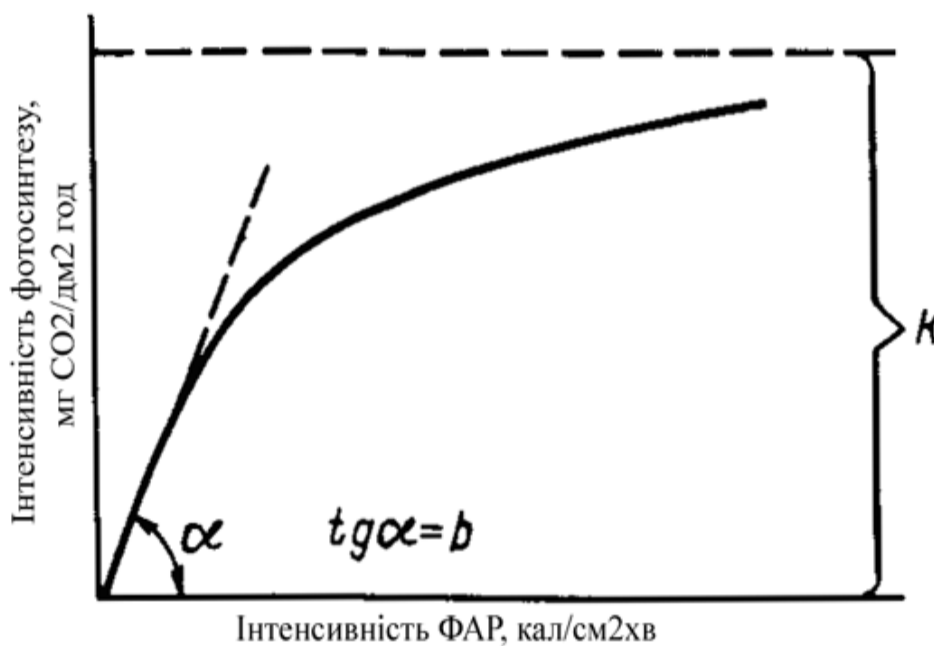


Рисунок 3.1 – Параметри світлової кривої фотосинтезу.

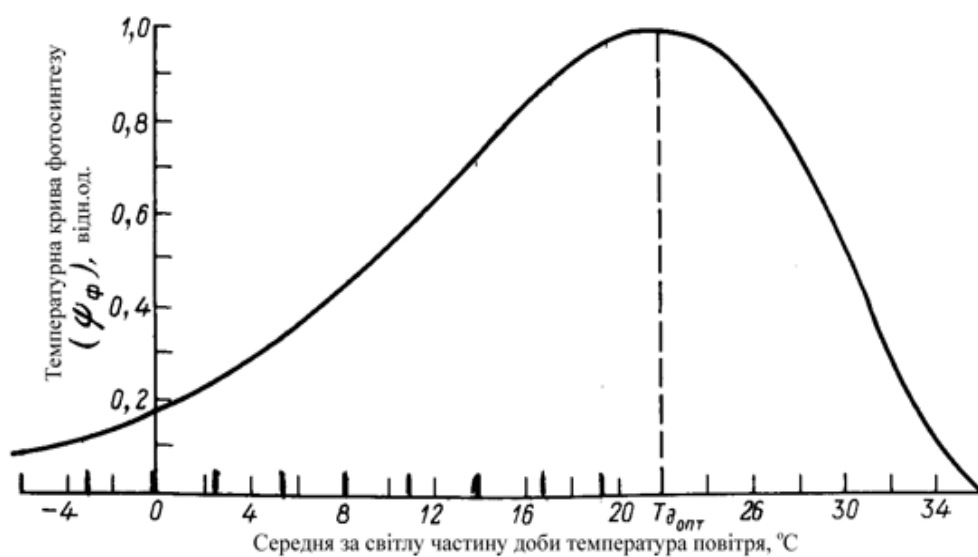


Рисунок 3.2 – Температурна крива озимої пшениці:

$T_{д\text{ опт}}$  – оптимальна середня за світлий час доби температура повітря для фотосинтезу озимої пшениці.

Функції впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу  $\gamma_{\phi}$  визначені окремо для супіщаних та суглинистих ґрунтів (рис. 3.3).

Крім того, для розрахунку фотосинтезу використовується також параметр, який характеризує вплив зміни фізіологічного віку листа на інтенсивність фотосинтезу, – онтогенетична крива фотосинтезу  $\alpha_\phi$ , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

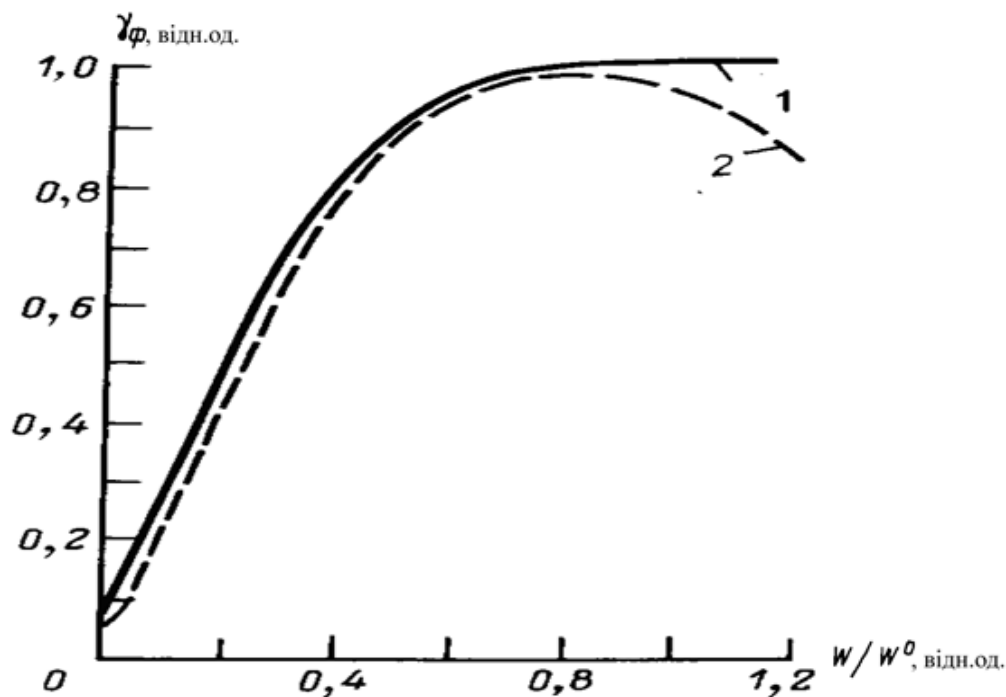


Рисунок 3.3 – Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез:

1 – супіщаний ґрунт; 2 – суглинковий ґрунт;  $W$  – запаси (мм) продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см;  $W^0$  – найменша вологоємність ґрунту в шарі ґрунту 0 – 50 см або найбільші запаси (мм) вологи у ґрунті в шарі ґрунту 0 – 50 см протягом трьох перших декад після відновлення вегетації (сходів).

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива (рис. 3.4), яка описується виразом

$$\alpha_\phi^j = l - a \left( \frac{TS_2 - \sum t_l^1}{10} \right)^2, \quad (3.1)$$

де параметр  $a$  визначається за допомогою формули:

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1}, \quad (3.2)$$

де  $TS_2$  – сума ефективних температур наростаючим підсумком;

$\sum t_l^1$  – сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листя;

$\alpha_{\phi}^j = 0,5$  – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливої на початок вегетації при  $TS_2 = 0$ .

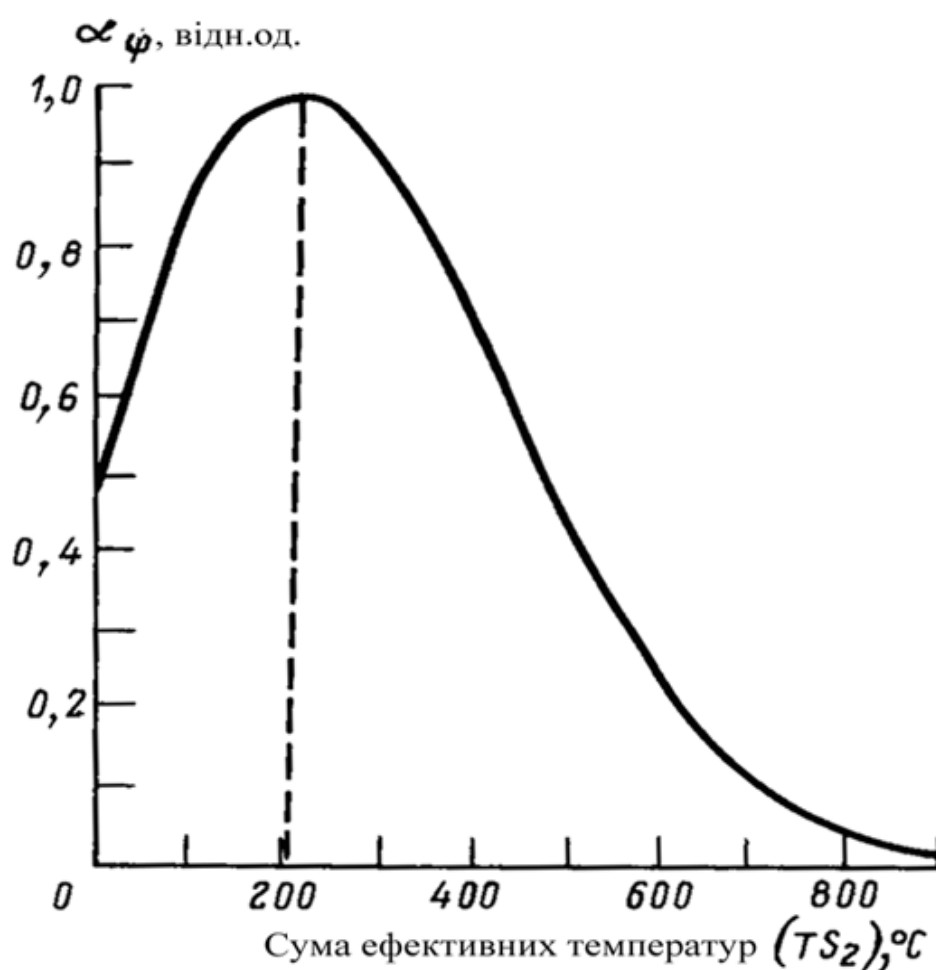


Рисунок 3.4 – Онтогенетична крива фотосинтезу.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої фотосинтезу будь-якої культури для конкретної території, тобто суми температур, що визначає це положення, необхідно за даними Агрокліматичного довідника розрахувати середні по області багаторічні дати відновлення вегетації (сходів) та воскової стиглості і визначити

середню багаторічну суму ефективних температур вище 5 °С за цей період  $\sum t_4$ . Четверта частина цієї суми буде значенням  $\sum t_l^1$ .

**Параметри блоку дихання.** До цієї групи параметрів відноситься коефіцієнт витрат на підтримку структур  $C_1 = 0,015$  та коефіцієнт витрат на конструктивне дихання  $C_2 = 0,28$ . Сюди також входить параметр, що характеризує вплив зміни віку органів на інтенсивність процесу дихання – онтогенетична крива дихання  $\alpha_R$ , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої дихання, тобто суми температур, яка визначає це положення ( $\sum t_l^3$ ), необхідно скористуватись сумою ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до воскової стиглості. Четверта частка цієї суми буде складати  $\sum t_l^3$ . Сума  $\sum t_l^3$  дорівнює  $\sum t_l^1$ .

**Параметри блоку росту.** Головним блоком прикладних динамічних моделей формування урожаю є блок росту. Параметри цього блоку визначаються по кожній культурі для конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту  $\beta_i$  та функції періоду репродуктивного росту  $v_i$ . У відповідності з роботами Х. Тоомінга функції періоду вегетативного росту визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_{l,s,r,p} \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r \quad (3.3)$$

та показують частку сумарного приросту всієї рослини, який приходить на  $i$ -й орган; інші – функції періоду репродуктивного росту

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r \quad (3.4)$$

показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного вегетативного органа після закінчення його росту в репродуктивні органи.

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів у прикладних моделях формування урожаїв полягає в тому, що динаміка біомаси із кожного органу у відносних одиницях наводиться у вигляді сім'ї кривих (рис. 3.5), точки перегину яких  $\sum t_i^2$ ,  $i \in l, s, r, p$  збігаються з сумами температур, які дорівнюють половині всієї суми, необхідної для завершення росту кожного органу. Наведена на осі абсцис сума

представляє собою суму температур, з якої починається ріст репродуктивних органів.

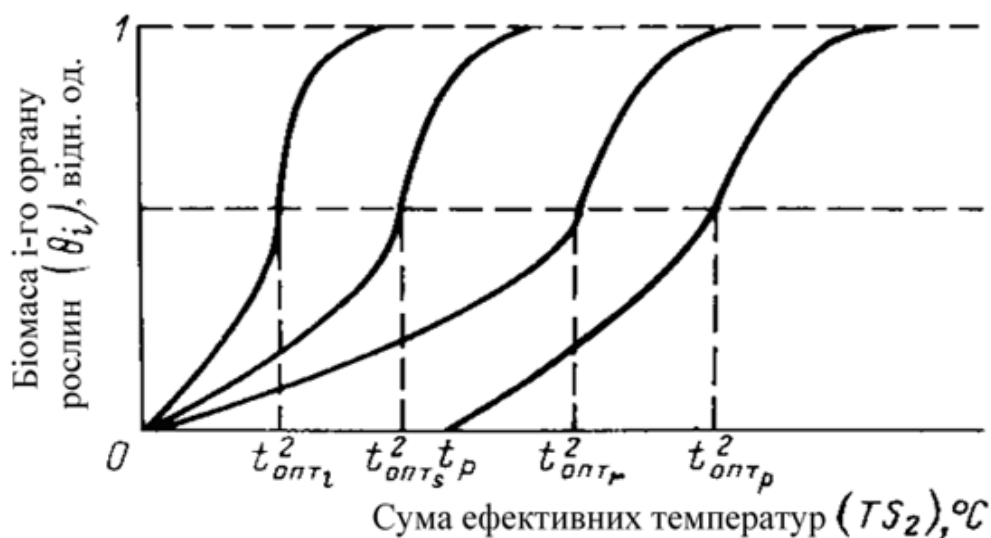


Рисунок 3.5 – Динаміка накопичення біомаси окремих органів рослини:

$\sum t_l^2$ ,  $\sum t_s^2$ ,  $\sum t_r^2$ ,  $\sum t_p^2$  – суми температур, які дорівнюють половині суми температур, що необхідна для завершення росту відповідного органу рослини:  $l$  – листя;  $s$  – стебел;  $r$  – коренів;  $p$  – колосся;  $\sum t_p$  – температура, з якої починається ріст колосся.

Якщо описати кожен криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт  $c_i$ , який характеризує частку органу в загальній біомасі під час дозрівання, то дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту:

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum_i \Delta\theta_i}, \quad (3.5)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4,6052 \cdot 10 \cdot \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}{\sum t_i^2 \left( 1 + 10 \cdot \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2} \right)}$$

$$i \in l, s, r, p,$$

де  $\sum t_i^2$  – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органу;

$c_i$  – коефіцієнт співвідношення різних органів в рослині на час дозрівання.

Загальний вигляд ростових функцій періоду вегетативного росту показано на рис. 3.6

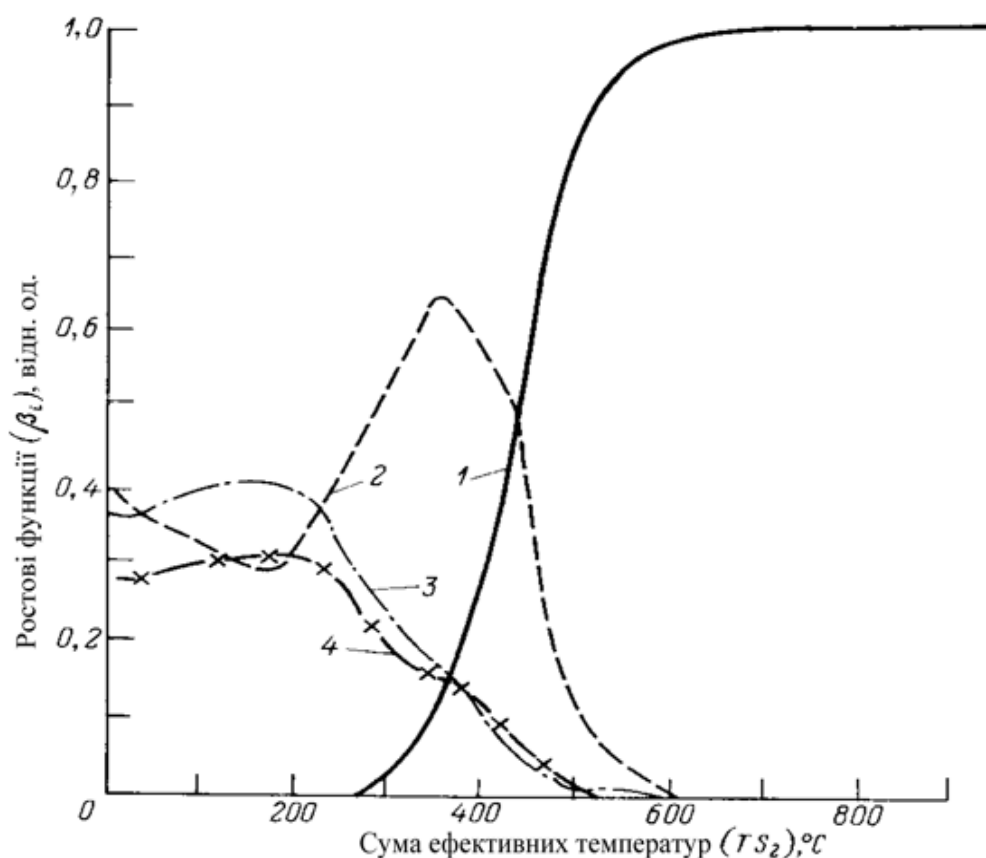


Рис. 3.6 – Ростові функції періоду вегетативного росту озимої пшениці:  
1 – репродуктивних органів ( $\beta_p$ ); 2 – стебел ( $\beta_s$ ); 3 – листя ( $\beta_l$ ); 4 – корені ( $\beta_r$ ).

Перерозподіл «старих» асимілятів із листя, стебел та коріння у репродуктивні органи починається з моменту закінчення росту кожного з цих органів. Ростові функції періоду репродуктивного росту  $v_i$  для кожного вегетативного органу знаходяться за виразом:

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (3.6)$$

$$i \in l, s, r, p$$



де  $TS_1$  – сума ефективних температур за будь-який інтервал часу (найчастіше за декаду).

Положення функцій періодів вегетативного та репродуктивного росту, що описують перерозподіл між органами рослин, визначається сумами температур, які необхідні для закінчення росту листя, стебел, коріння, початку росту колосу, настання воскової стиглості. Для визначення цих сум необхідно розрахувати середні по області багаторічні дати настання фази виходу у трубку, появи нижнього вузла соломини, колосіння, цвітіння та підрахувати середні багаторічні суми ефективних температур вище  $5\text{ }^\circ\text{C}$  за періоди: відновлення вегетації (сходи) – вихід у трубку  $\sum t_1$ ; відновлення вегетації (сходи) – колосіння  $\sum t_2$ ; відновлення вегетації (сходи) – цвітіння  $\sum t_3$ . Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції будь-якого органу, тобто сума  $\sum t_i^2$ , буде становити для листя  $(\sum t_l^2) - 1/2$  суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до колосіння; стебел –  $(\sum t_s^2) - 1/2$  суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до цвітіння; коріння –  $(\sum t_r^2)$  подібно до стебел. Сума  $\sum t_r^2$  дорівнює  $\sum t_s^2$ .

Необхідно визначити суму температур  $\sum t_p$ , з якої починається ріст репродуктивного органу – колосу. Ця сума визначається як середня з двох сум: суми температур за період від відновлення вегетації (сходів) до виходу у трубку та суми температур за період від відновлення вегетації до колосіння

$$\sum t_p = \frac{\sum t_1 + \sum t_2}{2} \quad (3.7)$$

Положення ростової функції колосу визначається сумою температур  $\sum t_p^2$ , яка визначається з виразу

$$\sum t_p^2 = \frac{\sum t_4 - \sum t_p}{2} + \sum t_p \cdot \quad (3.8)$$

Числові значення коефіцієнта  $c_i$  для різних культур наведено нижче:

Культура	$c_l$	$c_s$	$C_r$	$c_p$
Озиме жито	0,22	0,42	0,13	0,23
Озима пшениця	0,25	0,36	0,11	0,28
Ярий ячмінь	0,23	0,33	0,11	0,33
Овес	0,23	0,33	0,15	0,29

**Параметри агрометеорологічного блоку.** Для здійснення розрахунків за моделлю необхідно розрахувати середню за декаду температуру повітря за світлу пору доби, яка визначається по середній максимальній за декаду температурі повітря за формулою:

$$T_g = a_1 T_{\max} + a_o. \quad (3.9)$$

Параметри цього виразу  $a_o$ ,  $a_1$  окремо для кожного місяця вегетації визначені стосовно умов нечорноземної зони і наводяться нижче:

Параметр	Місяць вегетації					
	березень	Квітень	травень	Червень	Липень	серпень
$a_o$	-3,0	-1,365	-1,008	-1,081	0,559	-0,686
$a_1$	1,0	0,835	0,856	0,891	0,823	0,873

Різниця у добовому ході температури повітря не дозволяє без уточнення використовувати значення цих параметрів при розрахунках в інших ґрунтово-кліматичних умовах.

Для кожної кліматичної зони слід вибирати дві-три станції, дані спостережень яких надруковані у Метеорологічному щомісячнику. Для одержання стійких значень параметрів кожного місяця необхідно вибирати 3 – 4 роки з різними умовами термічного режиму (теплий, холодний та близький до норми).

Час сходу та заходу Сонця визначається за даними Довідника по клімату. За годинними спостереженнями розраховується середня за світлу пору доби температура повітря та виписується максимальна температура за день. Після цього визначається залежність середньої за день температури повітря від максимальної. Параметри  $a_o$  і  $a_1$  можуть бути визначені або з використанням методу найменших квадратів, або графічно після побудови графіка зв'язку  $T_g$  з  $T_{\max}$ .  $a_o$  – як відрізок, що відсікається на осі ординат  $T_g$ ,  $a_1$  – як тангенс кута нахилу прямої зв'язку  $T_g$  з  $T_{\max}$ .

**Приклад:** Визначення параметрів динамічної моделі формування урожайності сільськогосподарських культур. У відповідності з описаним вище параметри моделі для конкретної території визначаються на основі стандартної агрометеорологічної інформації так:

1. За даними довідника «Агрокліматичні ресурси області» визначаються середні багаторічні дати настання основних фаз розвитку ярого ячменю та вівса – сходи, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, воскова стиглість. Ці дані заносяться у робочі таблиці (табл. 3.1).

2. За даними цього ж таки Довідника розраховуються середні обласні значення середньої декадної температури повітря (табл. 3.2).

3. За даними табл. 3.1 і 3.2 визначаються суми ефективних температур вище 5 °С за міжфазні період: сходи – вихід у трубку; сходи – колосіння; сходи – цвітіння; сходи – воскова стиглість. При підрахунку сум температур за період сходи – цвітіння бувають випадки, коли в Довідниках не зазначена дата цвітіння. У таких випадках за період колосіння – цвітіння використовують суму температур для озимого жита 15 °С, для озимої пшениці 50 °С, ярого ячменю 100 °С, для вівса 100°С. Ці суми також заносяться у табл. 3.1.

4. За даними табл. 3.2 розраховуються суми температур, які становлять параметри моделі. Розрахунки проводяться в табл. 3.3.

На цьому визначення параметрів моделі закінчено.

Таблиця 3.1 – Дата настання фаз розвитку та суми ефективних температур вище 5 °С за міжфазні періоди основних сільськогосподарських культур

Культура	Дата настання фаз розвитку					$\Sigma t_1$	$\Sigma t_2$	$\Sigma t_3$	$\Sigma t_4$
	відновлення вегетації (сходи)	вихід в трубку	цвітіння	колосіння	воскова стиглість				
Озиме жито	6,05	10,06	22,06	–	10,08	70	150	150	640
Ярий ячмінь	3,06	29,06	14,07	–	14,08	180	330	215	640
Овес	4,06	4,07	20,07	27,07	23,08	230	390	505	700

Таблиця 3.2 – Середня багаторічна температура повітря за декаду

Травень			Червень			Липень			Серпень		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3,1	5,1	7,1	9,5	11,7	13,8	14,9	15,4	15,3	14,5	13,0	11,3

Таблиця 3.3 – Суми ефективних температур вище 5 °С, параметри моделі

Суми ефективних температур	Озиме жито	Яровий ячмінь	Овес
$\Sigma t_l^1 = 1/4 \Sigma t_4$	160	160	175
$\Sigma t_l^2 = 1/2 \Sigma t_2$	75	165	195
$\Sigma t_s^2 = 1/2 \Sigma t_3$	150	215	245
$\Sigma t_r^2 = \Sigma t_s^2$	150	215	245
$\Sigma t_p^2 = (\Sigma t_p^2 - \Sigma t_p^2) / 2 + \Sigma t_p$	110	255	310
$\Sigma t_p = (\Sigma t_1 - \Sigma t_2) / 2$	310	455	505
$\Sigma t_l^3 = \Sigma t_l^1$	160	160	175

Для виконання оцінки за моделлю необхідні такі середні по області дані:

1. Географічна широта центру області, в градусах з десятими.
2. Середня багаторічна дата відновлення вегетації (сходів) сільськогосподарської культури, відносно якої встановлюється кількість днів у першій декаді розрахунку та кількість днів від 20 березня до дня відновлення вегетації (появи сходів).
3. Середня багаторічна дата воскової стиглості культури, для якої встановлюється кількість днів у останній декаді розрахунку вегетаційного періоду.
4. Інформація за встановлений середній багаторічний вегетаційний період по розрахункових декадах:
  - кількість днів в декаді;
  - середня температура повітря за декаду;
  - максимальна температура повітря за декаду;
  - середня кількість годин сонячного сяйва за декаду;
  - середні багаторічні запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту за декаду.
5. Густина рослин на квадратний метр, яка необхідна для визначення початкових біомас окремих органів рослин та площі листя на декаду відновлення вегетації (сходів).
6. Інформація поточного року, така ж як і середня багаторічна, пунктів 1, 2, 3, 4. Інформація поточного року використовується відповідно до термінів оцінки: для озимих культур – від відновлення вегетації до 26

травня та 2 червня, для ранніх ярих – від сходів до 23 – 30 червня та 24 – 31 липня.

Середня по області оцінка агрометеорологічних умов вирощування культури та відповідне прогнозування середньої по області врожайності здійснюється за умови, що інформація усіх станцій, які ведуть спостереження за вологістю ґрунту, охоплює не менш ніж 70% загальної посівної площі. Майже завжди обмежений обсяг саме цієї інформації ускладнює прогнозування урожаїв сільськогосподарських культур на великих площах (область, край, республіка тощо).

Середні по області вологозапаси розраховуються як середньозважене з врахуванням відсотка площі  $P_i$ , яка зайнята культурою у кожному сільськогосподарському мікрорайоні області (по відношенню до загальної посівної площі культури в області).

Для одержання середньозважених по області вологозапасів  $\bar{W}$  необхідно:

– для кожного сільськогосподарського мікрорайону підрахувати середні вологозапаси шляхом звичайного осереднення даних усіх агрометеорологічних та гідрометеорологічних станцій  $\bar{W}_i, i = 1, 2, \dots, n$ ;

– середні вологозапаси по кожному мікрорайону помножити на відсоток площі  $P_i$ , яка зайнята культурою в цьому мікрорайоні.

Тоді середньозважені вологозапаси по області можна одержати як результат поділу суми отриманих перемножень на суму відсотків площі, яка зайнята культурою:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}. \quad (3.10)$$

**Приклад:** В області 5 мікрорайонів. Площі посіву по районах : 1–6; 2–22; 3–9; 4–44,5; 5–8,5 га. Для першого мікрорайону середні вологозапаси визначались за даними спостережень 2 станцій. Для другого мікрорайону – за даними 4 станцій. Для 3, 4 та 5 районів – по одній станції. У такому випадку середньозважені по області вологозапаси визначаються так

$$\begin{aligned} \bar{W} &= 6,0 \cdot \bar{W}_1 + 22,0 \cdot \bar{W}_2 + 9,0 \cdot \bar{W}_3 + 44,5 \cdot \bar{W}_4 + 18,5 \cdot \bar{W}_5 = \\ &= 6,0 + 22,0 + 9,0 + 44,5 + 18,5 \end{aligned}$$

У цьому прикладі є інформація про зволоження ґрунту на 85 % посівної площі.

Розрахунок середніх по області значень дат настання фаз розвитку, гущини рослин, середньої за добу та максимальної за декаду температури

повітря, кількості годин сонячного сьйва виконується шляхом простого осереднення даних спостережень усіх агро- та гідрометеорологічних станцій.

Таблиця 3.4 – Початкові дані

Географічна широта області 64,30° півн. ш.

Інформація	Озиме жито	Ярий ячмінь	Овес
Дата відновлення вегетації (сходи)	6,05/11,04	3,06/2,06	4,06/13,06
Дата воскової стиглості	10,08/10,08	14,08/14,08	23,08/23,08
Густота стояння рослин на 1м <sup>2</sup>	263/263	424/424	448/448
Найбільші за перші три декади запаси вологи у ґрунті	109/97	95/95	95/94

Для виконання розрахунків слід також підготувати середні по області багаторічні дані: середня за декаду максимальна температура повітря, середня кількість годин сонячного сьйва (табл. 3.5) та запаси продуктивної вологи у 0 – 50 см шарі ґрунту. Тут і в табл. 3.4 чисельник – середнє багаторічне, знаменник – поточна інформація на 20 червня 2011 р.

### 3.1. Підготовка вхідних даних для розрахунків за моделлю

Для виконання розрахунків створюється файл «modell.dat» (для прикладу цей файл наведено в додатку А, В).

Він складається наступним чином:

1. Перший рядок складається із чотирьох чисел:

- 1.1. назва пункту, для якого виконується розрахунок, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;
- 1.2. рік виконання розрахунку, пишуться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту;
- 1.3. дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року;
- 1.4. місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після дати.

Таблиця 3.5 – Початкова агрометеорологічна інформація

Вид інформації	Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Середня декадна температура повітря, °С	<u>3,1</u>	<u>5,1</u> 7,9	<u>7,1</u> 8,2	<u>9,5</u> 9,4	<u>11,7</u> 8,8	<u>13,8</u> 13,8	<u>14,9</u> 14,9	<u>15,4</u> 15,4	<u>15,3</u> 15,3	<u>14,5</u> 14,5	<u>13,0</u> 13,0	<u>11,3</u> 11,3
Середня за декаду максимальна температура повітря, °С	<u>8,2</u> –	<u>10,4</u> 13,6	<u>12,5</u> 14,4	<u>14,6</u> 15,4	<u>16,9</u> 16,4	<u>17,8</u> 17,9	<u>18,9</u> 18,9	<u>20,0</u> 20,0	<u>19,2</u> 19,2	<u>18,2</u> 18,2	<u>17,5</u> 17,5	<u>16,8</u> 16,8
Середня за декаду кількість годин сонячного сяйва	<u>7,1</u> –	<u>7,5</u> 14,9	<u>8,1</u> 12,0	<u>8,7</u> 5,3	<u>9,3</u> 6,7	<u>9,4</u> 9,4	<u>9,5</u> 9,6	<u>9,6</u> 9,6	<u>8,9</u> 8,9	<u>8,0</u> 8,0	<u>7,0</u> 7,0	<u>6,3</u> 6,3
Кількість днів у розрахункових декадах:												
озиме жито	<u>5</u> –	<u>10</u> 10	<u>11</u> 11	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>11</u> 11	<u>10</u> 10		
ярий ячмінь				<u>7</u> 9	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 11	<u>11</u> 10	<u>10</u> 4	<u>4</u> –	
овес				<u>6</u> –	<u>10</u> 8	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>11</u> 11	<u>10</u> 10	<u>10</u> 10	<u>3</u> 3
Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі ґрунту 0-50 см:												
озиме жито	<u>109</u> –	<u>95</u> 95	<u>97</u> 97	<u>86</u> 86	<u>83</u> 83	<u>76</u> 76	<u>75</u> 75	<u>73</u> 73	<u>68</u> 68	<u>72</u> 72		
ярий ячмінь				<u>95</u> 95	<u>94</u> 94	<u>85</u> 85	<u>76</u> 76	<u>65</u> 65	<u>67</u> 67	<u>65</u> 65	<u>73</u> 73	
овес				<u>95</u> –	<u>94</u> 94	<u>85</u> 85	<u>76</u> 76	<u>65</u> 65	<u>67</u> 67	<u>65</u> 65	<u>73</u> 73	<u>75</u> 75

2. Другий рядок складається з п'яти чисел:
- 2.1.  $n$  – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;
  - 2.2.  $t_0$  – кількість днів від 1 січня (начало відліку) до дня сходів (відновлення вегетації), число ціле, записується в трьох позиціях;
  - 2.3.  $N1$  – дата сходів (відновлення вегетації), число ціле, в трьох позиціях;
  - 2.4.  $N2$  – місяць сходів (відновлення вегетації), пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень и т. д.), ціле число, в трьох позиціях;
  - 2.5.  $\varphi$  – географічна широта пункту в градусах, хвилини виражаються в долях градуса. Десяткове число в шести позиціях з двома знаками після коми.
3. Третій рядок:  $t_s$  – масив середніх за декаду максимальних температур повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
4. Четвертий рядок:  $W_{m0}$  – масив запасів продуктивної вологи в півметровому шарі ґрунту (мм), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
5. П'ятий рядок:  $t_s$  – масив середньої за декаду температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
6. Шостий рядок:  $ss$  – масив інформації про кількість годин сонячного сьйва (середнє за один день декади), число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
7. Сьомий рядок: інформаційний масив –  $inf$ :
- 7.1.  $inf(1) - m_1^0$  – початкова маса листя на дату сходів (відновлення вегетації) ;
  - 7.2.  $inf(2) - m_s^0$  – початкова маса стебел на дату сходів (відновлення вегетації) ;
  - 7.3.  $inf(3) - m_r^0$  – початкова маса коренів на дату сходів (відновлення вегетації) ;
  - 7.4.  $inf(4)$  – початкова маса колосся;
  - 7.5.  $inf(5) - LL^0$  – початкова площа листя;
  - 7.6.  $inf(6)$  – нуль;
  - 7.7.  $inf(7)$  – найменша вологомiсткiсть ґрунту в пiвметровому шарi ґрунту, мм;
  - 7.8.  $inf(8) - \sum t_j^1$  – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу,  $^{\circ}\text{C}$ ;



7.9.  $\text{inf } (9) - \sum t_l^3$  – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої дихання, °С;

7.10.  $\text{inf } (10) - \sum t_l^2$  – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції листя, °С.

8. Восьмий рядок – містить десять чисел:

8.1.  $\text{inf } (11) - \sum t_s^2$  – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції стебел, °С;

8.2.  $\text{inf } (12) - \sum t_{rl}^2$  – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції коренів, °С;

8.3.  $\text{inf } (13) - \sum t_{pl}^2$  – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції колосся, °С;

8.4.  $\text{inf } (14) - \sum t_p$  – сума ефективних температур для розрахунку часу початку росту колосся, °С;

8.5.  $\text{inf } (15)$  – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

8.6.  $\text{inf } (16)$  – початок онтогенетичної кривої дихання, відн. од.;

8.7.  $\text{inf } (17)$  – нуль ;

8.8.  $\text{inf } (18)$  – нуль ;

8.9.  $\text{inf } (19) - 2$  ;

8.10.  $\text{inf } (20)$  – питома поверхнева щільність листя,  $\text{г/м}^2$  .

9. Дев'ятий рядок – містить вісім чисел:

9.1.  $\text{inf } (21) - c_1$  доля листя в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.2.  $\text{inf } (22) - c_s$  доля стебел в загальній масі урожаю , відн. од.;

9.3.  $\text{inf } (23) - c_r$  доля коренів в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.4.  $\text{inf } (24) - c_p$  доля колосся в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.5.  $\text{inf } (25) - k$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації  $\text{CO}_2$  ,  $\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \text{ год.}$ ;

9.6.  $\text{inf } (26)$  – початковий схил світлової кривої фотосинтезу,  $(\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \text{ год.}) / (\text{кал}/\text{см}^2 \text{ хв})$ ;

9.7.  $\text{inf } (27) - \text{VN}$  – біологічний нуль культури, °С;

9.8.  $\text{inf } (28) - T_{\text{opt}}$  – оптимальна середньоденна за декаду температура повітря для фотосинтезу, °С;

Приклад створення файлу для виконання розрахунків приведено в додатку А.

### 3.2. Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ

Виконання розрахунків по моделі проводиться після створення файлу «modell.dat» з допомогою файлу «modell.exe», який створюється на етапі розробки моделі шляхом компіляції програми моделі. Для виконання розрахунків курсор ставиться на файл «modell.exe» і виконується розрахунок.

Результати розрахунків виводяться у вигляді файлу «resalt1.dat» (Додаток Б). Він містить у собі початкову інформацію, а також результати розрахунків по програмі за кожен декаду вегетаційного періоду.

В розрахункових декадах прийнято слідуюче позначення символів:

ml – біомаса листя,  $\text{г/м}^2$  ;

ms – біомаса стебел,  $\text{г/м}^2$  ;

mr – біомаса коріння,  $\text{г/м}^2$  ;

mp – біомаса репродуктивних органів (колосу),  $\text{г/м}^2$  ;

m – біомаса всієї рослини,  $\text{г/м}^2$  ;

LL – площа листя  $\text{м}^2/\text{м}^2$  ;

q – сумарна сонячна радіація,  $\text{кал}/(\text{см}^2 \text{ д})$ ;

ts1 – ефективна температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

ts2 – сума ефективних температур,  $^{\circ}\text{C}$ ;

fl – денний фотосинтез посіву на одиницю площі,  $\text{г}/(\text{м}^2 \text{ д})$ ;

ksifl – функція впливу температури на фотосинтез, відн.од.;

gamf – функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез, відн. од.;

bl – ростова функція листя, відн. од.;

bs – ростова функція стебел, відн.од.;

br – ростова функція коріння, відн. од.;

bp – ростова функція репродуктивних органів (колосу), відн. од.;

afl – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

arl – онтогенетична крива дихання, відн. од.

## ВИСНОВКИ

Як відомо основним показником ефективності вирощування будь-якої культури є урожайність, тобто показник, який характеризує обсяг вирощеної продукції з одиниці площі. Урожайність є результативним показником, який залежить від великого числа факторів. До них належать: в першу чергу кліматичні фактори (сума активних температур, кількість опадів, їх розподіл по періодам вегетації), якість ґрунтів, а найбільш значний вплив має ступінь розвитку господарювання (вплив попередників, внесення добрив, основний та передпосівний обробіток ґрунту, застосування агротехнічних та хімічних засобів догляду за рослинами, вибір сортів, а також технологія та умови збирання).

Звичайно, основним фактором, що визначає урожайність є прийоми вирощування, адже одних лише природних умов недостатньо для одержання високих врожаїв, що вже й казати про вирощування в несприятливих умовах. Лише чітке додержання технології дозволяє отримати запланований урожай необхідної (високої) якості. Безумовно сільське господарство, а особливо рослинництво є найбільш залежною, від природних (погодних) умов галуззю, але творче використання технологічних рекомендацій та науковий пошук дозволяють, якщо не перебороти, то хоча б дещо послабити вплив природи.

Розвиток моделювання продукційного процесу рослин дозволив створити на основі цих моделей прикладні моделі формування урожайності сільськогосподарських культур. На основі прикладних моделей відкрилась можливість вести оцінку агрометеорологічних умов формування продуктивності сільськогосподарських культур та прогнозування їх врожайності. Оцінка умов включає в себе багатосторонню кількісну оцінку впливу основних факторів навколишнього середовища (світло, тепло, волога мінеральне живлення) на основні процеси життєдіяльності рослин – фотосинтез, дихання, ріст та розвиток. Як показники стану посівів сільськогосподарських культур приймається показники фотосинтетичної діяльності посівів, що обумовлюють процес формування урожаю: площа асимілюючої поверхні, динаміка біомаси органів, чиста продуктивність фотосинтезу. При кількісній оцінці впливу агрометумов враховується вплив екстремальних умов на продукційний процес рослин, таких як посухи, суховії, перезволоження, полягання посівів, „стікання” зерна. Одночасно розраховуються характеристики вологозабезпеченості посівів у вигляді відношення сумарного випаровування до випаровуваності, а також запасів продуктивної вологи в шарі 0-100 см, до найменшої вологості.

Ці основні положення явились підґрунтям для розробки моделі формування урожаю сільськогосподарських культур на базі якої буде виконано розробку методу прогнозування урожайності кукурудзи.

Складність розробок прогнозування урожаю сільськогосподарських культур викликає необхідність вести широкі пошукові дослідження. Розроблено досить багато динамічних моделей продуктивності різних

сільськогосподарських культур, що дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результату основних фізіологічних процесів. Однак практичне використання цих моделей, їх оперативність та впровадження в практику ускладнено низкою об'єктивних причин, насамперед їх невідповідністю вимогам технологічності для включення в Автоматизоване робоче місце агрометеоролога (АРМ-АГРО).

Як теоретичну основу для запропонованої в роботі моделі використана базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур. В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового, водного балансів і балансу біомаси (вуглеводів і азоту) у рослинному покриві в системі "навколишнє середовище – рослина". Модель реалізована з декадному розрізі, стикована з оперативною декадною агрометеорологічною інформацією і є основою оперативного агрометеорологічного моніторингу посівів сільськогосподарських культур.

Проведено адаптацію та модифікацію базової моделі продуктивності посівів сільськогосподарських культур А.М. Польового стосовно культури кукурудзи. Моделюється вплив агрометеорологічних умов на основні процеси життєдіяльності рослин; фотосинтез, дихання, ріст та розвиток рослин, процеси прискореного розвитку та старіння рослин за стресових умов, розподіл асимілятів у вегетативні та репродуктивні органи, формування урожаю зерна. При моделюванні враховані біологічні особливості сортів та гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Чисельні значення параметрів моделі були визначено у розрізі основних ґрунтово-кліматичних зон України – Полісся, Лісостеп, південний і північний Степ, Прикарпаття і Закарпаття. В основу визначення параметрівростових функцій було покладено полуемпіричний метод їхнього розрахунку і розрахунку по сумах температур за окремі міжфазні періоди.

Для кожної ґрунтово-кліматичної зони України ідентифіковано параметри моделі, що характеризують процеси фотосинтезу, дихання, розподілу асимілятів, росту і розвитку рослин кукурудзи. Проведено перевірку адекватності моделі за період 2001-2004 роки по 24 областях та АР Крим (100 випадків). Відносна похибка розрахунку загальної біомаси складає 18%, біомаси зерна - 16%.

Прогноз урожаю кукурудзи з практичної точки зору є доволі складним через велику кількість сортів і гібридів, які характеризуються великим діапазоном скоростиглості, відрізняються різними вимогами до термічних ресурсів, їм властиві різні темпи розвитку рослин і їхня фотосинтетична продуктивність. Врахування особливостей та закономірностей фізіології фотосинтезу, росту, розвитку і продуктивності рослин кукурудзи в сортовому розрізі відкривають можливості створення динамічної моделі стосовно до конкретної групи сортів і гібридів за стиглістю цієї культури, що підвищить якість оцінок формування та прогнозів урожаю.

Як приклад можливості застосування адаптованої до конкретних груп сортів і гібридів за скоростиглістю моделі були виконані розрахунки для

грунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області. Представлені у роботі дані досить добре простежують сортову реакцію у динаміці площі листової поверхні і формуванні приростів біомаси рослин. Розходження в абсолютних значеннях величин і ході їхньої зміни у період вегетації особливо чітко простежуються при порівнянні показників фотосинтетичної продуктивності ранньостиглих і пізньостиглих груп сортів і гібридів.

Таким чином, є всі підстави вважати, що адаптована до конкретних сортів модель може бути використана для оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування урожаю різних за скоростиглістю сортів і гібридів кукурудзи, одержання кількісної оцінки сортової реакції на зміну цих умов.

Результати виконаної НДР будуть передані для впровадження в Український Гідрометеорологічний центр для включення в АРМ-агрометеоролога і використання при агрометеорологічному забезпеченні сільського господарства України, а також використано в начальному процесі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Циков В.С. Кукуруза: технология, гибриды, семена. – Днепропетровск: Издательство Зоря, 2003. – 296 с.
2. Третьякова Н.Н. Практикум по физиологии растений. - Москва: Агропромиздат, 1990. - 371 с.
3. Влох В.Г., Дубковецкий С.В., Киях Г.С., Онищук Д.М. Рослинництво: Підручник – К.: Вища школа, 2005. – 382 с.
4. Зінченко О.І. Рослинництво: Підручник – К.: Аграрна освіта, 2003.
5. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
6. Будыко М.И. Климат и жизнь. - Л.: Гидрометеиздат, 1971.– 472 с.
7. Будыко М.И., Ефимова Н.А. Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Ботанический журнал. – 1968. - Т.53.- №10.- С.1384-1389.
8. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1954. - 248 с.
9. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. –251 с.
- 10.Вериго С.А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве и оценка влагообеспеченности зерновых культур // Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. - Л.: Гидрометеиздат, 1957.- С. 143-165.
- 11.Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. –230 с.
- 12.Базилевич Н.И., Дроздов А.В., Родин Л.Е. Продуктивность растительного покрова земли, общие закономерности размещения и связь с факторами климата // Журнал общей биологии. - 1989.- №3. - С.261-271.
- 13.Чирков Ю.И. Обеспеченность фотосинтетической деятельности посевов некоторых сельскохозяйственных культур ресурсами климата и проблема урожая // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. - М.: Колос, 1970. - С.108-127.
- 14.Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 200 с.
- 15.Тооминг Х.Г., Росс Ю.К. Радиационный режим посева кукурузы по ярусам и описывающие его приближенные формулы. //Исследования по физике атмосферы. – 1964. – № 6. – С. 63–80.
- 16.Будаговский П.И., Росс Ю.К. Основы количественной теории фотосинтетической деятельности посевов // Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. - М.: Наука, 1966. - С. 51-58.
- 17.Константинов А.Р., Зойдзе Е.К., Смирнова С.И. Почвенно-климатические

- ресурси и размещение зерновых культур. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 328 с.
18. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем: Навчальний посібник. – К.: КНТ, 2007. – 348 с.
  19. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. - М.: Сельхозгиз, 1959.- 479 с.
  20. Сотченко В. С. Селекция кукурузы на устойчивость к вредным организмам и засухе / [В.С. Сотченко, В.Г. Иващенко, А.Г. Горбачева, Ю.В. Сотченко] // Вестник защиты растений. – Киев, 2009. – № 2. – С. 22-31.
  21. Кулик М.С. Оценка засушливых явлений // Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. - Л.: Гидрометеиздат, 1957. - С. 57-83.
  22. Сотченко В. С. Селекция кукурузы на устойчивость к вредным организмам и засухе / [В.С. Сотченко, В.Г. Иващенко, А.Г. Горбачева, Ю.В. Сотченко] // Вестник защиты растений. – Киев, 2009. – № 2. – С. 22-31.
  23. Коровин А.И., Корнеев В.А., Козлов Г.И. Разработка агрометеорологических методов оценки сортов для селекции растений на зимостойкость // Труды ВНИИСХМ. - 1981. - Вып.1. - С.70-76.
  24. Войко П.І. Кукурудза в інтенсивних сівозмінах – К.: Урожай, 1990. – 142 с.
  25. Чупіков М. М. Оцінка стабільності врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості / М. М.Чупіков, Н. С.Овсяннікова, Л. М. Чернобай // Научные труды Крымского государственного агротехнологического университета. Сельскохозяйственные науки. – Симферополь, 2005. – Вып. 91. – С.154-158.
  26. Городній М.М., Кохан С.С., Сметанська І.М., Сімцов Г.Л., /Формування врожаю і якості зеленої маси кукурудзи при систематичному внесенні добрив у сівозміні/ Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: 1998. – Вип. 5 – с. 238 – 242.
  27. Козубенко Л. В. Селекція гібридів кукурудзи різних груп стиглості в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва / [Л.В. Козубенко, М.М. Чупіков, Т.П. Камишан та інш.] // Селекція і насінництво. – Харків, 2007. – №94. – С. 3-10.
  28. Матийчук В.Г. Вредоносность и видовой состав возбудителей гнилей кукурузы / В.Г. Матийчук / Селекционно-генетические исследования кукурузы и сорго в Молдавии. – Кишинев: Щтиинца, 1989. – С.102-110.
  29. Методика Державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Офіційний бюлетень, №1. 2003–Ч.3. – 105 с.
  30. Заїка С.П. Скоростигла кукурудза. – К.: Урожай, 1987.
  31. Конторщиков А.О. Агрометеорологическая оценка условий формирования урожая сельскохозяйственных культур на примере яровой пшеницы // Труды ЦИП. - Вып.53. - С.82-95.
  32. Плотникова В.В. Оценка агроклиматических условий возделывания кукурузы на территории Рыбинского района // Вестник Приднестровского

- университета. – 1996.– № 1/4. –С.79-82.
- 33.Боян И.Г. Влияние агрометеорологических условий на урожайность зерна кукурузы // Научно-технический бюллетень ВИР. – Л., 1987. – Вып.168. – С.29–32.
  - 34.Полевой А.Н. Методы оценки агрометеорологических условий формирования продуктивности и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. В сб.: "Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища - 2000". Одесса, 2003, ч.І, с. 13-18.
  - 35.Конторщикова О.М. Оценка и прогноз агрометеорологических условий формирования урожая сахарной свеклы в Прибалтике и Белоруссии // Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1962. - С. 218-227.
  - 36.Цубербиллер Е.А. Агрометеорологические критерии суховея // Суховей, их происхождение и борьба с ними. - М.: изд. АН СССР, 1957. - С.45-58.
  - 37.Федосеев А.П. Климат и пастбищные травы Казахстана. - Л.:Гидрометеоиздат, 1964. - 317 с.
  - 38.Чирков Ю.И. Обеспеченность фотосинтетической деятельности посевов некоторых сельскохозяйственных культур ресурсами климата и проблема урожая // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. - М.: Колос, 1970. - С.108-127.
  - 39.Чирков Ю.И. Оценка агрометеорологических условий произрастания кукурузы // Труды ЦИП. - 1960. - Вып.98. - С.6-18.
  - 40.Пономарев Б.П. Оценка агрометеорологических условий произрастания яровой пшеницы в период формирования зерна // Труды ЦИП. - 1959. - Вып.88. - С.15-21.
  - 41.Поповская О.М. К методике оценки условий произрастания картофеля в центральных областях Европейской территории СССР // Труды ЦИП. - Вып.53. - С.43-58.
  - 42.Венцкевич Г.З. Об использовании для оперативных целей метода балловой оценки суточного комплекса условий погоды и увлажнения почвы в отношении формирования урожая яровой пшеницы // Труды ЦИП. – 1959. – Вып.88. – С.28-37.
  - 43.Зубарев Н.А. Методика оценки агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур (путем оценки аномалий) // Труды ЦИП. - 1959. - Вып.8. - С.37-57.
  - 44.Шиголев А. А. Температура как количественной агрометеорологический показатель скорости развития растений и некоторых элементов их продуктивности // Труды ЦИП. - 1957. - Вып.53. - С.75-83.
  - 45.Дмитриева Л.И., Сучкова А.В. Влияние погодных условий на урожайность яровых зерновых культур в Причерноморье // Метеорология, климатология и гидрология. - Киев, Одесса, 1989. -№ 25. С. 72-76.
  - 46.Дмитренко В.П., Строкач Н.К. Оценка влияния длительности неблагоприятных и опасных климатических явлений погоды на урожай зерновых культур в основные межфазные периоды развития // Труды Украинского регионального научно-исследовательского



- гидрометеорологического института. - 1992. - №224. - С.48-67.
47. Наумова А.В. Оценка агрометеорологических условий формирования продуктивности и метод прогноза урожайности зерна кукурузы в Причерноморье: Дисс. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. - Одесса, 1987. - 150 с.
48. Жуков В.А. Принципы оценки неблагоприятных погодных условий в системе "климат-урожай" с целью оптимизации размещения сельскохозяйственного производства // Труды ВНИИСХМ. - 1981. - Вып.4.- С.13-31.
49. Дмитренко В.П. О методике оценки агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур. //Труды УкрНИГМИ. - 1973. - Вып. 128. - С. 3-23.
50. Страшная А.И. Прогноз урожайности зерна кукурузы в экономических районах Европейской части СССР // Труды гидрометеорологического н.-и. центра СССР. - 1991. №325. - С.34-42.
51. Бринкен Д.А. Метод прогноза среднеобластной урожайности и валового сбора зеленой массы кукурузы на Среднем и Южном Урале // Труды Западно-Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института. - 1989. - №91. -С.79-84.
52. Витченко А.Н. Агроклиматическая оценка условий формирования урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы общественных и естественных наук. - Минск: Изд-во Вышэйшая школа, 1981. - С. 145-146.
53. Полевой А.Н. Динамико-статистических методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. //Метеорология и гидрология. - 1981. - №2. - С. 92-102.
54. Полевой А.Н., Адаменко Т.И. Моделирование формирования урожая кукурузы. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. - 2002, вип. 46. С. 149-154.
55. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // Тимирязевское чтение. - М.: Изд-во АН СССР, 1956. - С.1-93.
56. Польвий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. - Одеса, 2001. - 400 с.
57. Комоцкая Л.В., Ломцова О.Н. Усовершенствование метода долгосрочного прогноза урожайности зерна кукурузы в Черноземной зоне РСФСР // Тр. Гидрометеорол. н.- и. центра СССР. - 1991. - №325. - С.26-33.
58. Дмитренко В.П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории УССР // Труды УкрНИГМИ. - 1975. - Вып.139. - С.3-14.
59. Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. Методическое пособие.- Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 49 с.
60. Корнеева Л.И. Агроклиматические условия получения двух урожаев овса на зеленый корм и сено в Нечерноземной зоне РСФСР // Бюллетень ВИР. - 1987. - Вып.168.- С.42-47.
61. Образцов А.С., Цимбаленко И.М., Ким Н.А., Единбаев Д.В. Математическая модель урожайности кукурузы и ее использование в

- планировании кормопроизводства // Сельскохозяйственная биология. - 1983. №1. - С.90-98.
62. Приходько Е.А. Моделирование влияния агрометеорологических условий на формирование урожайности топинамбура // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 1988. – Вып.35. – С.223-231.
63. Пасов В.М., Аксарина Е.А., Лебедева В.М. Особенности циркуляции атмосферы в годы с различной урожайности кукурузы в США // Труды ВНИИСХМ. - 1991. - № 28. - С.62-81.
64. Пасов В.М., Лебедева В.М. Применение синоптико-статистического подхода при прогнозе урожайности зерна кукурузы в США с большой заблаговременностью // Труды Гидрометеорол. н.-и. центра СССР. - 1991. - № 125.
65. Пасов В.М., Перекальская Л.М. Особенности временной структуры колебаний урожаев зерновых культур в СССР и их использование в прогностических схемах // Труды ВНИИСХМ. - 1989. - №24. - С. 121-131.
66. Городній М.М., Кохан С.С., Сметанська І.М., Сімцов Г.Л., /Формування врожаю і якості зеленої маси кукурудзи при систематичному внесенні добрив у сівозміні/ Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: 1998. – Вип. 5 – с. 238 – 242.
67. Селянинов Г.Т. К вопросу о классификации сельскохозяйственных культур по климатическому признаку // Труды по с.-х. метеорологии. - 1930. - Вып.21. - №2. - С.130-174.
68. Росс Ю.К. Система уравнений для количественного роста растений // Фитоактинометрические исследования растительного покрова. - Таллин: Валгус, 1968. - С.64-89.
69. Andresen Jeffrey A., Dale Robert P., Fletcher Preckel Paul V. Prediction of county - level corn yields using an energy - crop growth index // Clim. - 1989. - №1. - С.48-56.
70. Baker C.h., Horrocks R.D. A computers simulation of corn grain production // Trans. ASAE. - 1973 - №6. - P.1027-1029.
71. Benci J.P., Runge E.C.A. Modelling corn production - yield sensitivity to temperature and precipitation // Agrometeorology Maize (Corn) Crop. - Geneva, 1977. - P.282-287. - WMO - № 481.
72. Blacklow W.M. Simulation model to predict germination and emergence of corn (Zea may L.) in an environment of changing temperature. - Crop. Soi., 1973. - №13. - P.604- 608.
73. Славов Н. Приложение на метода за агрометеорологично прогнозиране на добива от царевеизата // Сельскостопанска наука. - 1974. - Т.13. - №4. - С.31-36.
74. Curry R.B. Dynamic simulation of plant growth. I. Development of a model. - Trans., ASAE, 1971. - V.14. - №5. P.946-959.
75. Curry R.B., Chen L.N. Dynamic simulation of plant growth. 2. Incorporation of actual daily weather and partitioning of net photosynthate. - Trans. ASAE, 1971. - V.14. - №6. - P.1170-1174.
76. Erdos L. A termes szetbontasa a kornyeseinti tenuesok hatasanak aranyai

- szertint. - Poidrajzi Ertesito. - 1976. - V.25. - №1. - P.61-80.
- 77.Feddes R.A. et al. Simulation of field water use and crop yield. - Simulation Monographs, Pudos, Wageningen, 1978.- 189 p.
- 78.F.S. Da Mota. Weather - technology models for corn and soybeans in the south of Brazil // Agricultural Meteorology. - Amsterdam, Netherlands, 1983. - V.28. - P.49-64.
- 79.Hanks R.J. Model for predicting plant yields as influenced by water use // Agrom. J. - 1974. - 65.- P.660-665.
- 80.Horie T. Early prediction of corn yields from daily weather data and single predetermined seasonal constraints // Agricultural meteorology. - Amsterdam, Netherlands, 1982. - V.27. - №27. - №3-4. - P.191-207.
- 81.Hayes J.T. et al. A feasible crop yield model for worldwide international food production // Int. J. Biometeor. - 1982. - Vol.26. - №3. - P. 239-257.
- 82.Hubbard K.G., Hanks R.J. Climate model for winter yield simulation // J.Clim. and appl. meteor. - 1983. - №22. - P.698-703.
- 83.Keener H.E., Runge E.C.A., Klugh B.P. The testing of limited - data corn yield predictions // Appl. Meteorol. - 1980. - №11. -P.1245-1253.
- 84.Luo Y., Loomis R.S., Hsiao T.C. Simulation of soil temperature in crops // Agr. and Forest Meteorol. - 1992. - №1-2. - P.23-28.
- 85.Lytle W.F., Chu S.T. Limiting climatic factors for crops in South Dakota. - St. Joseph, Michigan, Paper №72. - 14p.
- 86.Nelson W.L., Dale R.F. Effects of trend technology variables // Journal of Applied Meteorology, USA. - 1978. - V.17. - №7. - P.926-933.
- 87.Radulovich Ricardo A. AQUA, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. Part 2. Regional yield prediction // Agr. and Forest Meteorol. - 1990. - V.52. - №3-4. - P.253-261.
- 88.Slabbers P.J. et al. Evaluation of simplified water-crop yield models // Agric. Water Management.- 1979.- №2. - P.95-129.
- 89.Splinter W.E. Corn growth model // ASAE Paper. - 1973. - №73 - 4535. ASAE st. Joseph, MI 49085.
- 90.Splinter W.E. Modeling of plant growth for yield prediction // Agric. Met. - 1974. -V.14. - №1/2. - P.243-245.
- 91.Stapper N., Arkin G.F. Simulating maize dry matter accumulation and yield components // ASAE Paper. - 1979. - N°4513. - P.1-20.
- 92.Thompson L.M. Multiple regression of weather and technology in crop production. - Weather and our food supply. - CAED Rept.20, UBA, 1964. - P.75-92.
- 93.Thornley J.H.M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. - London. - New York: A card. Press, 1976. - 318 p.
- 94.William L. Nelson, Robert P. Dalla. Effect of trend or technology variables and record period on prediction of corn yields with weather variables // Journal of Applied Meteorology. - 1978. - V.17. - №7. - P.926-933.
- 95.de Wit C.T. Transpiration and crop yields. - Versl Landbouw Onderz. (Agr. Res. rep.) 64.6. Gravenhage, 1958.- 88 p.

- 96.Сапожникова С.А., Мель М.И., Смирнова В.И. Агроклиматическая характеристика территории СССР применительно к культуре кукурузы // Труды НИИАК. – М., 1957. – Вып.2. – С.5-77.
- 97.Мищенко З.А. Методика агроклиматической оценки и среднемасштабного районирования территорий на основе продуктивности сельскохозяйственных культур // Метеорология и гидрология. – 1999. – №8. – С.87-98.
- 98.Мищенко З.А., Ляхова С.В. Региональная оценка агроклиматических ресурсов на территории Украины и урожай винограда // Метеорология, климатология и гидрология.– Одесса: 1999. – Вып.36. – С.100-118.
- 99.Селянинов Г.Т. К вопросу о классификации сельскохозяйственных культур по климатическому признаку // Труды по с.-х. метеорологии. - 1930. - Вып.21.- №2.- С.130-174.
100. Корнеева Л.И. Агроклиматическое обоснование размещения овса на Восточно-Европейской равнине // Бюллетень ВИР. - 1993. – Вып.231. - С.31-35.
101. Колосков П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК. - 1953. - Вып.23.– С.90-111.
102. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 247 с.
103. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. - М.: Колос, 1967. - 334 с.
104. Шашко Д.И. Методы бонитировки и экономической оценки земли (на основе учета агроклиматических условий) // Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование.- Л.:Гидрометеиздат, 1970. - С. 59-79.
105. Жуков В.А. К вопросу агроклиматического обоснования специализации в растениеводстве // Труды ВНИИСХМ.- 1989. - Вып.24. – С.51-59.
106. Жуков В.А. О некоторых проблемах агроклиматического обеспечения агропромышленного комплекса // Труды ВНИИСХМ. - 1989. – Вып.24. - С.6-17.
107. Жуков В.А. Принципы оценки агроклиматических ресурсов в задаче агроэкологического районирования // Труды ВНИИСХМ. - 1994. – Вып.30. - С.23-44.
108. Жуков В.А., Горбачев В.А. О некоторых задачах агроклиматологии // Труды ВНИИСХМ. - 1981.- Вып.4.- С.3-12.
109. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. - Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 207 с.
110. Зоидзе Е.К. О концепции сельскохозяйственной бонитировки климата в России // Труды ВНИИСХМ. - 1994.- Вып.30. - С.45-59.
111. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур.– Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
112. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование

- продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 318 с.
113. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – С.-П.: Гидрометеиздат: 1992. – 424 с.
  114. Малкина И.Г. Модель фенологического развития агроценоза кукурузы // Сб. Тр. ВНИИ системн. исслед. - 1990. - № 2.– С. 57-62.
  115. Куперман И.А., Хитрово Е.В. Дыхательный газообмен как элемент продукционного процесса растений. – Новосибирск: Наука, 1977. – 181 с.
  116. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Высшая школа, 1973. 255 с.
  117. Константинов А.Р., Уланова Р.Б. Почвенно-климатические условия и урожайность кукурузы // Труды ИЭМ, 1976. – Вып. 6 (57). – С. 44 – 57.
  118. Гойса Н.И., Строкач Н.К. Основы метода прогноза средней областной кукурузы в орошаемых условиях //Труды УкрНИИ, 1983. Вып. 191. – С. 52 – 57.
  119. Будаговский П.И., Росс Ю.К. Основы количественной теории фотосинтетической деятельности посевов // Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. - М.: Наука, 1966. - С. 51-58.
  120. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 232 с.
  121. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии. - М.: ВО Агропромиздат, 1990. - С. 303.
  122. Бихеле И.Г., Молдау Х.А., Росс Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 223 с.
  123. Тарчевский И.А. Основы фотосинтеза. – М.: Высшая школа, 1977. –256 с.
  124. Менжулин Г.В. Методы расчета фотосинтеза растительных сообществ при достаточном увлажнении // Труды ГТО. - 1968. - С. 5-35.
  125. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. //В кн.: Тимирязевское чтение. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 1–93.
  126. Рубин Б.А., Арциховская Е.В., Озерецковская О.Л. Дыхание растений. – Физиология сельскохозяйственных растений, т. 1. –М.: изд. МГУ,1967, с. 354-493.
  127. Галямин Е.П., Сиптиц С.О. Об использовании методов математического моделирования для расчета продуктивности сельскохозяйственных культур при различных режимах орошения // Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1974. – С. 145-149.
  128. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений // ДАН АН СССР. - 1966. - № 2. -С.481-483.
  129. Строгонова Л.Е. О фотосинтезе кукурузы в полевых условиях //В сб.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений.– М.: Изд-во АН СРСР, 1963. – С.-71-88 с.
  130. Адаменко Т.І. Чисельні експерименти з оцінки впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність посівів

- кукурудзи // Міжвідомчий науковий збірник України - Метеорологія, кліматологія та гідрологія –2004–Вип.48– С. 213-218.
131. Куперман И.А., Хитрово Е.В. Дыхательный газообмен как элемент продукционного процесса растений. – Новосибирск: Наука, 1977. – 181 с.
132. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Высшая школа, 1973. 255 с.
133. Чирков Ю.И. Обеспеченность фотосинтетической деятельности посевов некоторых сельскохозяйственных культур ресурсами климата и проблема урожая // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. - М.: Колос, 1970. - С.108-127.
134. Адаменко Т.І. Використання моделі продуктивності для оцінки умов вирощування та прогнозування середньообласного урожаю кукурудзи //Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія – Вінниця, 2004. – Вип..7. - С. 160-165.

## Додаток А

1

DNEPROPETROVSKAJ sr 20.3

13136 16 5 48.35

29.0000 27.0000 32.0000 25.0000 32.0000 23.0000 13.0000 09.0000

13.0000 12.0000 12.0000 11.0000 11.0000

139.0000 135.0000 140.0000 129.0000 151.0000 124.0000 089.0000 061.0000

067.0000 058.0000 054.0000 056.0000 056.0000

13.0 17.0 16.0 19.6 18.0 24.0 26.0 27.0 21.9 21.0 19.5 17.8 15.6

08.1 10.0 06.5 09.1 06.3 11.4 11.1 11.5 09.5 09.2 09.7 07.7 07.4

05.0 34.0 39.0 06.0 71.0 06.0 08.0 11.0 10.0 15.0 16.0 14.0 05.0

1.00 1.00 1.0 1.0 0.00 0.00 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0

05 11 10 10 10 10 10 11 10 10 11 10 05

0.030 0.030 0.035 0.002 10.000 1164.000 167.000 636.000 291.000 318.000

318.000 444.000 900.000 636.000 0.500 0.500 887.000 582.000 2.000 20.000

0.150 0.300 0.200 0.350 27.000 270.000 887.000 140.000 180.000 0.720

50.000 005.000 028.000 003.000 003.000 045.000 636.000 0.001 0.300 0.300

0.300 00.300 900.000 0.650 887.000 126.000 000.000 287.000 27.139 2.050

520.000 50.296 1.403 4.000 254.000 32.529 1.889 37.900 17.700

00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000

00.0000 00.0000 00.0000 00.0000 00.0000

06.0000 06.0000 05.0000 10.0000 05.0000 13.0000 16.0000 18.0000

12.0000 12.0000 11.0000 09.0000 07.0000

10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000

10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000

## Додаток Б

```

*****
MODEL FORMIROVANIJ UROGJAJ
SELSKOXOZJYSTVENNIX KULTUR
(k u k u r u z a)
*****
V X O D N A J I N F O R M A Z I J
*****
DNEPROPETROVSKAJ
n= 13
13136 16 5 48.35
wp0(zapasi wlagi v sloe 0-20 sm):
27.0000 26.0000 24.0000 23.0000 21.0000 19.0000 17.0000 15.0000
13.0000 12.0000 12.0000 11.0000 11.0000
wm0(zapasi wlagi v sloe 0-100 sm):
126.0000 123.0000 123.0000 117.0000 108.0000 101.0000 90.0000 78.0000
67.0000 58.0000 54.0000 56.0000 56.0000
ts(srednjj za dekadu temperatura vozduxa):
15.8 17.1 18.2 19.2 20.1 21.1 21.9 22.2 21.9 21.0 19.5 17.8 15.6
ss(srednee za dekadu chislo chasov solnechnogo sijnij):
7.6 9.0 9.1 9.2 9.5 9.8 10.0 10.8 9.5 9.2 9.7 7.7 7.4
os(summa osadkov za dekadu):
7.0 19.0 17.0 25.0 19.0 21.0 17.0 17.0 10.0 15.0 16.0 14.0 5.0
usl1(period vsxodi- 9-y list ):
1.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
usl2(period 9-y list - vimetivanie):
0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
usl3(period vimetivanij - polnaj spelost ):
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
usl4(period vimetivanie - plus mesjz posle):
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0
dv:
5 11 10 10 10 10 10 11 10 10 11 10 5
*****
inf(massiv parametrov modeli):
0.030 0.030 0.035 0.002 10.000 1164.000 167.000 636.000 291.000 318.000
318.000 444.000 900.000 636.000 0.500 0.500 887.000 582.000 2.000 20.000
0.150 0.300 0.200 0.350 27.000 270.000 887.000 140.000 180.000 0.720
50.000 5.000 28.000 3.000 3.000 45.000 636.000 0.001 0.300 0.300
0.300 0.300 900.000 0.650 887.000 126.000 0.000 287.000 27.139 2.050
520.000 50.296 1.403 4.000 254.000 32.529 1.889 37.900 17.700 0.000
pnor(norma vegetazionnogo poliva,mm):
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
dww(srednij za dekadu defizit vlagjnosti vozduxa,mb):
8.0000 9.0000 10.0000 10.0000 11.0000 12.0000 12.0000 12.0000
12.0000 12.0000 11.0000 9.0000 7.0000
hgr(uroven zaleganij gruntovix vod,m):
10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000
10.0000 10.0000 10.0000 10.0000 10.0000
*****
REZULTATI RASCHETOV
*****

```

## TABLIZA R.1.

-----  
SUXAJ BIOMASSA ORGANOV  
RASTENIY, J/-2  
-----

i d e k i c y t i m l i m s i m r i m p i m g i



---

i	1i	5	0.128	0.120	0.147	0.000	0.000
i	2i	16	5.489	0.409	3.939	0.000	0.000
i	3i	26	22.283	1.440	13.141	0.000	0.000
i	4i	36	60.653	5.040	32.653	0.000	0.000
i	5i	46	123.084	22.653	79.465	0.000	0.000
i	6i	56	165.865	105.188	159.740	0.000	0.000
i	7i	66	177.774	280.078	223.332	0.000	0.000
i	8i	77	171.419	457.533	259.035	102.821	66.834
i	9i	87	158.684	445.154	246.739	312.181	202.918
i	10i	97	148.413	416.328	230.762	362.949	235.917
i	11i	108	142.622	400.141	221.805	398.196	258.827
i	12i	118	140.110	393.205	218.033	420.950	273.617
i	13i	123	140.110	393.205	218.033	420.950	273.617

---

T A B L I Z A R.2.

---

PLOSHAD LISTJEV(LL-m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), SUMMI TEMPERATUR,  
FOTOSINTES(ftl-mgCO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>\*chas) I PRIROST MASSI(DM)

---

idekicyt i LL i q i ts1 i ts2 i f0l i ftl iDM(g/m<sup>2</sup>i

---

i	1i	5	0.10	418.419	5.800	29.000	19.057	8.992	0.02
i	2i	16	0.30	470.660	7.100	107.100	19.397	10.200	9.44
i	3i	26	0.65	480.865	8.200	189.100	19.024	11.701	27.03
i	4i	36	1.31	487.504	9.200	281.100	18.395	13.130	61.48
i	5i	46	2.26	497.736	10.100	382.100	17.404	13.876	126.86
i	6i	56	3.24	505.012	11.100	493.100	16.181	13.738	205.59
i	7i	66	3.54	505.870	11.900	612.100	15.103	12.849	250.39
i	8i	77	2.29	523.602	12.200	746.300	15.162	12.192	297.69
i	9i	87	1.84	466.153	11.900	865.301	16.101	12.194	174.80
i	10i	97	1.50	440.340	11.000	975.301	16.588	2.414	0.00
i	11i	108	0.85	437.304	9.500	1079.801	17.309	1.324	5.52
i	12i	118	0.09	350.551	7.800	1157.801	17.276	1.324	9.77
i	13i	123	0.01	324.799	5.600	1185.801	18.526	1.408	0.00
i	***	i	***	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00

---

T A B L I Z A R.3

---

WLAGOOBESPECHENOST I FUNKZII VLIJNIJ NA FOTOSINTES

---

idekicyti epot i GTK i Ftw1 i Ftw2i otwlagi eakt i(obob.fu nkz.vl.wlagi)i

---

i	1i	5i	20.980	0.886	0.909	0.909	0.564	13.508	0.826
i	2i	16i	53.066	1.010	0.908	0.908	0.559	32.581	0.824
i	3i	26i	49.469	0.934	0.919	0.919	0.612	29.858	0.844
i	4i	36i	50.267	1.302	0.935	0.935	0.695	30.793	0.874
i	5i	46i	51.498	0.945	0.931	0.931	0.724	30.597	0.866
i	6i	56i	52.373	0.995	0.906	0.906	0.651	27.787	0.821
i	7i	66i	52.476	0.776	0.861	0.861	0.526	23.830	0.742
i	8i	77i	60.069	0.696	0.804	0.804	0.395	22.500	0.647
i	9i	87i	47.700	0.457	0.757	0.757	0.322	15.367	0.574
i	10i	97i	44.597	0.714	0.766	0.766	0.307	13.762	0.587
i	11i	108i	48.655	0.746	0.765	0.765	0.316	15.365	0.585
i	12i	118i	33.800	0.787	0.766	0.766	0.300	10.596	0.587
i	13i	123i	15.352	0.641	0.760	0.760	0.285	4.771	0.578

---

-----  
 -----  
 T A B L I Z A R.4.  
 -----  
 -----

OPTIMALNNE TEMPERATURI I WLAGJNOST POCHVI  
 DLJ FOTOSINTESA  
 -----  
 -----

idekicyti ts i TOP1 i TOP2 iksifl i W0 i Wopn i Wopv i gamfl i gamfli

-----  
 -----  
 i 1i 5i 15.80 i 13.37 i 16.37 i 1.00 i 119.i 109.i 167.i 1.00 i 1.00 i  
 i 2i 16i 17.10 i 15.09 i 18.09 i 1.00 i 106.i 109.i 167.i 1.00 i 1.00 i  
 i 3i 26i 18.20 i 16.63 i 19.63 i 1.00 i 93.i 125.i 167.i 0.98 i 1.00 i  
 i 4i 36i 19.20 i 18.05 i 21.05 i 1.00 i 87.i 125.i 167.i 0.96 i 1.00 i  
 i 5i 46i 20.10 i 19.24 i 22.24 i 1.00 i 76.i 125.i 167.i 0.90 i 1.00 i  
 i 6i 56i 21.10 i 20.09 i 23.09 i 1.00 i 69.i 125.i 167.i 0.85 i 1.00 i  
 i 7i 66i 21.90 i 20.48 i 23.48 i 1.00 i 62.i 125.i 167.i 0.80 i 0.97 i  
 i 8i 77i 22.20 i 20.29 i 23.29 i 1.00 i 57.i 125.i 167.i 0.75 i 0.91 i  
 i 9i 87i 21.90 i 19.56 i 22.56 i 1.00 i 51.i 125.i 167.i 0.70 i 0.84 i  
 i 10i 97i 21.00 i 18.43 i 21.43 i 1.00 i 52.i 109.i 167.i 0.78 i 0.84 i  
 i 11i 108i 19.50 i 16.96 i 19.96 i 1.00 i 53.i 109.i 167.i 0.79 i 0.80 i  
 i 12i 118i 17.80 i 15.61 i 18.61 i 1.00 i 56.i 109.i 167.i 0.82 i 0.82 i  
 i 13i 123i 15.60 i 15.07 i 18.07 i 1.00 i 57.i 109.i 167.i 0.82 i 0.82 i  
 -----  
 -----

-----  
 -----  
 T A B L I Z A R.5.  
 -----  
 -----

O Z E N K A U S L O V I Y (otnosit.ediniz.  
 (snigienie urogaj za schet deystvij raznix faktorov)  
 -----  
 -----

idekicyti vsxod i 9-y i vimet ivimetizasu-iozenka GTK i wlogo-  
 idekicyti 9-y i list i poln. i 30 dni xa ipo periodam iobes-  
 idekicyti list i vimet i spel iposlei i 9-y ivimet ipechen  
 idekicyti dzvt i sdzv1 i sdzv2 i i c3 ivimeti pln.spi nost

-----  
 -----  
 i 1i 5i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.97 i  
 i 2i 16i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.97 i  
 i 3i 26i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 1.01 i  
 i 4i 36i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 1.05 i  
 i 5i 46i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 1.04 i  
 i 6i 56i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.97 i  
 i 7i 66i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.82 i  
 i 8i 77i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.65 i  
 i 9i 87i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.57 i  
 i 10i 97i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.59 i  
 i 11i 108i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.59 i  
 i 12i 118i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.59 i  
 i 13i 123i 1.00 i 1.00 i 1.00 i 0.99 i 1.00i 1.00i 0.90i 0.58 i  
 -----  
 -----

-----  
 -----  
 T A B L I Z A R.6.  
 -----  
 -----

ITOGOVAJ OZENKA PO DEKADAM  
 -----  
 -----

idekicyti vsx-9yi 9y-vim ivim-p.spi Itogovaj i yr0 i yr13a i yr14a i yr15b )i

-----  
 -----  
 i 1i 5i 0.99 i 0.00 i 0.00 i 0.99 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 2i 16i 0.98 i 0.00 i 0.00 i 0.98 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 3i 26i 1.00 i 0.00 i 0.00 i 1.00 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 4i 36i 1.03 i 1.03 i 0.00 i 1.03 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 5i 46i 0.00 i 1.02 i 0.00 i 1.02 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 6i 56i 0.00 i 0.98 i 0.00 i 0.98 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 7i 66i 0.00 i 0.90 i 0.93 i 0.92 i 0.00i 0.00i 0.00i 0.00 i  
 i 8i 77i 0.00 i 0.00 i 0.88 i 0.88 i 7.62i 7.62i 1.96i 0.00 i  
 -----  
 -----

i 9i 87i 0.00 i 0.00 i 0.85 i 0.85 i 23.13i 23.15i 8.76i 0.00 i  
i 10i 97i 0.00 i 0.00 i 0.86 i 0.86 i 26.89i 26.91i 13.49i 19.26 i  
i 11i 108i 0.00 i 0.00 i 0.86 i 0.86 i 29.51i 29.53i 18.41i 23.19 i  
i 12i 118i 0.00 i 0.00 i 0.86 i 0.86 i 31.19i 31.21i 23.29i 26.70 i  
i 13i 123i 0.00 i 0.00 i 0.86 i 0.86 i 31.19i 31.21i 27.10i 28.87 i

-----  
-----  
T A B L I Z A R.7

-----  
SVODNIE DANNIE PO OZENKE USLOVIY I PROGNOZU

-----  
c-ozenka usloviy vsxodi-9-y list = 1.000  
c-oz.po dliteln.perioda 9-y list-vimetivanie= 1.000  
GTK2 perioda 9-list - vimetivanie = 0.996  
Ozenka uslov. po GTK2 perioda 9-y list -vimet.= 1.000  
c-oz.po dlit.perioda vimetivanie-poln.spelost= 1.000  
GTK3 perioda vimetivanie-polnaj spelost = 0.690  
Ozenka uslov.po GTK3 perioda vimet.-poln.spel.= 0.900  
Ozenka uslov. perioda vimet.plus 30 dney posle= 0.988  
c3-ozenka poter za schet zasuxi i suxoveev = 1.000  
C13a-ozenka perioda vsxodi - vimetivanie = 1.001  
C14a-ozenka perioda vimetivanie-polnaj spelost= 0.869  
C15b-itogovaj ozenka polnogo perioda vegetazii= 0.926  
-----  
U R O G A Y (z/ga) pri 14% vlagnosti zerna = 28.870  
sumdzv= 1.000  
tsr= 17.808dzv(n)= 32.529dzvt(n)= 1.000ossr= 1.889dzvos= 1.000dzvmg= 1.000  
smdzv1= 1.000ospol1= 82.000  
tsr1= 20.575dzv1= 27.139dzvt1= 1.000ossr1= 2.050dzvos1= 1.000dzvmg1= 1.000  
smdzv2= 1.000ospol3= 94.000  
tr2= 20.339dzv2= 50.296dzvt2= 1.000ossr2= 1.403dzvos2= 1.000dzvmg2= 1.000  
osnz= 0.000ossrnz= 0.000srdwwnz= 0.000tspol3= 21.761Wm0p3(n)= 73.366  
c16m= 0.98811  
-----

## Додаток В

Таблиця В.1– Параметри динамічної моделі формування врожаю кукурудзи

Позначення параметра в програмі	ЛІСОСТЕПЬ							
	О Б Л А С Т І							
Номер в масиві "inf" широта, ф	Тернопіль-ська	Хмельницька	Винницька	Черкаська	Київська	Сумська	Полтавська	Харківська
1	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
2	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
3	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
6	817	873	931	1004	896	901	1014	1025
7	210	220	184	200	222	240	180	175
8	472	484	518	572	490	507	560	591
9	204	218	233	251	224	225	254	256
10	236	242	259	286	245	254	280	296
11	236	242	259	286	245	254	280	296
12	342	350	262	396	352	360	400	414
13	644	678	724	788	693	704	787	808
14	472	484	518	572	490	507	560	591
15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
17	684	701	723	792	704	719	800	827
18	409	436	466	502	448	451	507	513
19	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
22	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
24	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
25	19	21	20	22	22	19	20	16
26	185	220	200	210	220	190	210	165
27	684	701	723	792	704	719	800	827
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
31	50	50	50	50	50	50	50	50
32	5	5	5	5	5	5	5	5
33	28	28	28	28	28	28	28	28
34	2	2	2	2	2	1	2	2
35	2	2	2	2	2	1	2	2
36	–	–	–	–	–	–	–	–
37	472	484	518	572	490	507	560	591
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
41	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
42	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
43	644	678	724	788	693	704	787	808
44	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
45	684	701	723	792	704	719	800	827
46	–	–	–	–	–	–	–	–
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	189	193	241	260	209	222	243	273
49	23,152	23,160	28,862	28,969	23,075	25,132	24,628	26,765
50	3,049	3,333	3,200	2,650	2,933	2,867	2,400	2,300
51	377	426	441	452	439	419	475	473

Продовження табл. В.1

52	52,618	59,897	55,936	52,486	55,612	54,995	52,215	51,740
53	2,393	2,303	1,942	1,868	1,970	1,999	1,746	1,724
54	4	4	4	4	4	4	4	4
55	214	218	201	222	205	219	232	241
56	33,794	33,803	32,856	32,846	29,496	31,439	29,893	29,979
57	3,076	3,024	2,691	2,353	2,450	2,293	2,073	1,976
58	44,5	47,3	41,1	52,3	46,0	42,3	45,9	40,1
59	15,6	26,2	21,5	21,4	23,4	21,0	21,5	14,0

Таблиця В.2 – Параметри динамічної моделі формування врожаю кукурудзи

Позначення параметра в програмі Номер в масиві "inf"	ПОЛІСЯ Області					ЗАКАРПАТТЯ та ПРИКАРПАТТЯ Області		
	Волинська	Ровенська	Житомирська	Чернігівська	Львівська	Закарпатська	Івано-Франківська	Чернівецька
широта, φ	51,20	51,00	50,60	51,45	49,65	48,45	48,55	48,25
1	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
2	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
3	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
6	898	830	808	856	810	821	762	938
7	200	205	260	215	295	240	267	220
8	497	481	446	485	474	462	432	532
9	224	208	202	214	203	205	190	234
10	248	240	223	242	237	231	216	266
11	248	240	223	242	237	231	216	266
12	354	350	339	340	341	321	300	364
13	698	656	627	670	642	642	597	735
14	497	481	446	485	474	462	432	532
15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
17	707	701	678	681	682	642	599	729
18	449	415	404	428	405	410	381	469
19	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
22	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
24	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
25	15	17	17	20	20	31	24	27
26	160	175	175	200	210	325	250	285
27	707	701	678	681	682	642	599	729
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
31	50	50	50	50	50	50	50	50
32	5	5	5	5	5	5	5	5
33	28	28	28	28	28	28	28	28
34	1	1	1	1	1	5	5	5
35	1	1	1	1	1	1	1	1
36	–	–	–	–	–	–	–	–
37	497	481	446	485	474	462	432	532
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
41	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
42	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
43	698	656	627	670	642	642	597	735
44	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
45	707	701	678	681	682	642	599	729
46	–	–	–	–	–	–	–	–
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	244	226	204	221	212	217	191	238
49	29,090	26,944	25,394	25,798	26,960	28,575	25,695	27,424

Продовження табл. В.2

50	2,561	2,659	3,067	3,167	3,439	4,000	3,800	4,175
51	373	372	381	406	363	366	366	434
52	61,828	61,926	63,625	54,886	54,207	53,097	54,264	54,585
53	2,017	2,037	2,218	2,148	2,772	2,596	3,000	2,123
54	4	4	4	4	4	4	4	4
55	190	202	197	189	202	180	167	208
56	28,715	29,958	31,150	27,730	33,950	32,400	33,959	32,897
57	2,544	2,771	2,676	2,495	3,425	3,028	3,637	3,260
58	72,0	58,9	45,0	46,0	49,7	71,5	56,9	58,4
59	17,1	27,0	29,0	25,4	26,8	25,0	21,4	28,7

Таблиця В.3 – Параметри динамічної моделі формування врожаю кукурудзи

Позначення параметра в програмі	ПІВНІЧНИЙ СТЕП Області					ПІВДЕННИЙ СТЕП Області			
	Кіровогра дська	Дніпропе тровська	Донецька	Луганська	Запорізька	Одеська	Херсон ська	Микола ївська	Кримська АР
Номер в масиві "inf"	48,50	48,35	48,00	49,00	47,30	46,85	46,65	47,55	45,55
широта, φ	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
1	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
2	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
3	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
6	1070	1164	11349	1140	1234	1214	1269	1253	1196
7	215	167	180	183	182	170	165	165	148
8	596	636	644	658	658	655	683	684	643
9	268	291	284	285	308	304	317	313	299
10	298	318	322	329	329	328	342	342	322
11	298	318	322	329	329	328	342	342	322
12	417	444	434	451	457	446	469	468	445
13	832	900	889	899	946	934	976	968	920
14	596	636	644	658	658	655	683	684	643
15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
17	833	887	867	902	914	892	938	937	889
18	535	582	567	570	617	607	634	626	598
19	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
22	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
24	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
25	20	27	23	17	26	25	33	25	34
26	210	270	240	180	270	255	330	250	340
27	833	887	867	902	914	892	938	937	889
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
31	50	50	50	50	50	50	50	50	50
32	5	5	5	5	5	5	5	5	5
33	28	28	28	28	28	28	28	28	28
34	3	3	3	3	3	4	4	4	4
35	3	3	3	3	3	3	3	3	3
36	–	–	–	–	–	–	–	–	–
37	596	636	644	658	658	655	683	684	643
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
41	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
42	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
43	832	900	889	899	946	934	976	968	920
44	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
45	883	887	867	902	914	892	938	937	889
46	–	–	–	–	–	–	–	–	–
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	275	287	302	309	315	323	336	302	309
49	28,571	27,139	28,900	27,838	27,753	29,231	28,295	26,964	27,589



Продовження табл. В.3

50	2,425	2,050	2,050	1,933	1,900	2,100	1,600	2,125	1,475
51	492	520	496	518	548	533	556	554	547
52	52,751	50,296	48,831	52,401	47,530	47,494	44,994	48,929	46,014
53	1,687	1,403	1,470	1,406	1,339	1,532	1,175	1,484	1,237
54	4	4	4	4	4	4	4	4	4
55	236	254	245	252	253	245	254	281	234
56	32,869	32,529	31,831	30,988	30,956	31,119	30,349	34,361	30,431
57	2,257	1,889	1,885	1,871	1,734	1,859	1,436	1,806	1,429
58	42,7	37,9	38,8	41,3	37,0	40,0	50,5	34,6	51,4
59	17,8	17,7	14,5	11,1	13,5	14,0	19,2	16,6	20,0