

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорології та  
агроекології

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **Моделювання продуктивності соняшнику в умовах  
майбутніх змін клімату в Лісостепу України**

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-2  
Спеціальності 101 «Екологія»,  
(шифр і назва)

Освітня програма «Агроекологія»  
(назва)

Євдокімова Юлія Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к. геогр. н., доцент

Жигайло Олена Леонідівна

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант -

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент к. геогр. н., доцент

Боровська Галина Олександрівна

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорології та агроекології  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 101 «Екологія»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Агроекологія  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
агрометеорології та агроекології  
Польовий А.М.  
“29” жовтня 2018 року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Євдокімовій Юлії Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Лісостепу України  
керівник роботи Жигайло Олена Леонідівна, к. геогр. н, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом закладу вищої освіти від «5» жовтня 2018 року №271«С»
2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1) Агрокліматичні дані по Вінницькій, Кіровоградській, Харківській областям за 1986 – 2005 рр. 2) Кліматичні сценарії RSP4.5 і RSP8.5; 3) Програма динамічної моделі формування продуктивності агроecosистеми.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вивчити фізико-географічні умови Вінницької, Кіровоградської, Харківської областей; 2) Описати біологічні особливості та сорти і гібриди культури соняшнику, умови його вирощування 3) Провести дослідження динаміки врожайності соняшнику на території Лісостепу України
- 4) Описати динамічну модель формування продуктивності соняшнику; 5) Вивчити сценарії можливих змін клімату, 6) Оцінити агрокліматичні умови вирощування соняшнику в умовах змін клімату; 7) За допомогою моделі формування продуктивності соняшнику провести чисельні розрахунки фотосинтетичної продуктивності соняшнику за кліматичними сценаріями RSP4.5 і RSP8.5 Лісостепу України; 8) Оцінити перспективи вирощування соняшнику на досліджуваній території.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки динаміки врожайності соняшнику і лінії тренда  
Графіки відхилення урожаю соняшнику від лінії тренда

Графіки динаміки відносної площі листкової поверхні сояшнику в умовах змін клімату за сценаріями RSP4.5 і RSP8.5

Графіки динаміки фотосинтетичного потенціалу сояшнику в умовах змін клімату за сценаріями RSP4.5 і RSP8.5

Графіки динаміки загальної сухої біомаси сояшнику в умовах змін клімату за сценаріями RSP4.5 і RSP8.5

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення текстової частини першого розділу магістерської роботи	29.10.2018 р. - 02.11.2018 р.	90%	5(відмінно)
2	Вивчення алгоритму моделі формування продуктивності сояшнику. Розв'язок задач дослідження на ПЕОМ	03.11.2018р. - 10.11.2018р.	90%	5(відмінно)
3	Проведення чисельних розрахунків на ПЕОМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи.	11.11.2018р - 18.11.2018р.	90%	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	90%	5(відмінно)
4	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи	25.11.2018р. - 05.12.2018р.	90%	5(відмінно)
5	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	06.12.2018 р. - 10.12.2018 р.	90%	5(відмінно)
6	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	14.12.2018 р.	90%	5(відмінно)
7	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту		-	
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90,0	

Студентка

( підпис )

Євдокімова Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

( підпис )

Жигайло О.Л.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Євдокімова Ю. В.** Тема магістерської кваліфікаційної роботи «**Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Лісостепу України**»

Зміни клімату – одна з основних глобальних проблем. При зміні клімату відбувається зміна природних ресурсів. Врахуванню кліматично зумовлених природних ресурсів завжди надавалося велике значення в тих галузях економіки, які тісно пов'язані із станом погоди і клімату. Передусім, це агропромисловий комплекс, в якому витрати на виробництво сільськогосподарської продукції визначаються відповідним набором кліматично зумовлених природних ресурсів.

Сільське господарство в усьому Світі має пристосуватися до нових умов глобального потепління з метою забезпечення продовольчої безпеки людства, що є абсолютно неможливим без прогнозування майбутніх чинників. Тому як ніколи актуальним стає питання визначення впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, продуктивність та валовий збір урожаю.

Мета роботи – оцінити формування врожаю соняшнику в умовах змін клімату на сільськогосподарських угіддях Лісостепу України.

Основні задачі:

- Провести дослідження динаміки врожайності соняшнику на території Лісостепу України
- Оцінити агрокліматичні умови вирощування соняшнику в умовах змін клімату
- Оцінити фотосинтетичну продуктивність соняшника.

Об'єктом досліджень є формування продуктивності соняшнику в умовах змін клімату. Предмет досліджень – вплив агрокліматичних умов на основні фотосинтетичні показники соняшника: площу листя, фотосинтетичний потенціал, суху біомасу й урожай.

Для виконання розрахунків та порівняння результатів використовувалась математична модель продукційного процесу соняшнику.

Аналіз агрокліматичних умов в період вегетації соняшнику показав, що при реалізації обох сценаріїв змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* очікувані погодні умови будуть сприятливими для вирощування соняшнику в Лісостепу України.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 80 сторінки машинописного тексту, в т.ч. 7 таблиць і 6 рисунків.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** зміни клімату, температура, опади, теплозабезпеченість, вологозабезпеченість, соняшник, фотосинтетичні показники, продуктивність, урожай.

## SUMMARY

Evdokimova Yu. V. A subject of the master's qualification thesis "Modeling of productivity of sunflower in the conditions of future climate changes in the Forest-steppe of Ukraine"

Climate changes - one of the main global problems. At climate change there is a change of natural resources. The great value in those branches of economy which are closely connected with a condition of weather and climate was always attached to accounting of climatic caused natural resources. First of all, it is agro-industrial complex in which costs of production of agricultural products are defined by the corresponding set of climatic caused natural resources.

Agriculture around the world has to adapt to new conditions of global warming for the purpose of ensuring food security of mankind, it is absolutely impossible without forecasting of future factors. Therefore very relevant is a question of definition of impact of the expected climate changes on agroclimatic conditions of cultivation, productivity and gross harvesting.

The work purpose - to estimate formations of a harvest of sunflower in the conditions of climate changes on agricultural grounds of the Forest-steppe of Ukraine.

Main objectives:

- to conduct researches of dynamics of productivity of sunflower in the territory of the Forest-steppe of Ukraine
- To estimate agroclimatic of a condition of cultivation of sunflower in the conditions of climate changes
- To estimate the photosynthetic productivity of sunflower.

Object of researches is formation of productivity of sunflower in the conditions of climate changes. A subject of researches - influence of agroclimatic conditions on the main photosynthetic sunflower indicators: area of leaves, photosynthetic potential, dry biomass and harvest.

For performance of calculations and comparison of results the mathematical model of productivity of process of sunflower was used.

The analysis of agroclimatic conditions during vegetation of sunflower showed that at implementation of both scenarios of climate change of RCP4.5 and RCP8.5 the expected weather conditions will be favorable for cultivation of sunflower in the Forest-steppe of Ukraine.

Work consists of introduction, 4 chapters, the conclusion, the list of the used literature and applications. The total amount of work is 93 pages of the typewritten text, including 9 tables and 8 drawings.

**KEYWORDS:** climate changes, temperature, rainfall, теплозабезпеченість, moisture security, sunflower, photosynthetic indicators, productivity, harvest.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ</b> .....	9
1.1 Характеристика Лісостепу України.....	9
1.2 Біологічні особливості соняшнику та вимоги до умов вирощування....	20
1.2.1 Біологічні особливості соняшника.....	20
1.2.2 Ботанічні особливості соняшнику.....	21
1.2.3 Технологія вирощування.....	24
1.2.4 Сорти соняшника.....	26
<b>2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ</b> .....	29
2.1 Моделювання змін клімату за сценаріями антропогенного впливу RCP.....	29
2.2 Моделювання водно-теплогового режиму та продуктивності соняшнику.....	30
<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ НА ТЕРИТОРІЇ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ</b> .....	40
3.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин.....	40
3.2 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності.....	42
3.3 Динаміка урожайності соняшника в Лісостепу України.....	44
3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв соняшнику.....	50
<b>4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ</b> .....	55
4.1 Оцінка термінів сівби та дат настання фаз розвитку соняшника.....	55
4.2 Оцінка температурного та теплового режиму.....	56
4.3 Оцінка зволоження та вологозабезпеченості соняшника.....	58
4.4 Оцінка фотосинтетичної продуктивності.....	60

<b>ВИСНОВКИ</b> .....	65
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	67
<b>ДОДАТКИ</b> .....	70

## ВСТУП

У зв'язку зі змінами клімату, що спостерігаються з кінця ХХ-го століття та по сьогоднішній день, оцінка впливу клімату на сільське господарство дуже актуальна й слугує основою для продовольчої безпеки України. Науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини й якості врожаю [1,2].

В Україні соняшник – це одна з найпопулярніших культур. Високий рівень рентабельності та попит на насіння спричинили значне розширення його посівних площ.

Серед багатьох олійних культур, що обробляються в Україні, соняшник - основна. На його частку припадає 75% площі посіву всіх олійних культур і до 80% виробленого рослинного масла. У насінні сучасних сортів і гібридів соняшнику міститься до 56% світло-жовтого харчового масла з хорошими смаковими якостями, а також до 16% білка. В олії міститься до 62% біологічно активної лінолевої кислоти, а також вітаміни А, D, Е, К, фосфотіди, що підвищує його харчову цінність. Масло соняшнику застосовують як харчову олію в натуральному вигляді і при виготовленні маргарину, майонезу, рибних і овочевих консервів, хлібобулочних і кондитерських виробів [3].

Мета дипломного проекту – оцінити формування врожаю соняшнику в умовах змін клімату на сільськогосподарських угіддях Лісостепу України.

Основні задачі:

- Оцінити фази розвитку соняшнику в Лісостеповій зоні України за середніми багаторічними даними базового періоду та за сценаріями змін клімату RCP4.5 і RCP8.5.



- Оцінити температурний та тепловий режим соняшнику в Лісостеповій зоні України за середніми багаторічними даними базового періоду та за сценаріями змін клімату RCP4.5 і RCP8.5.

- Надати оцінку вологозабезпеченості та зволоження соняшника.

- Оцінити фотосинтетичну продуктивність соняшника.

Дослідження формування врожаю соняшнику проводилося на основі динамічної моделі водно-теплогового режиму та продуктивності соняшнику. Для оцінки можливих змін клімату було використано сценарії RCP4.5 і RCP8.5. Було розглянуто кліматичний період з 2021 по 2050 роки.

В роботі використовувались матеріали агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Харківської, Кіровоградської та Вінницької областей України за період 1986 – 2005 рр., що був прийнятий за базовий.

# 1 ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

## 1.1 Характеристика Лісостепу України

Зона Лісостепу протягається смугою понад 1 тис. км від Карпат до східних кордонів України. Загальна площа її становить понад 20,1 млн. га, або 33,6% території держави. До неї входять Черкаська, Полтавська, Вінницька, Тернопільська, більша частина Хмельницької й Сумської, східні райони Львівської, Івано-Франківської й Чернівецької, південні райони Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської та Чернігівської, північні райони Кіровоградської, Одеської, Миколаївської та Харківської областей. Порівняно м'яка зима, помірно вологе й тепле літо та родючі ґрунти створюють найсприятливіші в Україні умови для одержання високих і сталих урожаїв майже всіх тепло- і вологолюбних культур.

У Лісостепу сконцентровано 37,5% площі посіву зернових, 34,2 - озимих пшениці, 41 - ярого ячменю, 27,4 - кукурудзи, 81 - цукрових буряків, 35,5% овочевих культур.

Перетинаючи широкою случаю із заходу на схід територію республіки між Поліссям на півночі і Степом на півдні, зона відзначається неоднорідністю ґрунтового-кліматичних і погодних умов.

При плануванні й проведенні заходів по дальшому розвитку та інтенсифікації сільського господарства необхідно враховувати агрокліматичні умови території. Це дасть змогу максимально використовувати природні ресурси та послабити вплив несприятливих метеорологічних умов на сільськогосподарські культури [4].

*Ґрунти Лісостепу та їх сільськогосподарське використання.*  
Лісостепова зона - це природна зона, для якої характерне чергування лісової та степової рослинності. Ґрунти формуються за умов несталоного зволоження, за яких підзолистий процес ґрунтоутворення поєднується з дерновим.

Найпоширенішими ґрунтами в зоні є чорноземи та сірі опідзолені. Маючи високу природну родючість, вони є основними об'єктом сільськогосподарського використання. Ґрунти інших типів (солонцюваті, болотні і підзолисті) займають незначні площі. Чорноземи характеризуються диференціацією профілю, сприятливою для розвитку та розвитку рослин, слабкокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину, добрими фізичними властивостями, високим вмістом поживних речовин.

За вмістом гумусу чорноземні ґрунти поділяють на:

- малогумусні (3-5%);
- серед-ньогумусні (понад 6%).

У південній смузі Лісостепу переважають чорноземи типові. Чим важчий гранулометричний склад ґрунту, тим вищий вміст гумусу. Тому характерною ознакою чорноземних ґрунтів, є нагромадження в них великої кількості стійких гумусових сполук. У метровому шарі ґрунту їх міститься 400-600 т/га. Вміст валового азоту в чорноземах становить 0,2-0,5%,  $P_2O_5$  - 0,15-0,30 і  $K_2O$  - близько 2,0-2,5%. Глибокий гумусовий горизонт із зернисто-грудкуватою структурою зумовлює сприятливі водно-повітряні властивості чорноземних ґрунтів: добру водопроникність, високу вологемність і аерацію. Ці ґрунти мають також високу вбирну здатність - 30-40 мг-екв/100 г ґрунту.

Чорноземи типові мало- і середньогумусні достатньо насичені кальцієм і магнієм, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,0-6,7), в карбонатних рН 6,8-7,0. У вилугованих відмінах кислотність водної витяжки дещо вища.

За гранулометричним складом вони поділяють на супіщані, легко-, середньо- і важкосуглинкові. Залежно від характеру ґрунтоутворювальних порід їх поділяють на чорноземи на лесах і на лесовидних суглинках. Гранулометричний склад чорноземів, що залягають у північному Лісостепу, легший. За ступенем окультурення вони бувають слабо-, середньо- і

добре окультурені. Такий умовний поділ за окультуренням здійснено на підставі агрохімічних, фізичних та фізико-хімічних властивостей.

Чорноземи типові поділяють на:

- малогумусні;
- середньогумусні.

Ці ґрунти добре окультурені, насичені гідроксидами кальцію і магнію. Реакція ґрунтового розчину нейтральна або слабкокисла. Гумусовий шар досягає 85-100 см. Чорноземи вилуговані є малоструктурними і за гранулометричним складом переважно крупнопиловато-легкосуглинковими. Вони залягають на знижених елементах рельєфу, де сильніше промиваються і вилуговуються. У зв'язку з цим погіршуються їхні фізичні та біологічні властивості, що перешкоджає нормальному розвитку рослин. У чорноземах вилугованих зменшується вміст гумусу, зростає кислотність ґрунтового розчину через вимивання карбонатів і зміну іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  на іони  $\text{H}^+$  [5].

Чорноземи є головною ґрунтовою відміною Лівобережного Лісостепу України, а в Правобережному більші площі займають сірі лісові ґрунти з кислою реакцією. Серед них поширені світло-сірі, темно-сірі і чорноземи опідзолені.

Сірі опідзолені ґрунти поширені в Лісостепу і на Поліссі. За ступенем опідзолення їх поділяють на слабо- середньо- і сильноопідзолені. Через низьку структурність і несприятливі водно-повітряні властивості при оранці утворюються брили. Вони швидко осідають після обробітку і легко запливають. Глибина гумусового горизонту становить 25-30 см. Нижче розміщені ущільнений ілювіальний горизонт і ґрунтоутворювальна порода. Глибина залягання карбонатів становить 80-170 см. За гранулометричним складом ці ґрунти суглинкові. Вміст гумусу в середньому становить 1,2-2,4%, рН сольової витяжки близько 5,5, гідролітична кислотність 1,7-2,8 мг-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ 4,0-17,3 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 70-88%.

Вміст поживних речовин у цих ґрунтах невисокий. Азоту недостатньо, кількість його залежить від вмісту гумусу. Ступінь забезпеченості ґрунтів фосфором і калієм середній.

У темно-сірих опідзолених ґрунтах гумусо-ілювіальний горизонт становить 5060 см, карбонати залягають на глибині 110-150 см. За гранулометричним складом вони легко- і середньосуглинкові. Вміст гумусу становить 2,3-3,5%, сума увібраних основ 10-25 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 75-90%, реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 5,5-6,5). Ступінь забезпеченості ґрунтів поживними речовинами середній.

Реградовані ґрунти. В Лісостепу поширені реградовані темно-сірі опідзолені ґрунти, чорноземи опідзолені. Серед них переважають легко- і середньосуглинкові. Внаслідок процесу реградації в цих ґрунтах підвищилась лінія залягання карбонатів, пухкішим став ілювіальний горизонт, збільшився вміст гумусу, підвищилося насичення основами порівняно з темно-сірими та опідзоленими чорноземами [6].

Лучні ґрунти. Вони поширені переважно в зниженнях з високим рівнем підґрунтових вод. За гранулометричним складом переважають середньо- і легкосуглинкові ґрунти. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної або слаболужної. Забезпечення лучних ґрунтів:

- азотом добре і помірно, фосфором – помірно;
- калієм - добре і помірно.

Застосування органічних добрив значно підвищує врожайність сільськогосподарських культур на всіх ґрунтах Лісостепу. На чорноземах опідзолених і сірих лісових ґрунтах з підвищеною кислотністю внесення добрив слід поєднувати з вапнуванням, а на солончаках, солонцях і солонцюватих ґрунтах - із гіпсуванням. Важливим завданням сільськогосподарського виробництва є максимальне використання запасів потенційної родючості чорноземних ґрунтів. Основні шляхи його вирішення - раціональні способи обробітку, нагромадження і правильне використання

вологи, внесення добрив, поліпшення структури, використання високоврожайних культур.

Ефективність гною знижується від чорноземів Лісостепу до південних чорноземів Степу внаслідок погіршення умов зволоження. Тому в чорноземній зоні з вираженим дефіцитом вологи (звичайні і південні чорноземи) для підвищення ефективності органічних добрив їх використовують у добре розкладеному стані.

Раціональне використання родючості чорноземних ґрунтів потребує активізації мікробіологічних процесів, ефективного обробітку ґрунту в поєднанні із заходами поліпшення водного режиму.

*Сонячна радіація* - незамінний екологічний фактор існування рослин і біосфери в цілому. У великому циклічному кругообігу головним джерелом енергії для біологічних і ґрунтових процесів є сонячна радіація. Вся поверхня Землі одержує за рік від Сонця, за наближеними оцінками -  $21 \times 10^{20}$  Дж тепла. Основна частина цієї енергії витрачається на формування клімату та океанічних течій, турбулентний обмін між підстилаючими поверхнями й атмосферою, випарування води з поверхні суші та океану, поглинання рослинним покривом Землі. Рослини в процесі фотосинтезу засвоюють тільки 0,5 -5% сонячної енергії.

Сонячна радіація є основним енергетичним ресурсом Землі. Радіаційний фактор визначається надходженням тепла від Сонця і залежить від тривалості дня та висоти стояння Сонця над горизонтом, а також від хмарності, прозорості атмосфери, стану земної поверхні. Сумарна радіація в зоні Лісостепу за рік становить 95-107 кКал на  $1 \text{ см}^2$ . Протягом року на території України полуденна висота стояння Сонця змінюється в широких межах. У зв'язку з цим надходження сумарної сонячної радіації становить взимку від 250 на півночі до 230 на півдні, влітку - відповідно від 600 до 680 кКал на  $1 \text{ см}^2$ . Тривалість дня коливається відповідно взимку від 7,4 до 8,6, влітку - від 15,3 до 16,5 год [7].

Надходження ФАР (фотосинтетичної активної радіації) в різних регіонах України неоднакове. Тому оцінюють роботу в рослинництві за допомогою коефіцієнта корисної дії ФАР у посіві. Встановлено, що для накопичення органічної маси рослинами необхідна така кількість радіації, яка перевищувала б певне значення, що називається компенсаційною точкою. Для багатьох теплолюбних рослин, до яких належать сільськогосподарські, це значення перебуває в межах 20-35 Вт/м<sup>2</sup>. При нижчих значеннях інтенсивніше відбувається дихання і зменшується накопичення органічної маси.

Підвищенню рівня використання сонячної енергії можуть помітно сприяти агротехнічні заходи, спрямовані на краще забезпечення рослин вологою, поживними речовинами, освітленням та іншими факторами з метою прискорення росту рослин і утворення оптимальної асимілюючої поверхні.

*Температурні умови.* У найхолоднішому місяці - січні середня температура повітря коливається від -7 + -8°C на сході зони до -4°C на заході. Середня температура в лютому така сама, як і в січні. Абсолютний мінімум температури перебуває в межах -33 -38°C і бувають не частіше як один раз на 50-60 років. Мінімальна температура -20°C і нижча буває щороку.

Зима характеризується тривалими й інтенсивними відлигами з підвищенням температури в окремі роки до 12-14°C. Характерною рисою термічного режиму взимку є порівняно невеликі зміни температури з місяця в місяць. Найбільше підвищення температури по всій зоні спостерігається в періоди березень-квітень та квітень-травень. Далше підвищення температури протікає значно повільніше.

Літній період відзначається високими й сталими температурами без значних змін по території зони. В найтеплішому місяці - липні середня температура становить 20°C на сході зони, знижуючись до 18°C на заході. Температура серпня відрізняється від температури липня на 1-2°C. Абсолютні максимуми досягають 39-40°C. Найінтенсивніші зниження температури відбуваються протягом жовтня-листопада.

Перехід до середніх плюсових температур спостерігається в західних районах у першій або на початку другої декади, в центральних - у кінці другої і в східних у третій декаді березня. Перехід до середніх мінусових температур восени на заході відбувається в кінці, а на сході - в середині листопада. Отже, теплий період у Лісостепу триває 230-265 днів.

Початок безморозного періоду припадає на третю декаду квітня. Лише в крайніх східних районах Харківської та Сумської областей останні весняні заморозки в повітрі в середньому припадають на початок травня, а в південних районах Вінницької області - на другу декаду квітня. У повітрі перші осінні заморозки бувають у середньому в першій декаді, і лише в південно-західних районах зони вони припадають на другу декаду жовтня. Проте в окремі роки в Лісостепу останні весняні заморозки в повітрі спостерігаються навіть у другій половині травня, а перші осінні - у вересні.

На поверхні ґрунту заморозки навесні закінчуються пізніше, а восени починаються на 10-20 днів раніше, ніж у повітрі. На розподіл мінімальних температур по території дуже впливає мікрорельєф. На знижених ділянках заморозки навесні можуть закінчуватися пізніше, а восени починатись раніше порівняно з підвищеними формами рельєфу.

Період активної вегетації починається в третій декаді квітня майже одночасно з безморозним періодом у повітрі. Закінчення цього періоду теж майже збігається з початком перших осінніх заморозків у повітрі, тобто в першій декаді жовтня. Отже, тривалість усього періоду в межах зони, залежно від місцевих умов, коливається в межах 155-170 днів.

У період активної вегетації в зоні Лісостепу заморозків у повітрі майже не буває. Однак на поверхні ґрунту в цей період вони можливі. Тривалість періоду від дати переходу середньодобової температури через 10°C до закінчення заморозків на поверхні ґрунту визначає ступінь небезпеки останніх. При більшій тривалості цього періоду заморозки закінчуються пізніше і можуть пошкодити рослини.



Для більшості районів тривалість морозонебезпечного періоду навесні становить 11-20 днів.

Середня добова температура вище 15°C, що визначає початок періоду найінтенсивнішої вегетації, настає в південних та південно-східних районах зони всередині, а в західних - наприкінці травня. Найдовше цей період триває в південних та південно-східних районах (115-120 днів); у західних тривалість його становить близько 100 днів.

Теплозабезпеченість культур визначається сумою активних температур, тобто сумами середніх добових температур, вищих за 10°C. Середні багаторічні суми активних температур у західному Лісостепу перебувають у межах 2300-2500°C, центральному - 2500-2700°C і східному - 2600-2900°C. По всій території зони тепла цілком вистачає для досягання не лише озимих та ярих зернових культур, а й овочів, картоплі, цукрових буряків, соняшнику та ін.

*Забезпеченість опадами та посушливі явища.* У Лісостепу розподіл опадів як за окремими районами зони, так і за часом випадання їх характеризуються великою нерівномірністю. Найкраще забезпечена ними західна частина: середня річна кількість опадів тут становить 600-650 мм і більше. На крайньому сході зони їх випадає не більше як 500 мм. Кількість опадів в окремі роки може помітно змінюватися. Так, на крайньому заході Лісостепу іноді випадає понад 1000 мм, а на сході - до 750 мм. Найменша річна кількість опадів становила до 300 мм на заході і близько 250 мм на решті території. Протягом зими опадів буває небагато: в західних районах 173-200, у центральних та східних 150-175 мм. Від весни до літа кількість їх збільшується.

Опади теплого періоду (квітень-жовтень) мають особливе значення для сільського господарства. Кількість їх у середньому становить 350-400 мм, а на крайньому заході зони - понад 500 мм. Літні опади нерідко випадають у вигляді сильних злив, які завдають великої шкоди сільському господарству.

У середньому за рік кількість днів з опадами становить на півночі зони 160-135 днів, а з опадами не менше 5 мм 30-40 днів [8].

У період вегетації по всій зоні майже щорічно спостерігаються бездощові періоди. Тривалість окремих бездощових періодів у західних районах досягає 18-20, а в південних та східних - 25 днів. Загальна кількість посушливих днів протягом вегетаційного періоду дуже нестійка. Вона змінюється з року в рік залежно від характеру переважаючих циркуляційних процесів.

Майже по всій території Лісостепу спостерігаються суховії. Особливо часто, причому досить тривалі (понад 15 днів), вони бувають у східних та південних районах, у західній частині зони із суховіями в середньому буває близько 4 днів. Суховії майже завжди спостерігаються при тривалому бездощів'ї, коли відносна вологість повітря знижується до 30% і нижче, температура його підвищується до 25°C і більше, а швидкість вітру становить не менше ніж 5 м/с. Ступінь шкідливості цього явища визначається його інтенсивністю та станом розвитку рослин. У центральних та східних районах зони в окремі роки спостерігаються пилові бурі тривалістю в середньому до 5 днів.

*Вологозабезпеченість основних сільськогосподарських культур.*  
Вологозабезпеченість рослин в основному визначається відношенням кількості вологи, яка є в ґрунті, до тієї кількості, яка потрібна для нормального розвитку рослин. Установлено, що запаси продуктивної вологи незалежно від ґрунтово-кліматичних умов до 5 мм в орному шарі ґрунту під час сівби не дають сходів, при запасах 10 мм сходи з'являються, проте вони починають частково засихати і стають дуже зрідженими. При запасах 11-20 мм умови для появи сходів задовільні, а при запасах понад 20 мм завжди з'являються дружні сходи.

Показники запасів продуктивної вологи свідчать, що в західних районах Лісостепу в орному шарі ґрунту їх завжди достатньо в період сівби озимої пшениці. В центральних та східних районах зони кожні два роки з

десяти запаси вологи в цей період бувають незадовільними. Осінньо-зимові опади збільшують запаси вологи під пшеницею, але по-різному, залежно від водно-фізичних властивостей ґрунтів. Навесні після відновлення вегетації озима пшениця, маючи на цей час досить розвинену кореневу систему, використовує воду в метровому шарі ґрунту.

Можливість запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в кількості 90-150 мм у західному Лісостепу становить 90-100%, у центральному та східному - 65-80%. Виняток становлять південно-східні райони Лісостепу, де імовірність вологозапасів становить менше ніж 50% років.

Для зернових достатніми запасами вологи в метровому шарі ґрунту для періоду цвітіння - воскова стиглість є не менше 80 мм, задовільними 40-80, незадовільними 30-40 мм. Надмірне зволоження (понад 150 мм у шарі 0-100 см) призводить до по-лягання хлібів і розвитку хвороб. Можливість достатніх та задовільних вологозапасів під озимою пшеницею в цей період у західному Лісостепу становить 100%, центральному - 95, східному - 90%.

На період сівби ранніх зернових культур вологозапаси орного шару ґрунту майже не бувають нижчі від 30 мм. Для доброго розвитку ярих культур у період третій - четвертий листок досить понад 20 мм продуктивної вологи в орному шарі. У західних та центральних районах зони такі запаси вологи бувають щорічно, а в східних - у дев'ять років з десяти. Після укорінення ярих зернових культур у період вихід у трубку - колосіння при запасах вологи 0-100 см у шарі менше ніж 45 мм стан рослин погіршується, а при запасах 45-65 мм залишається без змін, понад 80 мм - покращується. У західних районах запаси продуктивної вологи понад 80 мм забезпечені щорічно, а в центральних і східних майже щорічно запаси її становлять понад 45 мм.

У районах недостатнього зволоження озимі культури, добре розвиваючися з осені, більш продуктивно, ніж ярі, використовують ранні весняні запаси вологи в метровому шарі ґрунту.

Ще менш продуктивно використовує весняні запаси вологи кукурудза, строк сівби якої за умовами теплозабезпеченості настає пізніше. За час до сівби цієї культури волога на полях випаровується непродуктивно. В результаті в період найбільшого використання її (викидання волоті - цвітіння) запаси продуктивної вологи в метровому шарі під кукурудзою лише в західних районах відповідають її нормативним вимогам.

При визначенні строків сівби, крім стану вологості ґрунту, слід враховувати і його температурний режим. Порівнюючи середні дати сталого прогрівання ґрунту на 5, 10 і 15°C на глибині 10 см з датами настання фізичної спілості ґрунту, можна помітити, що в північній частині зони перехід температури через 5°C настає на 2-4 дні пізніше від спілості ґрунту, при якому умови для польових робіт помітно погіршуються, а сходи затримуються. У зв'язку з цим при сівбі теплолюбних культур не завжди доцільно чекати встановлення оптимальних температур, щоб не втратити вологу з ґрунту.

Агрокліматичні умови для післяжнивних та післяукісних культур. Після збирання озимих та ранніх ярих зернових культур до кінця вегетаційного періоду в зоні Лісостепу залишаються ще значні теплові ресурси. В західних районах суми невикористаних активних температур становлять 1100-1200°C, а в центральних та східних - 1300-1400°C. Тривалість періоду від закінчення збирання озимих та ярих культур до дати переходу середньої добової температури через 10°C восени становить в межах зони 60-80 днів, а період вегетації холодостійких культур - близько 100 днів.

Протягом цього періоду тепла цілком достатньо для визрівання найбільш скоростиглих сортів вівса, ячменю, гречки, гороху, а також для розвитку рослин до стану кормової стиглості (фаза цвітіння) середньостиглих сортів цих культур. Достатньо його і для вирощування деяких овочевих культур.

Ступінь вологозабезпеченості в період сівби післяжнивних культур теж не може бути перешкодою для їх вирощування. Проте необхідно враховувати, що умови вологозабезпеченості після ярих зернових гірші ніж після озимини.

Теплозабезпеченість післяукісних культур, які сіють після збирання на зелений корм кукурудзи, озимого жита, вико-вівса та інших, краща, бо строки їх сівби настають значно раніше, ніж строки сівби післяжнивних культур.

В лісостеповій зоні України ресурси тепла і вологи цілком достатні для вирощування післяжнивних і особливо післяукісних культур, що є одним з важливих засобів повного використання агрокліматичних факторів зони. Набір післяжнивних і післяукісних культур та їх чергування залежить від зони, спеціалізації господарства, рівня агротехніки, а також погодних умов року [9].

## 1.2 Біологічні особливості соняшнику та вимоги до умов вирощування

### 1.2.1 Біологічні особливості соняшника

Соняшник - відносно теплолюбна культура. Насіння починає проростати при температурі 2-5°C, однак сходи при такій температурі з'являться на 25-28 день.

При температурі 20°C насіння сходить на 6-й день. При сівбі соняшника в непрогрітий ґрунт рослини відстають у рості, подовжується вегетаційний період. Середньодобова температура повітря у першій половині вегетації повинна бути біля 22°C, а в період "цвітіння-дозрівання" - 24-25°C. Для дозрівання соняшника необхідна сума ефективних температур у межах 2300-2700°C.

Вимоги до вологи соняшник пред'являє досить високі, хоча рахується рослиною посухостійкою. Транспіраційний коефіцієнт - 470-570. Насіння

соняшника при проростанні поглинає 70-100% вологи від своєї маси. Загальна витрата ґрунтової вологи під час вегетації з одного гектара становить 3900-5800 м. Рослини використовують вологу з глибини до 3 м, висушуючи іноді повністю 1,5-метровий шар ґрунту.

Соняшник дуже вибагливий до інтенсивного сонячного освітлення. Це рослина короткого дня. Соняшник добре росте на чорноземах різних типів та каштанових ґрунтах, погано - на важких глинистих схильних до заболочування та піщаних і супіщаних ґрунтах. Сприятливими для росту рослин є інтервал рН 6,0-6,8.

Соняшник досить вибаглива рослина до поживних речовин. На 1 м насіння він виносить з ґрунту: азоту - 5-6 кг, фосфору - 2 - 2,5 кг і калію 10-12 кг [10].

#### 1.2.2 Ботанічні особливості соняшнику

Соняшник - рослина степової зони. Незважаючи на підвищені вимоги до тепла, насіння його починає проростати при температурі 3-4°C, але сходи з'являються лише на 20-28-й день. Оптимальна температура проростання 20°C. За цієї температури сходи з'являються на 7-8-й день. Набубнявіле та насіння ке проклонулось в ґрунті задовільно переносить зниження температури до мінус 10°C. Молоді сходи рослин витримують весняні приморозки до 4-6°C.

Це дає змогу сіяти соняшник рано навесні. Оптимальна температура для росту у першій половині вегетації - близько 22°C, а в період цвітіння-достигання - до 24-25°C.

Температура вище 30°C негативно позначається на рості і розвитку рослин. Для швидкорослих сортів та гібридів сума температур вища за 10°C за період їхньої вегетації становить 1850°C, ранньостиглих - 2000°C, середньостиглих - 2150°C.

Для скоростиглих гібридів (вегетаційний період до 100 днів) сума активних температур (вище 10 ° C) за період їх вегетації повинна становити

1850 ° C, ранньостиглих і середньоранніх (100-115 днів) - 2000 ° C, середньостиглих (більше 115 днів) - 2150 ° C.

Рослини соняшнику є дуже вимогливими щодо забезпечення їх вологою. Через це врожайність і ефективність вирощування обмежуються задоволенням потреби рослин у воді. Мінімальна потреба в ній задовольняється при 350- 400 мм опадів.

Найбільш важливою вода є під час утворення суцвіття до цвітіння.

Найвищий вміст олії в насінні соняшнику закладається при сонячній, не дуже спекотній погоді з температурою нижче 28.

Соняшник утворює стрижневий корінь, який у гарному ґрунті може проникати на глибину до 3 і навіть більше метрів. Корінь росте дуже швидко і за інтенсивністю свого росту значно перевищує стебло. Вже на стадії 4-5 листків корінь може досягати в довжину 60- 70 см.

Слід зазначити, що рослина також утворює добре розгалужену сітку бокового коріння, частина якого супроводжує головний корінь, а частина поширюється у ґрунті на глибині 10- 45 см, утворюючи густе переплетіння дрібних корінців. Найбільш інтенсивний ріст коріння соняшнику припадає на час до утворення кошика перед цвітінням. Саме завдяки добре розгалуженій системі бокового коріння, яка складає близько 50- 70% всієї кореневої маси рослини, та сильному стрижневому кореню соняшник може доволі добре переносити посуху та засвоювати поживні речовини і вологу з великої глибини. Важливою передумовою для спрацьовування цього механізму є збереження доброї структури ґрунтів та попередження місць їх ущільнення.

Слід пам'ятати, що при сталих вологих умовах коріння розвиватиметься ближче до поверхні поля, в той час як при сухій погоді воно проникатиме на більшу глибину. В результаті на більш вологих місцях рослини більше піддаються поляганню і є більш чутливим до сильних вітрів. До того ж під час обробітку міжряддя поверхневе розташування коріння може створювати ряд перешкод у роботі [11].

В регіонах з континентальним кліматом на більш важких ґрунтах, наприклад, на чорноземах, соняшник може повністю використовувати вологу, накопичену у ґрунті за зимовий період. Це пояснює відносну посухостійкість соняшнику у таких регіонах. Коли рослини соняшнику вже на ранніх стадіях розвитку страждають від нестачі вологи – зменшується площа листової поверхні, у кошику закладається менша кількість квіток, через що знижується врожайність.

Період найбільшої потреби посівів у волозі триває близько 40 днів. Він розпочинається, коли діаметр кошику сягає приблизно 3 см, і закінчується після повного цвітіння посівів. При більш пізньому настанні засушливого періоду листя швидко старішає, цим пояснюється зниження вмісту у насінні олії. До того ж при вирощуванні соняшнику у південних районах вміст ліноленової кислоти у насінні зазвичай нижчий, ніж у північних.

Загалом, при рості в умовах повної вологості ґрунту транспіраційний коефіцієнт соняшнику складає близько 630 л/ кг сухої маси, при звичайній польовій вологості – близько 450 л/ кг сухої маси. Така висока здатність соняшнику до споживання вологи у великих об'ємах пояснюється низьким опором води при її перенесенні по рослинах.

Особливе значення для формування повноцінного врожаю має водозабезпеченість соняшнику в фазу цвітіння і наливу насіння (критичний період). Для отримання високого врожаю соняшнику велике значення мають запаси вологи в кореневмісному (0-200 см) шарі ґрунту, які створюються опадами в осінньо-зимовий період. Опади другої половини літа також відіграють важливу роль. Оптимальна вологість ґрунту для росту і розвитку соняшнику 70% найменшої польової вологості.

Соняшник - рослина короткого дня, дуже вимогливий до інтенсивного сонячного освітлення. При затіненні послаблюється ріст рослин, формуються дрібні кошики, витягується стебло, зменшується врожайність. У міру просування на північ вегетаційний період його подовжується. Тривалість



вегетації сортів і гібридів соняшнику від сівби до досягання насіння в Україні становить від 80 до 130 днів.

Соняшник є нейтральним рослиною щодо фотоперіоду, так як його цвітіння настає незалежно від умов освітленості.

Однак, біологічний розвиток соняшнику залежить від рівня освітленості, так як рослини, що розвиваються при достатньому освітленні, ростуть швидше і зацвітають раніше.

Аналізуючи залежність росту рослини від умов освітлення, можна припустити, що світло впливає на діяльність меристематической (освітньої) тканини - найбільший розмір мають рослини, які вирости на світлі.

Соняшник поглинає випромінювання, що знаходиться в діапазоні видимої частини спектра (довжина хвиль від 380 до 720 нм). Це так звана фотосинтетична активна радіація (ФАР). У межах 400 — 700 нм вона поглинається хлорофілом соняшника у присутності каротиноїдів. На 1 га посіву за вегетаційний період (весна - осінь), залежно від кліматичної зони, надходить величезна кількість ФАР — від 4,19 — 6,29 млрд Дж/га.

Найкраще росте соняшник на чорноземах і каштанових ґрунтах з нейтральною або слабколужною реакцією ґрунтового розчину. У лісостепових районах розміщують на сірих і темно-сірих ґрунтах. Непридатні для нього важкі, безструктурні ґрунти, а також легкі піщані та дуже кислі ґрунти [12].

### 1.2.3 Технологія вирощування

Догляд за посівами складається з боронований (до і після сходів) і міжрядних культивацій для знищення бур'янів і підтримки верхнього шару ґрунту в пухкому стані.

Перше борокування проводять середніми зубовими боронами за 4-5 днів до появи сходів соняшнику. Друге борокування виконують по сходам соняшнику у фазі 2-3 пар справжніх листків. Борокувати потрібно

виконувати поперек або по діагоналі поля, в денні години, коли тургор у соняшнику знизиться, і рослини стають менш ламкими. Боронуванням знищуються від 70 до 90% проростків і сходів однорічних бур'янів.

Дуже ефективна міжрядна культивуація, де глибина обробітку 8-10см. Це сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи [13].

Нині для застосування в посівах соняшнику є широкий спектр гербіцидів проти дводольних бур'янів, які слід вносити до посіву або до сходів (стомп, к.е., 3-6 кг/га; рейсер, к.е., 3-4 кг/га) можна рекомендувати бакову суміш рейсер 2 л/га + стомп 2,5 л/га; фюзелад супер 1-2 л/га проти однорічних злакових, фурор супер 0,8-1,2 л/га, фюзелад форте 0,75-2 л/га - опраскування посівів в фазу 2-4 листків у однорічних бур'янів та за висоти пір'ю повзучого 10-15 см [14].

Соняшник уражається багатьма шкідниками та хворобами з моменту проростання і до зберігання насіння. У боротьбі з шкідниками (довгоносики, гусениці озимої, совки молодших вікових груп, попелиці) застосовують фуфанон 0.6-0,8 л/га.

В прохолодну і дощову погоду, коли соняшник має 6-8 пар справжніх листків, рослини уражаються попелиць. При масовій появі попелиці посіви обприскують інсектицидами, дозволеними для застосування на соняшнику. Обприскування закінчують до початку цвітіння соняшника.

Однією з умов, що визначають врожайність соняшнику, є оптимальна густина стояння рослин. Щоб сформувати її, потрібно враховувати ряд чинників, таких як лабораторна і польова схожість насіння і умови їх проростання, можливість загибелі від шкідників і хвороб в процесі догляду за рослинами в польових умовах [15].

Чим вище густина стояння, тим менше розмір кошиків і навпаки. При нерівномірної густоті стояння гніздами рослини вилягають і відбувається нерівномірне дозрівання великих і маленьких кошиків. При низькій густоті посівів діаметр кошиків більше і насіння крупніше. Цим до певної міри можна компенсувати недобір від низького числа рослин на гектарі. Але

великі кошики повільніше дозрівають, а великі насіння при обмолоті легко очищаються від шкірки. Це сприяє підвищенню частки летких кислот в олії прибраних насіння і зниження його якості. Густота посівів повинна забезпечити можливо високі врожаї з одиниці площі в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Занадто загущені посіви при даних конкретних умовах витрачають велику кількість води і поживних речовин на формування вегетативної маси рослин [16].

Етапи підготовки ґрунту до посіву:

1. для накопичення оптимальної кількості води, мобілізації поживних речовин і кращої аерації ґрунту в осінній час проводять глибоку оранку поля (після зернових – на 25 сантиметрів, при сильній засміченості землі азотом – на 30 сантиметрів) з одночасним внесенням комплексних добрив;
2. при необхідності знищення бур'янів і вирівнювання поверхні землі може проводитися осіння культивування до десяти сантиметрів в глибину;
3. ранньою весною здійснюється боронування, завдяки якому бур'яни знищуються на ранній стадії розвитку, та заодно зберігається ґрунтова волога;
4. за два тижні до посіву соняшнику проводять культивування з метою створення посівного ложа і збереження в ґрунті запасів азоту, глибина культивування має відповідати глибині загортання соняшникового насіння [17].

#### 1.2.4 Сорти соняшника

Соняшник є одним з найбільш відомих рослин не тільки завдяки гарному і яскравому зовнішньому вигляду, але і як джерело масла рослинного походження. Потенціал цієї культури ще повністю не розкритий, що дає можливість виводити все нові і нові сорти, які за показниками

перевершують старіші. Саме про нові гібриди і давно виведених сортах і піде мова.

Сорт «Ясон» Цей соняшник є гібридом. Виведений був в Сербії. Рослина типово висока для цього виду, в висоту виростає аж до 160-185 см. Вегетаційний період займає приблизно 107-110 діб, що дає можливість віднести даний сорт до ранньостиглий. Кошик у «Ясона» середніх розмірів, в діаметрі сягає 18-24 см, трохи стисла. Насіння сіро - полосаті, масла в них приблизно 49,7-50,4%. 1000 насіння важать близько 93 ц. Цвітіння і період дозрівання у рослин гібридного сорту «Ясон» проходять рівномірно. Напрямок встановлено як олійна. Парцірність і лужність насіння дорівнює 99,7% і 21-22% відповідно. Максимальна врожайність з 1 гектара становить приблизно 4-4,2 т соняшників. Рослини цього сорту спокійно ростуть в умовах занадто густої посадки, не обсипаються, добре стійкі до вилягання, але можуть неабияк постраждати від сильної посухи і спеки. Що стосується хвороб, то жоден вид роси не зашкодить цим соняшнику, але гниль різного виду може злегка зіпсувати урожай.

Сорт «Люкс» Цей сорт соняшником є результатом ретельного відбору рослин сорту «Донський великоплідний». Завдяки такому хорошому «батьку», соняшники сорту «Люкс» не схильні до дії різного роду захворювань, які вражають, так звані, кондитерські соняшники. Цей сорт відноситься до високо-продуктивним, а ось група стиглості у нього середня. Вегетація затягується, в середньому, на 100-105 днів, що дає можливість зарахувати «Люкс» до раннім сортам. Урожайність дуже висока, в середньому з гектара поля можна отримати 3,2-3,4 т соняшників. Цей сорт хороший тим, що у нього дуже великі насіння, вага 1000 штук до 135-145 доходить р. Ядра великі, прилягають до стінок семянки не дуже щільно. У висоті рослини можуть набирати 175-185 см, а кошик в діаметрі виростає до 25-27 см, має злегка опуклу форму, а також опущена вниз. Жирність становить 44,4 %. Соняшники сорту «Люкс» не пошкоджуються зовсім різними видами вовчка, гнилями, вертіцильозом і Фомопсис, але може трохи

постраждати від несправжньої борошнистої роси. Також цей соняшник є відмінним медоносом. Характеризується досить високою стійкістю до посухи, добре росте в будь-яких ґрунтах і кліматі. Для «Люкса» згубне є загущення.

Сорт «Горішок» був виведений в результаті селекції сортів кондитерського напрямку «Лакомка» та «СПК». Відноситься до ранньостиглий. Підійде для вирощування в будь-яких умовах, які технічно придатні для обробітку цієї культури. Соняшники сорти «Горішок» невисокі, в середньому 160-170 см, виростають за 103-104 дня. Насіння чорного кольору, покриті поздовжніми смужками темно-сірого кольору. За формою семянка овально-довгаста, за розміром більші - 1000 насіння важать 145-150 грам в тому випадку, якщо були дотримані норми густоти вирощування. Цвітуть і дозрівають рослини дружно, насіння зав'язуються навіть в найгірших кліматичних умовах. Відсоток масла в ядрах становить 46-50%. Урожайність дуже висока, на гектар припадає 3,2-3,5 тонн врожаю. Мають генетично вродженим імунітетом до вовчка та соняшникової молі, майже не піддається поразці несправжньої борошнистої роси і фомопсису.

Сорт «Лакомка». «Батьками» даного сорту є біотиби сорти «СПК», які проходили ретельний одиничний відбір. «Лакомка» є великоплідних середньостиглих сортом, який дозріває досить швидко - за 105-110 днів. Цвітіння і дозрівання вирівняні. Кущі дуже високі до 1,9 м, корзинка опущена, опукла в області кріплення насіння, середнього діаметра. Врожайність хороша, по 31-35 центнери з 1 гектара площі. Призначення в сорті універсальне, так як завдяки гарному смаку ці насіння підійдуть для кондитерської галузі, а через високий вміст масла (50 %) їх насіння можна робити супутній продукт. Вихід масла складе приблизно 1,4 тонни з гектара. Насіння самі по собі великі, витягнуті, 1000 штук в вазі досягнутий 130 м Медонос з «Ласуни» відмінний. Також ці рослини не потребують пестициди під час вирощування, так як зможуть вирости до значних розмірів і в поганих

умовах. Не в'яне в спеку, не обсипається і не вилягає. Має імунітет до молі, вовчка, борошнистої роси.

Сорт «Флагман» Ранній сорт соняшнику з періодом вегетації в 90-94 дня. Потенційна врожайність дорівнює 36 ц/га. Рослини дуже високі, більше 2 метрів у висоту. Насіння подовжені, овальної форми, 1000 насінин будуть важити 60-65 м. В них міститься багато рослинного масла - до 55 %, що робить саме цей сорт незамінним при виробництві продукту. Цей сорт соняшнику відрізняється високотехнологічністю, прекрасно реагує на високий агрофон. Швидко пристосовується до нових умов того місця, де вирощуються ці рослини. Чи не уражається борошнистою росою, вовчка, відрізняється високою толерантністю до фомопсису. Соняшники - вкрай прибуткова культура. При продажі великої кількості продукту, можна отримати непоганий прибуток, причому не тільки в грошово еквіваленті, а й у вигляді рослинного масла [18].

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ

### 2.1 Моделювання змін клімату за сценаріями антропогенного впливу RCP

Зміни клімату - одна з основних глобальних проблем. За сучасними уявленнями основний внесок в зміни клімату ХХ ст. пов'язаний з антропогенним впливом на земну кліматичну систему при значній ролі природної кліматичної мінливості.

Сучасне покоління глобальних циркуляційних моделей - хороший інструмент для аналізу ймовірних тенденцій зміни клімату майбутнього. З їх допомогою здійснюють розрахунки великого числа гідрометеорологічних параметрів системи океан-атмосфера: тиску, температури повітря і води, вологості, напрямку і швидкості вітру, опадів і ін. Одні з найбільш важливих для практичних цілей - поля приземної температури повітря і опадів. Використання результатів розрахунку спільних моделей океану і клімату є значущим кроком вперед у розвитку методів дослідження клімату. Нещодавно завершився міжнародний проект CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project phase 5) в порівнянні останніх версій національних спільних моделей океан-атмосфера дає кількісну основу для звіту міжнародної групи експертів зі зміни клімату (IPCC). У цій фазі проекту було підвищено просторово-тимчасовий дозвіл моделей, збільшено кількість використовуваних глобальних циркуляційних моделей, змінені сценарії для розрахунку клімату майбутнього.

В даний час дані для території Європи з високим просторовим і тимчасовим дозволом надаються консорціумом EURO-CORDEX, який є підпроектом Всесвітньої кліматичної програми ВМО і включає в себе близько 30 наукових інститутів. Для оцінки майбутніх змін температури повітря і опадів виявилось можливим використання розрахунків за 40

комбінаціями глобальних і регіональних кліматичних моделей з просторовим дозволом 50 км для різних сценаріїв концентрації парникових газів.

Консорціум EURO-CORDEX для своїх розрахунків використовує сценарії концентрацій парникових газів сімейства RCP (Representative Concentration Pathways) на кінець 21 століття (згідно зі звітом Intergovernmental Panel Climate Change), на відміну від попередніх аналогічних проектів, які використовували сценарії, засновані на змісті емісій парникових газів та соціально-економічних показниках (Special Report on Emissions Scenarios).

Для виконання цих розрахунків були прийняті сценарії RCP8.5 (що відповідає концентрації 520 p.p.m), RCP4.5 (470 p.p.m) [19].

## 2.2 Моделювання водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику

Модель водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику є складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається біологічними особливостями рослин, факторами зовнішнього середовища, взаємозв'язком між самими процесами.

Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі:

Для виконання розрахунків по моделі використовується середня по області агрокліматична інформація, яка має три групи:

1. Опис області (станції);
2. Середня багаторічна агрокліматична інформація;
3. Параметри моделі.

Опис області (станції). До складу цієї групи входять:

$\varphi$  – географічна широта центра області, подається в градусах з десятими;

$W_{\text{нв}}$  – найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту.

Середня багаторічна агрометеорологічна інформація. В склад даної групи входить:



- $W(0)$  – запаси продуктивної вологи у 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків;
- Фенологічні дані – дати настання фаз розвитку: сходи, досягання;
- $n$  – кількість розрахункових декад від сходів до досягання;
- $np$  – кількість днів в кожній розрахунковій декаді;
- $n_0$  – кількість днів від 1 –го січня;
- $N1$  – дата сходів – дата місяця, коли настала фаза;
- $N2$  – місяць сходів: 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень.

Метеорологічні дані за кожну декаду протягом вегетаційного періоду:

$os$  – сума опадів за декаду, мм;

$dww$  – середній за декаду дефіцит вологи повітря, мб;

$ts$  – середня за декаду температура повітря, °С;

$ss$  – середня за декаду сонячна радіація,  $Wt/m^2$ .

Параметри та змінні моделі  $inf(1...29)$ . До складу даної групи входять такі характеристики:

$inf(1)$   $m_l$  – початкові значення росту листя;

$inf(2)$   $m_s$  – початкові значення росту стебел;

$inf(3)$   $m_r$  – початкові значення росту кореня;

$inf(4)$   $m_p$  – початкові значення росту насіння;

$inf(5)$   $ll$  – початкові значення площі листя;

$inf(6)$   $\sum t$  – сума ефективних температур за період сходи – дозрівання;

$inf(7)$   $W_{HB}$  – найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см;

$inf(8)$   $\sum t \alpha_\phi$  – сума температур онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$inf(9)$   $\sum t_{\alpha R}$  – сума температур онтогенетичної кривої дихання;

$inf(10)$   $\sum t$  – сума ефективних температур росту листя;

$inf(11)$   $\sum t$  – сума ефективних температур росту стебел;

$inf(12)$   $\sum t$  – сума ефективних температур росту корня;

$inf(13)$   $\sum t$  – сума ефективних температур роста корзинки;

$inf(14)$   $\sum t$  – сума ефективних температур начала роста корзинки;

$inf(15)$  –  $\alpha_\phi$  – начало онтогенетичної кривої фотосинтезу;

- inf(16) -  $\alpha_R$  – начало онтогенетичної кривої дихання;
- inf(17) -  $C_{o1}$  – очікувана концентрація  $CO_2$  в атмосфері;
- inf(18) -  $C_{o2}$  поточна концентрація  $CO_2$  в атмосфері;
- inf(19) - дорівнює 2;
- inf(20) - УПП – питома поверхнева щільність листя;
- inf(21) -  $C_L$  – частка листя в загальній масі рослини;
- inf(22) -  $C_S$  – частка стебел в загальній масі рослини;
- inf(23) -  $C_R$  – частка коріння в загальній масі рослини;
- inf(24) -  $C_p$  – частка насіння в загальній масі рослини;
- inf(25) -  $R(\Phi_{max})$  - плато світловий кривої фотосинтезу;
- inf(26) -  $b(a_\Phi)$  - початковий нахил світловий кривої фотосинтезу;
- inf(27) –  $B$  – температура початку росту та розвитку (біологічний нуль) культури;
- inf(28) –  $t_{opt}$  – оптимальна для фотосинтезу температура повітря;
- inf(29) - запаси продуктивної вологи у 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків.

Прикладна динамічна модель продуктивності соняшнику призначена для агрометеорологічних розрахунків, описує процеси фотосинтезу, дихання, росту і містить відповідно п'ять блоків (рис. 2.1) : блок вихідної інформації; блок радіаційного і водно-теплого режимів; блок дихання; блок фотосинтезу; блок росту.

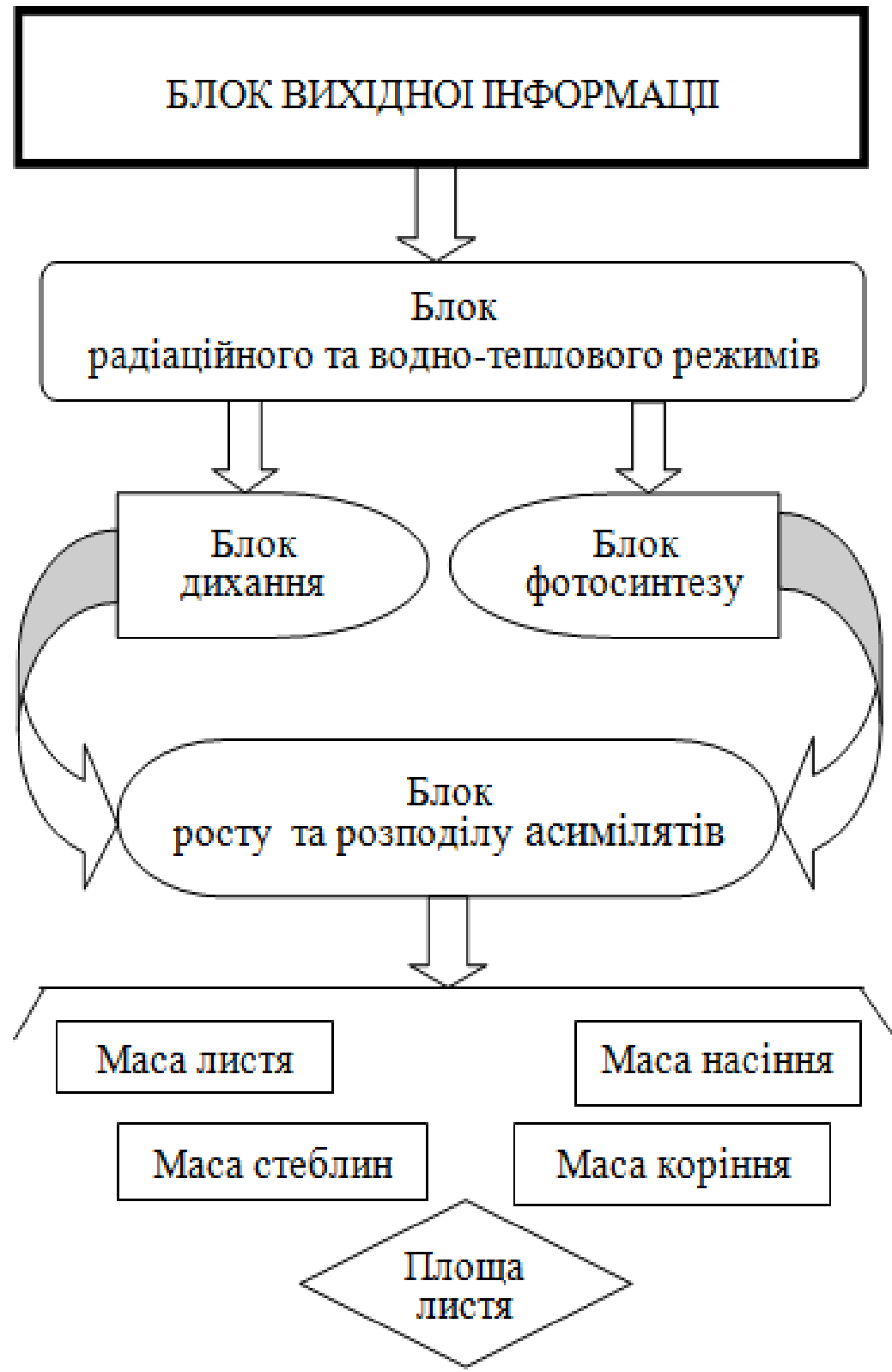


Рисунок 2.1 – Блок-схема математичної моделі водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику

Блок радіаційного і водно-теплого режимів:

Поглинання посівом фотосинтетичної активної радіації розраховується за формулою:

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + C * LAI} \quad (2.1)$$

$I_0^j$  - поглинання сонячної радіації, кал/(см<sup>2</sup>/хв.);

$C = 0,5$  – емпірична постійна величина;

$LAI$  – площа листя, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою:

$$I_0^j = \frac{0.5Q^j}{60\tau_g}, \quad (2.2)$$

де  $Q$  – сумарна сонячна радіація, кал/(см/добу).

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сівкова:

$$Q^j = 12.66(S^j)^{1.31} + 315(\sinh h_0^j)^{2.1} \quad (2.3)$$

де  $S$  – тривалість сонячного сяйва, год.;

$h_0$  – полуденна висота Сонця.

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу та звана «температурна крива фотосинтезу» визначається як:

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774 x_2 \dots n p u \dots t < t_{opt1}^{\phi} \\ 1 \dots n p u \dots t_{opt1}^{\phi} < t_n < t_{opt2}^{\phi} \\ 1.1323 \cos(1.5705 x_3) - 0.1323 \dots n p u \dots t > t_{opt2}^{\phi} \end{cases} \quad (2.4)$$

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

$t_n$  - температура повітря,  $C^0$  ;

$t_o^{\phi}$  - початкова межа оптимальної температури;

$t_{opt1}^{\phi}$  - верхня межа оптимальної температури;

$t_{opt2}^{\phi}$  - нижня межа оптимальної температури;

$t_{max}^{\phi}$  - максимальна температура процесу фотосинтезу.

Зміни запасів вологи в ґрунті  $W$  по декадах визначається за рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + Q^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j \quad (2.5)$$

де  $Q$  – сума опадів за декаду, мм;

$X$  – норма вегетаційного поливу, мм;

$V_w$  - витрати ґрунтових вод в зону аерації, мм;

$E$  – сумарне випаровування, мм;

$U_w$  - інфільтрація атмосферних опадів, мм;

Випарність визначається за допомогою середнього за декаду дефіциту вологості повітря  $d_w$  :

$$E_0^j = 0.65 d_w^j n^j, \quad (2.6)$$

де  $n$  – число днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою:

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3}) / \eta E^j} \quad (2.7)$$

де  $W_{H.B.}$  - найменша вологоємність, мм;

$W_{B.3}$  - волога в'янення, мм;

$\eta$  - безрозмірний параметр, що залежить від виду та фази розвитку рослин.

Блок фотосинтезу:

Сумарний фотосинтез посіву на одиницю площі посіву за світлий час доби визначається за формулою [15]:

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_\tau^j L^j \tau_d^j, \quad (2.8)$$

де  $\Phi^j$  - сумарний фотосинтез посіву, г м<sup>-2</sup> доб<sup>-1</sup>;

$\varepsilon$  - коефіцієнт для перерахунку в одиниці сухої маси, г мг<sup>-1</sup>СО<sub>2</sub>;

$\Phi_\tau^j$  - інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листя в реальних умовах середі, мгСО<sub>2</sub> дм<sup>-2</sup>, яка знаходиться з виразу:

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\Phi^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_\Phi^j, \quad (2.9)$$

де,  $\alpha_\Phi$  - онтогенетична крива фотосинтезу;

$\psi_\Phi$  - температурна крива фотосинтезу;

$\frac{E^j}{E_o^j}$  - вологозабезпеченість, %;

$\Phi_o$  - інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- та вологозабезпеченості та реальних умовах освітленості,  $\text{мгСО}_2 \text{ дм}^{-2} \text{ г}^{-1}$ .

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновіршинна крива, що описується виразом:

$$\alpha_{\phi}^j = 1 - a \left( \frac{TS_2 - \sum t_l^i}{10} \right) \quad (2.10)$$

де параметр  $a$  вираховується за формулою:

$$a = \frac{-100 l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1} \quad (2.11)$$

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою:

$$\Phi_o^j = \frac{\Phi_{\max} a_{\phi} I^j}{\Phi_{\max} + a_{\phi} I^j}, \quad (2.12)$$

де  $\Phi_{\max}$  - інтенсивність фотосинтезу листя при світловому насиченні та нормальній концентрації  $\text{СО}_2$  в атмосфері,  $\text{мгСО}_2 \text{ дм}^{-2} \text{ г}^{-1}$ ;

$a_{\phi}$  - початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,  $\text{мгСО}_2 \text{ дм}^{-2} \text{ г}^{-1} / (\text{Вт})$ .

де  $TS_2$  – сума ефективних температур наростаючим додаванням;

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

$\alpha_{\phi}^j = 0,5$  – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливого значення на початок вегетації при  $TS_2=2$ . Функції  $\alpha_{\phi}^j, \Psi_{\phi}^j$  нормовані й змінюються від 0 до 1.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері розглядають величину  $\Phi_{\max}$  як функцію концентрації  $\text{CO}_2$ .

$$\Phi_{\max} = \tau_C \cdot C_0, \quad (2.13)$$

де  $\tau_C$  – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

$C_0$  – концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері.

Блок дихання:

Витрати на дихання поділяються на дихання, пов'язане з підтриманням структури тканин і на дихання, пов'язане із зростанням:

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (2.14)$$

де  $R$  – інтенсивність дихання,  $\text{г м}^{-2} \text{доб}^{-1}$ ;

$C_1$  – коефіцієнт дихання підтримання,  $\text{г г}^{-1} \text{доб}^{-1}$ ;

$C_2$  – коефіцієнт, що характеризує витрати, які пов'язані з ростом, безрозмірний;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання.

Блок росту:

Приріст біомаси посіву визначається остатком між сумарним фотосинтезом посіву та витратами на дихання:

$$\Delta M^j = \phi^s - R^j \quad (2.15)$$

Ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду описується системою рівнянь [15]:



$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \mathcal{G}_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \mathcal{G}_i^j m_i^j) n^j \end{cases} \quad (2.16)$$

де  $m_i$  - суха біомаса  $i$ -го органу рослин, г/м<sup>2</sup>;

$\beta_i$  - ростова функція вегетаційного періоду, що характеризує розподіл «свіжих» асимілятів, безрозмірна ( $\beta_i \geq 0, \sum \beta_i = 0$ );

$\mathcal{U}_i$  - ростова функція репродукційного періоду, що визначає перетікання «старих», раніше запасених асимілятів при старінні рослини з вегетативних органів у репродуктивні, безрозмірна;

$l$  - листя,  $s$  - стеблини,  $r$  - коріння,  $p$  - насіння.

Динаміка площі асимілюючої поверхні визначається з рівнянь:

$$L^{j+1} = L^j + \left( \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (2.17)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left( \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0, \quad (2.18)$$

де  $\sigma_l$  - питома поверхнева площа листя, г/м<sup>2</sup>;

$k_h$  - параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі листя, безрозмірний [20].

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ НА ТЕРИТОРІЇ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

3.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин

У сучасних умовах при вирішенні задачі раціонального розміщення культур вже недостатньо визначення лише ареалів можливого їх вирощування. Необхідною є отримана на основі інформації про клімат оцінка економічної доцільності вирощування тієї чи іншої культури. Треба цілком обґрунтовано віддавати перевагу одним культурам за рахунок скорочення посівних площ під іншими в конкретному регіоні. Успішне вирішення цих та інших прикладних задач тісно пов'язане з необхідністю розробки нових агрокліматичних показників і вдосконалення методів агрокліматичного районування сільськогосподарських культур.

Багатьма дослідженнями підтверджується, що кращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов тієї чи іншої території для вирощування культурних рослин є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков запропонував використовувати врожайність польових культур як найважливіший агрокліматичний показник. Їм спільно з В.А. Смирновою та А.Т. Никифоровою було виконано агрокліматичне районування території колишнього СРСР за врожайністю одинадцяти зернових культур. Для вирішення цієї задачі були використані дані держсортодільниць та агрометеорологічних станцій за 50-60-ті роки минулого сторіччя.

Географічні особливості в розподілі врожаїв польових культур були розглянуті в тісному взаємозв'язку із зональною мінливістю показників тепла (сумами середньодобових температур повітря вище 5, 10°C) і вологи (сумами опадів і коефіцієнтом зволоження). Було встановлено, що продуктивність

культурних рослин зменшується в напрямку з північного заходу на південь і південний схід по мірі зростання сухості клімату [21].

Визначаючи корисність та інформативність інтегрального показника ступеня сприяння клімату у вигляді врожайності, необхідно зазначити наступне. На абсолютну величину врожайності тієї чи іншої культури впливають не тільки кліматичні умови. Визначальним чинником є культура землеробства, яка залежить, у свою чергу, від рівня селекційної роботи, енергозабезпеченості сільського господарства, вдосконалення агротехнічних прийомів (забезпеченості добривами, меліоративних заходів).

Тому для виявлення впливу погоди і клімату на врожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі врожайності. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова про можливість розкладання часового ряду врожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. У такій постановці часовий ряд врожайності ( $Y_t = 1, 2, \dots, N$ ) можна представити загальною статистичною моделлю такого вигляду:

$$Y_t = f(t) + u_t, \quad (3.1)$$

де  $f(t)$  - стаціонарна складова;  $u_t$  - випадкова складова часового ряду. Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності за аналізований період. Вона представляється плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Таке розкладання обумовлюється тим, що рівень культури землеробства істотно впливає на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в подальші роки, тобто сільське господарство характеризується певною інерційністю, внаслідок чого різких коливань урожаїв двох суміжних років, пов'язаних із зміною культури

землеробства, як правило, не простежується. Тому лінія тренда достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений певною культурою землеробства, економічними і природними особливостями даного району.

Ясно, що в тих районах земної кулі, де природні ресурси краще, досягти бажаного рівня врожайності легше і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами [22].

### 3.2 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренда. Форма тренда і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних вагів, запропонований в агрометеорології А.М. має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

Для визначення ходу ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. На основі фактичного ряду завчасно створюються ковзні серії однакової довжини  $k$  і розраховуються рівняння лінійних відрізків, що мають вигляд

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \quad (i=1,2,3., n-k+1) \quad (3.2)$$

де  $n$  – довжина ряду (загальна кількість точок);  $k$  – число точок, що згладжуються. Загальна кількість рівнянь дорівнює  $n-k+1$ , причому для

$$i=1 \quad t = 1,2.$$

$$i=2 \quad t = 2,3 \dots, k+1$$

$$i=3 \quad t = 3,4 \dots, k+2.$$

Для  $i = n - k + 1$ ,  $t = n - k + 1, n - k + 2$ .

Параметри  $a_i$  і  $b_i$  в рівняннях визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції  $Y_i(t)$  в кожній точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1, 2, 3 \dots, g_i \quad (3.3)$$

де  $g_i$  – кількість визначень  $\bar{Y}_i(t)$  в кожній точці.

Значення, що прогнозується

$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1} \quad (3.4)$$

де  $\bar{W}_{t+1}$  - середній приріст функції  $f(t)$ .

Він розраховується з виразу:

$$\bar{W}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n - W_{t+1} \quad (3.5)$$

де  $W_{t+1}$  - приріст функції  $f(t)$ , який визначається як

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t. \quad (3.6)$$

$C_{t+1}^n$  - гармонійна вага, яка визначається по формулі:

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \quad (3.7)$$

де  $m_{(t+1)}$  – гармонійні коефіцієнти. При їх обчисленні зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більша вага.

Найраніші спостереження мають вагу:

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \quad (3.8)$$

В наступний момент вага інформації  $m_3$  визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (3.9)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням з початковою величиною [23], що виражається рівнянням (3.9)

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.10)$$

### 3.3 Динаміка урожайності соняшника в Лісостепу України

Нами із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності соняшника в Лісостепу України, побудована лінія тренду та розраховані відхилення урожайності від лінії тренду. Для аналізу використовувалися багаторічні середньообласні дані по урожайності соняшника в Лісостепу України за період з 1995 по 2018 роки. Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1 та 3.2, 3.3. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Аналіз середньообласної урожайності соняшнику в Лісостепу України (рис. 3.1) свідчить, що протягом 24 досліджуваних років урожайність коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2013 та 2018 роках було зібрано найбільші для досліджуваної території урожаї – 27,5 – 28,6 ц/га, а рекордний за весь час урожай відмічається у 2015 р. і складає 29,1 ц/га.

Найменші урожаї були зібрані на початку досліджуваного періоду – у 1995-2006 рр. – вони не перевищували 18,0 ц/га. Найнижчий за всі 24 досліджувані роки урожай було зібрано у 2004 році, він становив лише 8,6 ц/га.

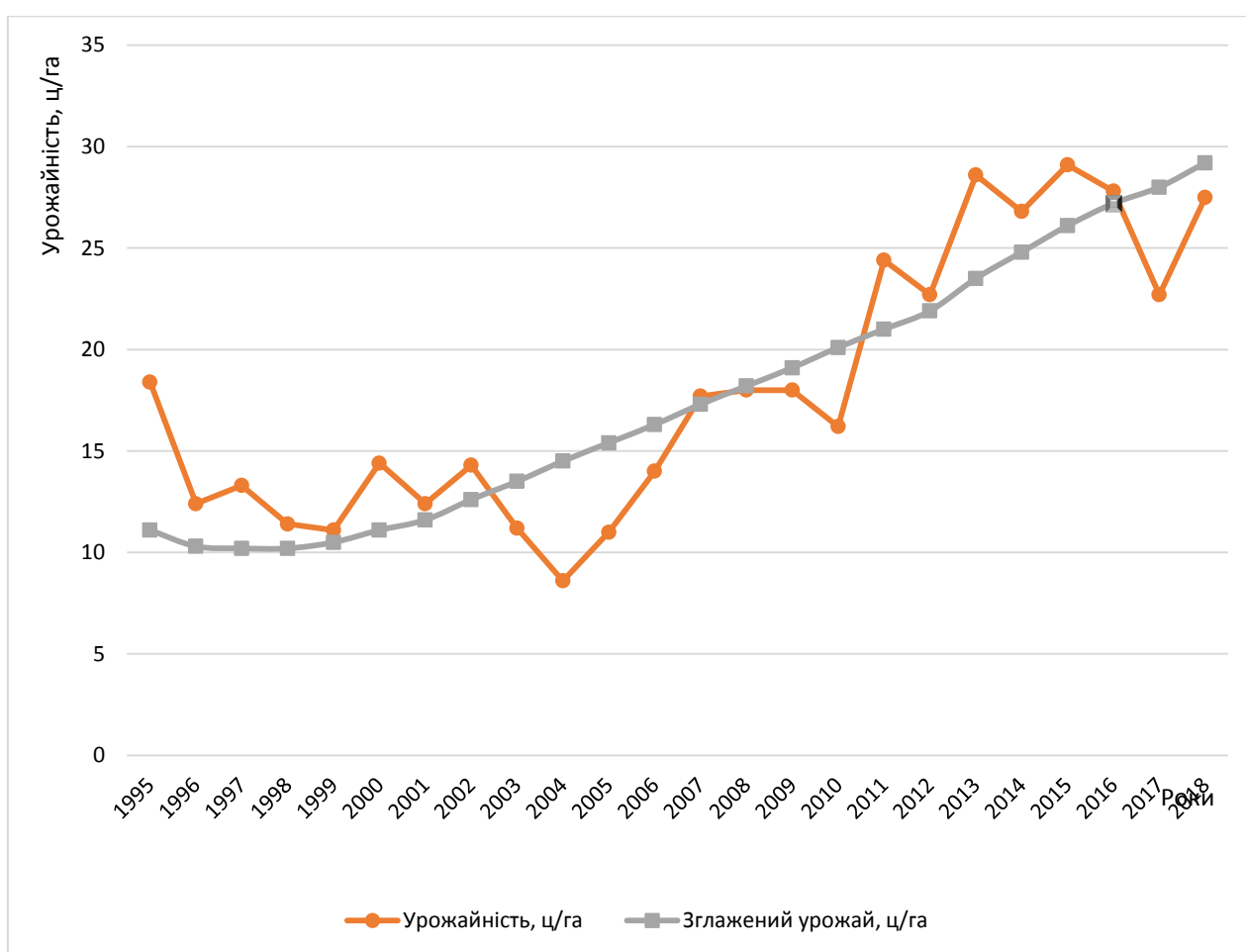


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності соняшнику та лінія тренду в Лісостепу України

За досліджуваний період спостерігається зростання трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури

землеробства за період дослідження. Активне зростання відбувається протягом всіх 24 років, з кожним роком значення збільшуються в середньому на 1-2 ц/га . Так, у 1996 р. трендова компонента урожайності становила 12,4 ц/га, а наприкінці дослідження – у 2018 р. – 27,5 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність склала 18,0 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю соняшнику, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 24 роки у 9 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2003 р. -5,9 ц/га, у 2016 р. -5,3 ц/га і у 2009 р. -3,9 ц/га.

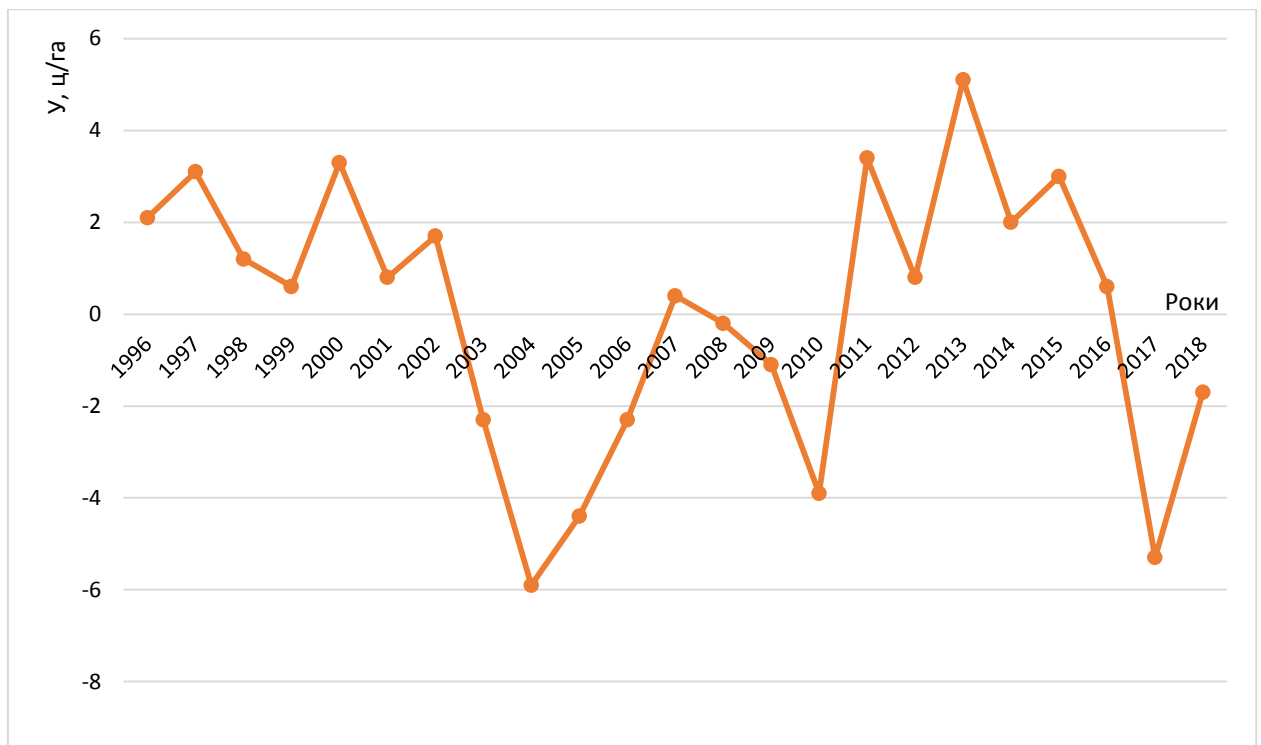


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності соняшнику від лінії тренду в Лісостепу України

Найбільш неврожайними для соняшнику були, як вже відзначалось, 2003 та 2016 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю відбувалося за рахунок сприятливих погодних



умов. Найбільш сприятливим для вирощування соняшнику в Лісостепу України був 2012 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 5,1 ц/га.

Як можна бачити з рисунка, також великі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2011 р. – 3,4 ц/га, у 2015 р. 3 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що залежність урожаю соняшнику в Лісостепу України від кліматичних умов є значною, хоча відбувається суттєвий ріст культури землеробства [24].

Згідно з дослідженнями В.М. Пасова, в будь-якому сільськогосподарському районі динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання (іноді вельми суттєві), що пов'язані з особливостями погоди різних років.

Зміни культури землеробства у часі формують лінію тренду. За таким підходом загальну дисперсію урожайності  $\sigma^2$  можна розглядати як добуток двох складових, одна з яких характеризує внесок, що надає динаміка культури землеробства  $\sigma_a^2$ , а друге – мінливістю погоди  $\sigma_m^2$ . Тоді:

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad (3.11)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2. \quad (3.12)$$

Величина  $\sigma_m$  більш стійка у часі ніж  $\sigma$ , тому що до складу останньої входить величина  $\sigma_a$ , що суттєво змінюється у часі.

Розрахунок  $\sigma_m$  можна проводити за наступних формул:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.14)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.15)$$

де  $y_i$  – урожайність конкретного року;

$\bar{y}$  – середньобогаторічна урожайність;

$y_{iT}$  – динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році);

$n$  – кількість років дослідження [25].

Для того, щоб вірно оцінити мінливість урожайності, окрім дисперсії необхідно враховувати і рівень врожайності. Відомо, що урожайність однієї і тієї ж культури в різних кліматичних зонах може відрізнятись на 100% та більше. Тому для оцінки мінливості урожайності краще користуватись коефіцієнтом варіації  $c_v$ :

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{y}}. \quad (3.16)$$

Згідно до методики В.М. Пасова [26], оскільки особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди, то до формули (3.16) замість  $\sigma$  слід ввести  $\sigma_m$ :

$$c_v = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (3.17)$$

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв соняшнику в Лісостепу України. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань. Хід розрахунків наводиться у таблиці 3.1.

$$c_v = \frac{1}{18} \sqrt{\frac{990-927}{24-1}} = \frac{1}{18} \sqrt{\frac{63}{23}} = \frac{1}{18} \sqrt{2,7} = 0,09$$

В.М. Пасов стосовно кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці та озимого жита для характеристики території вирощування культури пропонує такі градації, які можна застосувати й для інших сільськогосподарських культур:

Таблиця 3.1 – Розрахунок кліматичної складової урожаїв соняшнику

$n$	Рік	$y$	$y_T$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1995	18,4	11,1	0,4	0,2	-6,9	47,6
2	1996	12,4	10,3	-5,6	31,4	-7,7	59,3
3	1997	13,3	10,2	-4,7	22,1	-7,8	60,8
4	1998	11,4	10,2	-6,6	43,6	-7,8	60,8
5	1999	11,1	10,5	-6,9	47,6	-7,5	56,3
6	2000	14,4	11,1	-3,6	13,0	-6,9	47,6
7	2001	12,4	11,6	-5,6	31,4	-6,4	41,0
8	2002	14,3	12,6	-3,7	13,7	-5,4	29,2
9	2003	11,2	13,5	-6,8	46,2	-4,5	20,3
10	2004	8,6	14,5	-9,4	88,4	-3,5	12,3
11	2005	11	15,4	-7	49,0	-2,6	6,8
12	2006	14	16,3	-4	16,0	-1,7	2,9
13	2007	17,7	17,3	-0,3	0,1	-0,7	0,5
14	2008	18	18,2	0	0,0	0,2	0,0
15	2009	18	19,1	0	0,0	1,1	1,2
16	2010	16,2	20,1	-1,8	3,2	2,1	4,4
17	2011	24,4	21	6,4	41,0	3	9,0
18	2012	22,7	21,9	4,7	22,1	3,9	15,2
19	2013	28,6	23,5	10,6	112,4	5,5	30,3
20	2014	26,8	24,8	8,8	77,4	6,8	46,2
21	2015	29,1	26,1	11,1	123,2	8,1	65,6
22	2016	27,8	27,2	9,8	96,0	9,2	84,6
23	2017	22,7	28	4,7	22,1	10	100,0
24	2018	27,5	29,2	9,5	90,3	11,2	125,4
Середнє		18					
Сума					990		927

- зона найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв ( $c_m \leq 0,20$ );
- зона помірно стійких урожаїв ( $c_m = 0,21 - 0,29$ );
- зона нестійких урожаїв ( $c_m \geq 0,30$ );
- зона дуже нестійких урожаїв ( $c_m \geq 0,50$ ) [27].

Деякі дослідники пропонують вважати зонами дуже нестійких урожаїв території з  $c_m \geq 0,40$ .

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою:

$$\partial_{c_m} = \frac{c_m \sqrt{1+c_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (3.18)$$

де  $n$  – довжина ряду.

В нашому випадку  $n=23$ , отже помилка  $\partial_{c_m}$  дорівнює:

$$\partial_{c_m} = \frac{0,09\sqrt{1+(0,09)^2}}{\sqrt{2(24-1)}} = \frac{0,09\sqrt{1+0,0081}}{\sqrt{46}} = \frac{0,05\sqrt{1,0081}}{6,78} = \frac{0,05}{6,78} = 0,007$$

Таким чином Лісостеп України можна віднести до території найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв.

### 3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв соняшнику

У прикладній кліматології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. З метою ущільнення метеорологічної інформації і підвищення рівня обслуговування сучасних запитів практики розробляються непрямі методи розрахунку складніших і необхідних параметрів клімату на додаток до середніх багаторічних характеристик.

Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик клімату, але і як вони були отримані, яка міра розсіяння значень випадкових величин щодо середньої, яка частота повторюваності кожного з членів сукупності. В цьому плані досить детально була досліджена просторово-часова структура різних характеристик термічного режиму повітря, оскільки для них є багато достовірних даних спостережень.

В агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості гідрологічних і агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

де  $P_{(x_m)}$  - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають,

$m = 1, 2, \dots, n$  - порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення,

$n$  - число років або спостережень в ряді.

Алексєєв показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості, визначена по основних статистичних параметрах ( $\bar{x}$ ,  $\sigma_x$ ,  $c_x$ ) і побудована за допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_p = \bar{x} + \sigma_x + \varphi(p, c_x) \quad (3.20)$$

повинна пройти через три опорні точки  $x_{P_1}$ ,  $x_{P_2}$ ,  $x_{P_3}$ , що відповідають значенням імовірності  $P_1 = 5\%$ ,  $P_2 = 50\%$ ,  $P_3 = 95\%$  емпіричної кривої, отриманої з виразу (3.11). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння

$$\begin{aligned}
 \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) &= xP_1 \\
 \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) &= xP_2 \\
 \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) &= xP_3
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

з трьома невідомими ( $x$ ,  $\sigma$ ,  $c_S$ ) можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих формул.

У випадку нормального розподілу задача зводиться до знаходження ( $x$ ,  $\sigma$ ,  $c_S$ ), які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{x_{P1} - x_{P3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_3, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}},$$

(3.22)

де ( $x_5 - x_{95}$ ) – різниця нормованих відхилень, що відповідає прийнятій величині  $c_S$ ,

$$\bar{x} = x_{P2} - \sigma_x \varphi(P_2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50}$$

(3.23)

де  $\varphi_{50}$  – нормоване відхилення, відповідне забезпеченості  $P = 50\%$  при прийнятому  $c_S$  [28].

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю соняшнику для Лісостепу України. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1995 по 2018 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.1.

За цими даними було побудовано криву сумарної ймовірності можливих урожаїв соняшнику щодо середніх багаторічних значень (рис. 3.2). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Потім з кривої сумарної ймовірності знімалися значення урожаю соняшнику різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.2 [29].

Таблиця 3.1 – Розрахунок ймовірності урожаїв соняшника. Лісостеп  
України

№	Роки	Ряд урожайності, ц/га		$P_x, \%$
		Фактичний	Ранжований	
1	1995	18,4	29,1	1
2	1996	12,4	28,6	7
3	1997	13,3	27,8	11
4	1998	11,4	27,5	16
5	1999	11,1	26,8	20
6	2000	14,4	24,4	24
7	2001	12,4	22,7	28
8	2002	14,3	22,7	32
9	2003	11,2	18,4	36
10	2004	8,6	18,0	40
11	2005	11,0	18,0	44
12	2006	14,0	17,7	48
13	2007	17,7	16,2	52
14	2008	18,0	14,4	56
15	2009	18,0	14,3	60
16	2010	16,2	14,0	64
17	2011	24,4	13,3	68
18	2012	22,7	12,4	72
19	2013	28,6	12,4	76
20	2014	26,8	11,4	81
21	2015	29,1	11,2	85
22	2016	27,8	11,1	89
23	2017	22,7	11	93
24	2018	27,5	8,6	97

В Лісостепу України урожаї соняшнику порядку 29,5 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в двох роках з п'яти отримують урожай 19,8 ц/га (ймовірність 40%), а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 10 ц/га.

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв соняшнику по Лісостепу України можна зробити висновок, що не дивлячись на підвищення урожаїв протягом останніх років, несприятливі погодні умови здатні суттєво знизити урожайність у порівнянні з середньо багаторічною урожайністю. Тому при вирощуванні соняшнику необхідно детально оцінювати агрокліматичні ресурси території [30].

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв соняшнику (ц/га) в Лісостепу України

$\bar{y}$ , ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
18	29,5	27,3	25	22,1	19,8	16,4	14,8	12,5	11	10,2	10



## **4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ**

### **4.1 Оцінка термінів сівби та дат настання фаз розвитку соняшника**

На території Лісостепу України за період з 1986 по 2005 роки, що вважається базовим, сівба соняшнику спостерігалась у третій декаді квітня (29.04). Тривалість періоду від сівби до сходів соняшнику складала 17 днів. Цвітіння соняшнику спостерігається в третю декаду липня (27.07). Збиральна стиглість в середньому наступала 16 вересня (рис. 4.1).

Тривалість всього кліматичного періоду від сівби до збиральної стиглості склав 140 днів.

За умов реалізації сценаріїв змін клімату RCP4.5 та RCP8.5 терміни сівби в Лісостепу України зміняться на більш ранні дати, а саме на 13 днів раніше ніж у базовий період ( 16 квітня).

Відповідно і зміняться дати настання цвітіння соняшнику, але зовсім незначно: за сценарієм RCP4.5 цвітіння наступить у третій декаді липня, що є на два дні раніше (21 липня), за сценарієм RCP8.5 навпаки на два дні пізніше ніж у кліматичному періоді, і відповідно 25 липня.

Збиральна стиглість насіння соняшника в базовий період спостерігається 16 вересня, а за сценарними даними воно наступатиме раніше на 9-11 днів та буде спостерігатися в першу декаду вересня.

В наслідок зміщення термінів настання фаз розвитку соняшнику в бік більш ранніх тривалість періоду його вегетації в Лісостепу України (на 1-3 дні раніше) відрізнятимуться від середньої багаторічної, але незначно [31].

Таблиця 4.1 – Фази розвитку соняшнику за середніми багаторічними даними та сценаріями змін клімату RCP4.5 і RCP8.5. Лісостеп України

Кліматичний період	Сівба	Фази розвитку			Тривалість періоду, дн
		Сходи	Цвітіння	Збиральна стиглість	
Базовий період					
1986-2005	29.04	15.05	23.07	16.09	140
Сценарій RCP4.5					
2021-2050	16.04	06.05	21.07	07.09	144
Різниця	-13	-9	-2	-9	+4
Сценарій RCP8.5					
2021-2050	16.04	05.05	25.07	05.09	141
Різниця	-13	-10	+2	-11	+1

#### 4.2 Оцінка температурного та теплового режиму

Оцінка проводилась по двом міжфазним періодам (сходи-цвітіння, цвітіння-збиральна стиглість) та за весь вегетаційний період (рис. 4.2).

В період сходи-цвітіння за середніми багаторічними даними середня температура повітря становить 18,7 °С, що є вищою на 1,1°С ніж за сценарієм RCP4.5 та на 2,2 °С ніж за сценарієм RCP8.5. В цей період теплозабезпеченість культури за базовими даними становить 742 °С. За сценарними даними різниця є несутевою і знаходиться в межах ( 5... 10°С).

Таблиця 4.2 – Агрокліматичні показники температурного режиму та теплозабезпеченості соняшнику за середніми багаторічними даними та за сценаріях змін клімату. Лісостеп України

Кліматичний період	Міжфазний період						Вегетаційний період		
	Сходи - цвітіння			Цвітіння - збиральна стиглість					
	Середня температура, °С	Сума ефективних температур, °С	Тривалість періоду, дні	Середня температура, °С	Сума ефективних температур, °С	Тривалість періоду, дні	Середня температура, °С	Сума ефективних температур, °С	Тривалість періоду, дні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Базовий період									
1986-2005	18,7	742	69	18,1	569	55	17,5	1322	141
Сценарій RCP4.5									
2021-2050	17,6	737	76	20,2	572	48	17,1	1306	144
Різниця	-1,1	-5	+7	+2,1	+3	-7	-0,4	-16	+3
Сценарій RCP8.5									
2021-2050	16,5	740	74	19,2	578	42	16,3	1318	142
Різниця	-2,2	-2	+5	+1,1	+9	-13	-1,2	-4	+1

В наступному періоді від цвітіння до збиральної стиглості середня температура повітря в базовому періоді становить 18,1°С. За сценарними даними RCP4.5 середня температура очікується вищою на 2,1°С та за RCP8.5 на 1,1°С. Сума ефективних температур що накопилася за цей період також суттєво не відрізняється від базового періоду. Різниця складає від 3 до 9°С.

За весь вегетаційний період середня температура повітря за першим сценарієм зменшиться з 17,5°C до 17,1°C, тобто спостерігається незначні зміни, а саме на 0,4°C. За другим сценарієм зміни більш суттєвіші і складають різницю в 1,2°C. Розглядаючи суми ефективних температур, видно що накопичення температур за вегетаційний період з 1986-2005 роки становили 1322°C. За сценарними даними суми температур будуть незначно нижче. За сценарієм змін клімату RCP4.5 складатимуть 1306°C, а за RCP8.5 - 1318 °C. Тривалість вегетації соняшнику в Лісостепу України складала 144 дні. За умов реалізації сценаріїв різниця спостерігається 1-3 дні і не є суттєвою [32].

#### 4.3 Оцінка зволоження та вологозабезпеченості соняшника

Таблиця 4.3 – Агрокліматичні показники вологозабезпеченості соняшнику за середньо багаторічними даними з 1986 по 2005 рр. та за сценаріями змін клімату. Лісостеп України

КЛІМАТИ ЧНИЙ ПЕРІОД	Сходи – цвітіння				Цвітіння – збиральна стиглість				Веgetаційний період	
	Сума опадів, мм	Волого споживання, мм	Волого потреба, мм	Вологозабез- печеність, відн.од	Сума опадів, мм	Волого споживання, мм	Волого потреба, мм	Вологозабез- печеність, відн.од	Сума опадів, мм	Вологозабез- печеність, відн.од
Базовий період										
1986 – 2005	178	209	326	0,64	84	75	179	0,41	262	0,56
Сценарій RCP4.5										
2021-2050	118	174	276	0,63	37	76	295	0,26	155	0,43
Різниця	-60	-35	-50	-0,01	-47	+1	+116	-0,15	-107	-0,13
Сценарій RCP8.5										

2021-2050	113	178	281	0,63	35	77	282	0,27	163	0,45
Різниця	-65	-31	-45	-0,01	-49	+2	+103	-0,14	-99	-0,11

Для аналізу зволоження було розглянуті суми опадів за вегетаційний період. За базовим періодом суми опадів склали 262 мм, що є значно вище ніж за сценарними даними (табл. 4.3). За умов реалізації RCP4.5 кількість опадів становитиме 155 мм, що на 107 мм менше ніж з 1986 по 2005 роки. При реалізації сценарію RCP8.5 сума опадів становитиме 163 мм, різниця становитиме 99 мм.

Сума опадів за міжфазний період сходи – цвітіння за 1986-2005 роки складала 178 мм. За умов реалізації RCP4.5 за цим періодом кількість опадів становитиме 118 мм, що на 60 мм менше. При реалізації сценарію RCP8.5 сума опадів становитиме 113 мм, різниця становитиме 65 мм. Порівнюючи сценарії змін клімату між собою, видно що різниця є не суттєвою і складає 5 мм.

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

У перший міжфазний період за базовими даними вологозабезпечення соняшнику в Лісостепу України складала 0,64 відн.од. Видно, що при реалізації сценаріїв змін клімату змінення майже не відбудуться. Вони складатимуть 0,01 відн.од.

У другий міжфазний період цвітіння – збиральна стиглість посіви соняшника забезпечувалися вологою на 0,41 відн.од. За сценарієм RCP4.5 вологозабезпечення складати

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду соняшнику в Лісостепу України за умов реалізації сценарію RCP4.5 протягом 2021-2050 рр. суттєво зміняться, про що свідчить значення 0,43 відн.од., тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 0,56 відн.од. За умов реалізації

сценарію RCP8.5 умови вологозабезпеченість у порівнянні з базовим значенням також знизяться до 0,45 відн.од. [33].

#### 4.4 Оцінка фотосинтетичної продуктивності

Як видно з табл. 4.4, під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування соняшнику, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури.

Таблиця 4.4 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності соняшнику за середніми багаторічними даними (1986 - 2005 рр.) та сценаріями зміни клімату RCP4.5 і RCP8.5. Лісостеп України

Кліматичний період	Показники фотосинтетичної продуктивності в період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал, м2/м2	Біомаса, г/м2		Урожай, ц/га
	Площа листя, м2/м2	Приріст маси, г/м2 дек		Загальна	Корзинки	
Базовий	2,3	137	181	768	392	29,1
Сценарій RCP4.5						
Клімат	4,1	233	286	1018	429	31,8
Різниця	+1,8	+96	+105	+250	+37	+2,7
Клімат+CO2	4,3	251	311	1090	460	34,0
Різниця+CO2	+2,0	+114	+130	+322	+68	+4,9
Сценарій RCP8.5						
Клімат	3,9	221	312	957	388	28,4
Різниця	+1,6	+84	+131	+189	-4	-0,7

Клімат+CO <sub>2</sub>	4,2	244	337	1047	425	31,5
Різниця+CO <sub>2</sub>	+1,9	+107	+156	+279	+33	+2,4

Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів такими показниками являються розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси (табл. 4.3).

Розглянемо динаміку цих показників протягом вегетації соняшнику за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами.

На рис. 4.1 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів соняшника в умовах зміни клімату за сценарними варіантами в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Лісостепу України. За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 у Лісостепу України відбудеться збільшення максимальної відносної площі листя до 4,1 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (проти 2,30 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> максимальна відносна площа листя збільшиться до 4,30 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Таким чином, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту CO<sub>2</sub> призведе до збільшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,8 та 2,0 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

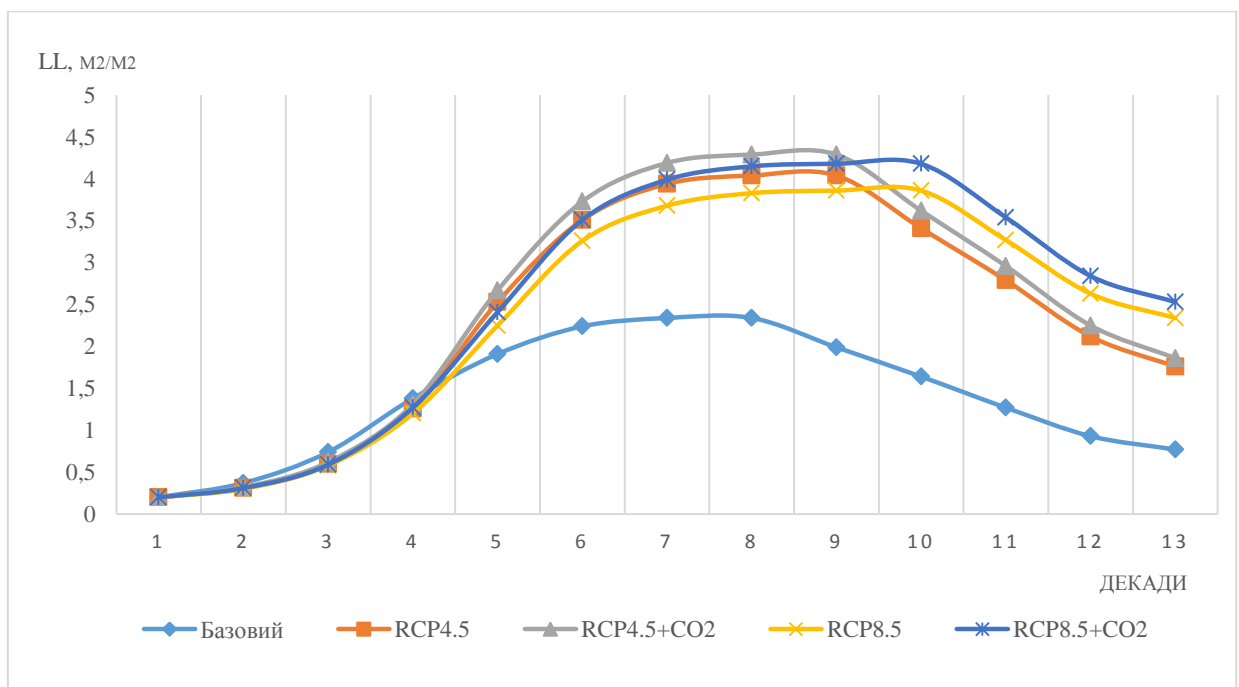


Рисунок 4.1 - Динаміка площі листя соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями змін клімату RCP4.5 і RCP8. Лісостеп України

За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP8.5 у Лісостепу України відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до  $3,90 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя зменшиться до  $4,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Тобто, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до збільшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,6 та  $1,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

У відповідності із змінами площі листя буде змінюватись і значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП).

Розрахунки за обома сценаріями і по всіх варіантах показали, що в період з 2021 по 2050 рр. відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність збільшення різна за різними сценаріями і за варіантами.

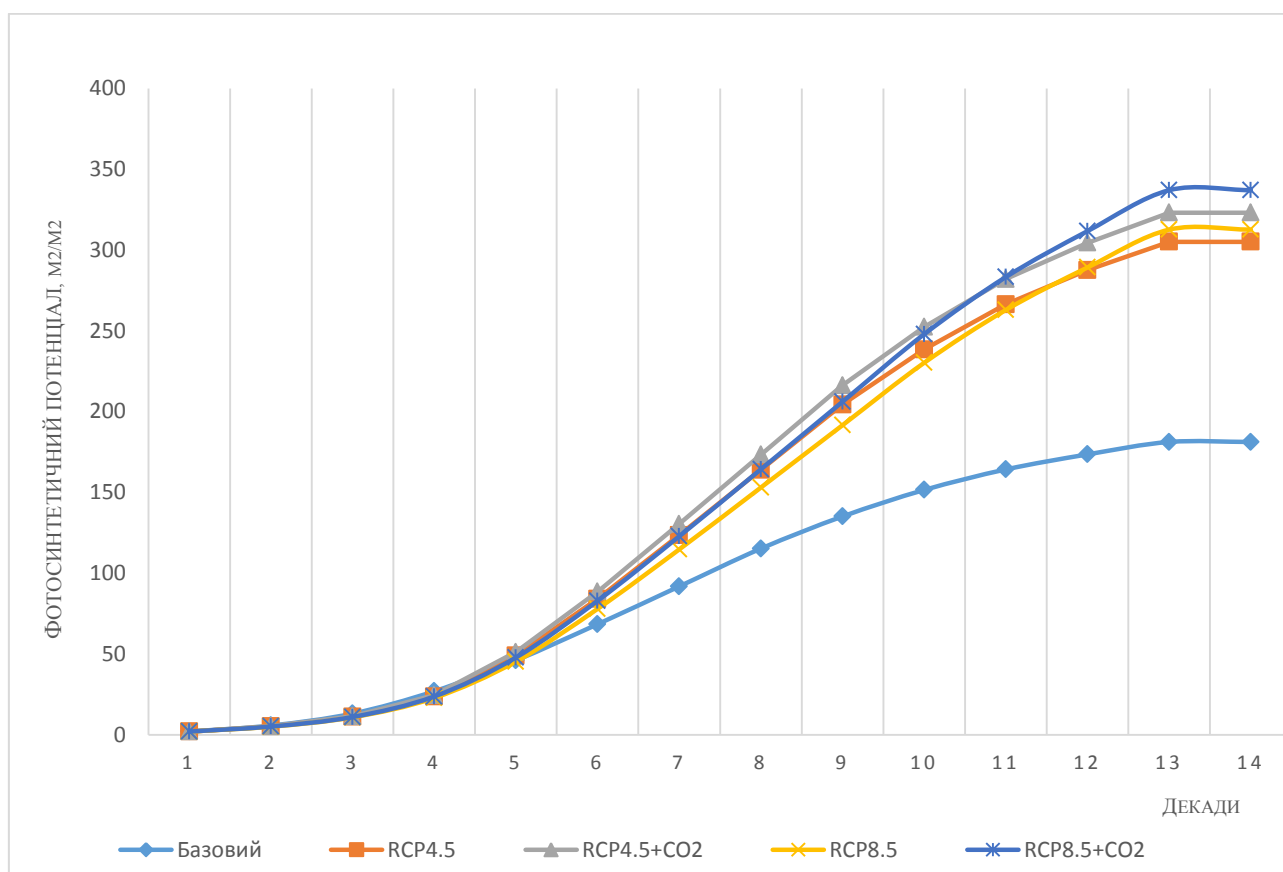




Рисунок 4.2 - Фотосинтетичний потенціал соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 і RCP8.5. Лісостеп України

Значення фотосинтетичного потенціалу в базовому періоді досягали значення  $181 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до кінця вегетаційного періоду. Найбільший ФСП спостерігається за сценарним періодом RCP8.5 зі збільшення  $\text{CO}_2$  і має набувати значення  $337 \text{ м}^2/\text{м}^2$

До шостої декади вегетації значення ФСП співпадають з базовим періодом (1986-2005 рр.).

На рис. 4.3 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Лісостепу України.

За базовим періодом суха маса соняшнику набуває в фазі дозрівання значення  $768 \text{ г}/\text{м}^2$ , що є максимум за 1986-2005 роки. Найкращий варіант накопичення сухої маси спостерігається за сценарієм змін клімату RCP4.5 зі збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Воно стрімко росте з сьомої по десяту

декаду. Максимум набуває в кінці вегетації – 1090 г/м<sup>2</sup>.

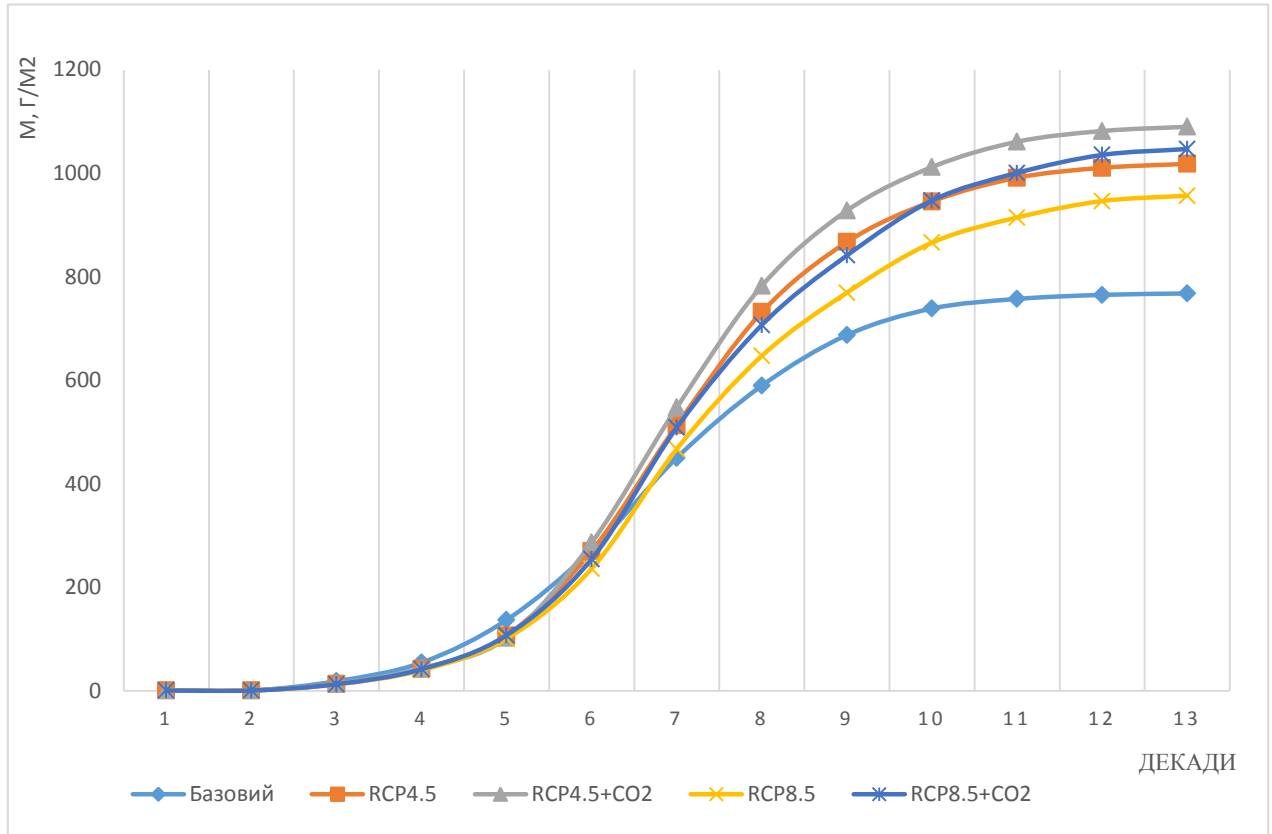


Рисунок 4.3 - Динаміка сухої маси соняшника за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 і RCP8.5. Лісостеп України.

В базовий період з 1986 по 2005 роки урожайність соняшника склала 29,1 ц/га, За сценарієм змін клімату RCP4.5 складатиме 31,8 ц/га, а з урахуванням збільшення CO<sub>2</sub> приведе до зростання значень урожайності до 34 ц/га.

За реалізацією сценарію RCP8.5 урожайність незначно знизиться до 28,4 ц/га, що становитиме на 0,7 ц/га менше за базовий період. Зі збільшення CO<sub>2</sub> за цим же сценарієм урожайність збільшиться порівняно з 1986-2005 роки на 2,4 ц/га.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі вивчені теоретичні питання щодо агроекологічних і агротехнічних умов вирощування соняшнику в умовах кліматичних змін на сільськогосподарських угіддях Лісостепу України, що дозволило вирішити ряд таких завдань:

- технологія вирощування та сорти соняшнику в Україні;
- зміни клімату та їх вплив на сільське господарство;
- модель водно-теплогового режиму та продуктивності соняшнику;
- моделі зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5;
- ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу України.

За допомогою моделі виконані розрахунки та дана оцінка продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату на території Лісостепу України:

1. Визначені дати настання та тривалості основних фаз розвитку соняшнику за базовим періодом та за сценарними даними змін клімату. Встановлено, початок сходів відбувається в третю декаду квітня за базовий період та на 13 днів раніше за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5. Очікується незначна але подовження тривалості вегетації на 1...3 дні.

2. За результатами розрахунків проведено аналіз теплового режиму та теплозабезпеченості соняшнику. Встановлено, що сума ефективних температур за період сходи – збиральна стиглість дорівнює 1322 °С. За сценарними даними зміни очікуються не сутєвими.

3. Проведено аналіз теплового режиму та теплозабезпеченості соняшнику. Очікувані погодні умови першого періоду вегетації за обома кліматичними сценаріями сприятимуть доброї вологозабезпеченості, тому зростання дефіциту вологи в другому періоді не матимуть значного впливу на загальну забезпеченість вологою посівів соняшнику.

4. Визначено основні показники фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику за агрокліматичних умов Лісостепу України. Визначено, що при реалізації обох сценаріїв і RCP4.5 і RCP8.5 очікуватиметься збільшення продуктивні посівів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Екологія, 2011. 696 с.
2. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового, Н.С. Лободи. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.
3. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника): монография /И.Д. Ткалич, Ю.И. Ткалич, С.Г. Рычик / за ред. док-ра с.-х. наук, проф. И.Д. Ткалича. Днепропетровск, 2011. 172 с.
4. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. (Серія 2, ч. 2). Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. Київ: ДОД Держкомгидромету України, 1993. 718 с.
5. Агроклиматический атлас Украинской ССР / за ред. С.А. Сапожниковой. Киев: Урожай, 1964. 36 с.
6. Агрокліматичний довідник по Кіровоградській області (1986 – 2005 рр) / за ред. О.І. Юрченко, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011. 212 с.
7. Агрокліматичний довідник по Вінницькій області (1986 – 2005 рр)/ за ред. О.І. Юрченко, Ю.М. Власова. Одеса: Астропринт, 2011. 212 с.
8. Агрокліматичний довідник по Харківській області (1986 – 2005 рр)/ за ред. О.І. Юрченко. Одеса: Астропринт, 2011. 164 с.
9. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. - К.: Видавництво Раєвського, 2003. 9 с.
10. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 143с.
11. Пустовойт Б. С. Соняшник. М.: Колос, 1975. 591 с.

12. Троценко В.І. Соняшник, селекція, насінництво, технологія вирощування: монографія. Суми: 2011. 579 с.
13. Орлов. А.А. Нюанси харчування і посіву соняшника. Зерно. Київ. 2013. № 1. С. 131-144
14. Орлов А.А. Соняшник. Біологія, культивування, хвороби і шкідники: навчальний посібник. Київ, 2013. 624 с.
15. Манько Л.А. Ступінь насичення сівозмін соняшником та його вплив на розповсюдження хвороб/ навчальний посібник: Полтава, 2010. 183 с.
16. Аристов С.Н. Вирощування соняшнику - технологія виробництва. 2007. 148 с.
17. Грабар Л.А. Вплив удобрення на формування продуктивності соняшнику /Л.А. Грабар, Е.М. Горбатюк. Сайт SWorld. URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/uk/agriculture>.
18. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2015 рік (станом на 14.01.2015) URL: <http://vet.gov.ua/sites/default/files/ReestrEU-2015-01-04a.pdf>.
19. Жигайло О. Л., Жигайло Т. С. Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP/ Український гідрометеорологічний журнал. 2017. № 20. С. 71-78.
20. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса: Екологія, 2013. 432 с.
21. Сапожникова С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. - М.: Изд. МСХ СССР, 1958. С. 14-37.
22. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. - М.: Госпланиздат, 1949. 318 с.
23. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 175 с.

24. Польовий А.М. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319 с.
25. Урожай онлайн. Как идет уборка урожая в Украине URL: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2018>.
26. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 128 с.
27. Ермакова Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале / за ред. Л.Н. Ермакова: географический вестник, Пермь. 2005. №1. С. 100 – 112.
28. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 362 с.
29. Sunflower production guide for cambodian conditions. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) 2016. Canberra. 56 pp.
30. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю.В. Дослідження динаміки урожайності соняшника в Вінницькій області / Матеріали XLIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії», Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 18-20.
31. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю.В. Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у Східному Степу України / XXXIII Международной научно-практической интернет-конференции. Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах Европы и Азии. Переяслав-Хмельницкий, 2016. С. 20-23
32. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю. В. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність соняшнику в Україні за сценарієм А2 / Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції, Полтава, 2017. С. 23-25.
33. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю.В. Моделювання продуктивності соняшнику в Вінницькій області / Матеріали наукової конференції молодих вчених. Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення. Одеса: ОДЕКУ, 2018. С. 33-35.

## **ДОДАТКИ**



ДОДАТОК А

**БАЗОВА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ  
СОНЯШНИКА**

```

*****
с БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
ПОДСОЛНЕЧНИКА
common
dww(15), os(15), ss(15), dv(15), inf(
50), ts(15)
common n, t0, n2, n1, fi
Character*4 a1, a2, a3, a4
real inf
integer t0, dv
kb=1
open
(unit=5, file='ModPod.dat', status=
'old', form='formatted')
Open
(UNIT=6, FILE='ModPod.res')
read(5, 100) kb
do 30 i=1, kb
read(*, 116) a1, a2, a3, a4
read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 100) n, t0, n1, n2, fi
read(*, 1141)
read(*, 102) (ts(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 102) (dww(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 102) (os(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 101) (ss(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 115) (dv(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 101) (inf(j), j=1, 29)
read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 1141)

118 format(1x, 72('-'))
write(*, 118)
print *, 'Informazionniy
massiv, parametri modeli:'
write(*, 101) (inf(j), j=1, 29)
write(*, 119)
119 format(1x, 72('='))
write(*, 120)
120 format(1x, ' РЕЗУЛЬТАТЫ
РАСЧЕТОВ')
write(*, 119)
call dmpp
100 format(4i3, f6.2)
101 format(10f8.3)
102 format(14f5.1)
115 format(24i3)
116 format(4a4)
1141 format(4a20)
30 continue
stop
end
subroutine dmpp
dimension
11m(15), qm(15), ts1m(15), ts2m(15)
common
dww(15), ts(15), ss(15), dv(15), inf(
50), os(15)
dimension
j1m(15), gim(15), flm(15), ksi(15), g
amfm(15), blm(15),
read(*, 1141)
read(*, 1141)
write(*, 119)
WRITE(6, 234)
WRITE(6, 236)
234
FORMAT(10X, 'БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МО
ДЕЛЬ')
236
FORMAT(10X, 'ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВ
НОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА)
write(*, 119)
write(6, 117)
117
format(10x, 'ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ')
write(6, 118)
write(*, 116) a1, a2, a3, a4
print *, 'Chislo dekad;
chislo dney ot 1-go janvarj; data
vsxodov'
print *, 'mesjz vsxodov;
schirota punkta:'
write(*, 100) n, t0, n1, n2, fi
print *, ' Summa osadkov za
dekadu (mm):'
write(*, 102) (ts(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
defizit wlagnosti vozduxa (mb):'
write(*, 102) (dww(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
tempstratura vozduxa (grad. C):'
write(*, 102) (os(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
colnechn. radiacij, Wt/m2'
write(*, 101) (ss(j), j=1, n)
print *, ' Chislo dney v
rashetnoy deкаде:'
write(*, 115) (dv(j), j=1, n)

1
bsm(15), brm(15), bpm(15), aflm(15),
arlm(15), tss(150), ts11(15),
1
W0(15), x12(15), ab32(15), FCO(15), E
akt(15), E0(15), rd3(15),
1 rad(15)
real
ksi, llm, betxr, exr, eakxr, defwl, qxr
real*8 ksifl, top, td
integer t0, dv, gi, g2, gim
common n, t0, n1, n2, fi
real
m, ml, ms, mr, mp, ll, ls, lp, mu, ksifp, i
nf, j0, jj, mz, mg

drost(ts2, topt, cc) = (2.3026*(2./to
pt)*10.** (2.-(2./topt)*ts2)*
* 1000.*cc)/(1.+10.** (2.-
(2./topt)*ts2))**2

ff01(bk, b, jj) = bk*b*jj/(bk+b*jj)
j1=1
gi=0
ml=inf(1)
ms=inf(2)
mr=inf(3)
mp=inf(4)
sss=inf(25)
sssl=inf(26)
ll=inf(5)

```

```

        ts2=0
        j2=0
c      write(*,331)ml,ms,mr,mp
331   format(1x,4f7.3)
        write(*,121)
121   format(' ')
        write(*,122)

        122 format(10x,'СУХАЯ БИОМАССА
ОПТЯНОВ,Г/М2')
write(*,120)
do 300 j=1,n

nn=dv(j)
        do 310 i=1,nn
            ts1=ts(j)-inf(27)
            if(ts1.lt.0)ts1=0
            ts2=ts2+ts1
310   continue
            j2=j2+dv(j)
            ts11(j)=ts1
300   continue
            do 99 j=1,n
                s1=0
                s2=0
                s3=0
                s4=0
                s5=0
                s6=0
                s7=0
                s8=0
                s9=0
                s10=0
                s11=0
                ts1=ts11(j)
                m=ml+ms+mr+mp
                fm=ml+ms
c      write(*,334)m
334   format(1x,f10.2)
                nn=dv(j)
                do 400 i=1,nn
444   format(1x,i5,2x,f7.3)

c      nn=dv(j)
c      do 400 i=1,nn
c      444 format(1x,i5,2x,f7.3)
c      ts2=tss(gi+1)
cc     write(*,444)gi,tss(gi)
23.4*cos(2*3.1428*((t0+gi)+10)/36
5))*0.017453

a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
c      tz=12+3.8197*acos(-a/b)
c      delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-
0.196e-2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
c      *(t0+gi)**3-0.616)
c      a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
c      b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
c      tz=12+3.8197*acos(-a/b)
c      tv=24-tz
c      s1=s1-delta
c      s2=s2+a
c      s3=s3+b
c      s4=s4+tz
c      s5=s5+tv
c      write(6,335)tv,delta
335   format(1x,2f8.2)
c      a1=-
100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
c      alf=exp(-a1*((ts2-
inf(8))/10)**2)
c      a1=-
100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
c      arl=exp(-a1*((ts2-
inf(9))/10)**2)

```

**Продовження додатку А**

```

format(4x,'i''dek',1x,'i','cyt',2
x,'i',3x,'ml',3x,'i',3x,'ms',3x,
1'i',3x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,'i
',3x,'m',4x,'i',3x,'mg',4x,'i')
write(*,109)
print *,' mg - urogay pri
14% wladnosti semjнок, z/ga'
120 format(4x,70('-'))
write(*,120)
c+++++

        ts2=tss(gi+1)
c+++++
c      do 300 j=1,n
c      nn=dv(j)
c      do 310 i=1,nn
c      ts1=ts(j)-inf(27)
c      if(ts1.lt.0)ts1=0
c      ts2=ts2+ts1
c      tss(i+j2)=ts2
c      310 continue
c      j2=j2+dv(j)
c      ts11(j)=ts1
c      300 continue
c      do 99 j=1,n
c      s1=0
c      s2=0
c      s3=0
c      s4=0
c      s5=0
c      s6=0
c      s7=0
c      s8=0
c      s9=0
c      s10=0
c      s11=0
c      ts1=ts11(j)
c      m=ml+ms+mr+mp
c      fm=ml+ms
c      write(*,334)m
c      334 format(1x,f10.2)
cc     write(*,334)m
c      334 format(1x,f10.2)

dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
dms=drost(ts2,inf(11),inf(22))
dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
r1=ts2-inf(14)
if(r1.lt.0) goto 62
dmp=drost(r1,inf(13))-
inf(14),inf(24))
goto 63
62   dmp=0.0
63   s6=s6+alf
s7=s7+arl
s8=s8+dml
s9=s9+dms
s10=s10+dmr
s11=s11+dmp
gi=gi+1
400  continue
delta=s1/dv(j)
a=s2/dv(j)
b=s3/dv(j)
tz=s4/dv(j)
tv=s5/dv(j)
taud=tz-tv
afl=s6/dv(j)
arl=s7/dv(j)
dml=s8/dv(j)
dms=s9/dv(j)
dmr=s10/dv(j)
dmp=s11/dv(j)
dm=dml+dms+dmr+dmp
c
write(6,336)dml,dms,dmp,dmr,dm
336   format(1x,5f10.3)
bl=dml/dm
bs=dms/dm

```

```

br=dmr/dm
  bp=dmp/dm
c      if( n2.eq.1 ) goto 1
c      if( n2.eq.2 ) goto 2
c      if( n2.eq.3 ) goto 3
c      nn1=30-n1+1
c      if (gi.le.nn1) goto 7
c      if (gi.le.nn1+31) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c  1    nn1=31-n1+1
c      if (gi.le.nn1) goto 4
c      if (gi.le.nn1+30) goto 5
c      if (gi.le.nn1+61) goto 6
c      if (gi.le.nn1+91) goto 7
c      if (gi.le.nn1+122) goto 7
c  8    td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c  2    nn1=30-n1+1
c      if (gi.le.nn1 ) goto 5
c      if (gi.le.nn1+30) goto 6
c      if (gi.le.nn1+61) goto 7
c      if (gi.le.nn1+92) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c  3    nn1=31-n1+1
c      if (gi.le.nn1 ) goto 6
c      if (gi.le.nn1+30) goto 7
c      if (gi.le.nn1+61) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c  4    td=tmax(j)-3.

```

## Продовження додатку А

```

qxr=((j0*(taud*60))/0.52)*dv(j)*0
.001
c      if(qxr.lt.60) qxr=60
cccccc      RBxar=((0.72*qxr)-
(dv(j)*50*0.001))/dv(j)
C+++++
q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**
2.1
q=25*((1/taud)+ss(j))**1.11)*exp
(-0.4*ss(j)/taud)+(413*(1
cccccccccc  4-exp(-
(ss(j)+0.606))) * (exp(-0.4(1-
ss(j)/taud)*(a+b)**1.4)))
ccc  9
q=((srad(j)/0.71)/697)*(taud*60)
c      if(ss(j).lt.30)ss(j)=30
C  9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)
C      j0=0.52*q/(taud*60)
c  9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
C      rad(j)=(q/(taud*60))*697
cccccccccc
qwt(j)=q/(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
c      qwt(j)=q/(taud*60)
cccccccccc      XFAR(j)=j0
cccccccccccccc      FAR(j)=0.52*q
C
qxr=((j0*(taud*60))/0.52)*dv(j)*0
.001
c      if(qxr.lt.60) qxr=60
cccccc      RBxar=((0.72*qxr)-
(dv(j)*50*0.001))/dv(j)

```

## Продовження додатку А

```

c      goto 9
c  5    td=0.835*tmax(j)-1.365
c      goto 9
c  6    td=0.856*tmax(j)-1.008
c      goto 9
c  7    td=0.891*tmax(j)-1.081
c      goto 9
c  8    td=0.823*tmax(j)+0.559
C*****
*****
C=====
c      Raschet intensivnosti
colnechnoy radiazii i FAR
q=25*((1/taud)+ss(j))**1.11)*exp
(-0.4*ss(j)/taud)+(413*(1
cccccccccc  4-exp(-
(ss(j)+0.606))) * (exp(-0.4(1-
ss(j)/taud)*(a+b)**1.4)))
ccc  9
q=((srad(j)/0.71)/697)*(taud*60)
C
if(ss(j).lt.30)ss(j)=30
  9      q=((ss(j))/697)*(taud*60)
          j0=0.52*q/(taud*60)
cccccccccc
qwt(j)=q/(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
c      qwt(j)=q/(taud*60)
cccccccccc      XFAR(j)=j0
cccccccccccccc      FAR(j)=0.52*q

```

```

C=====
c      R A S C H E T pokazatelj
zasuschlivosti Bova i GTK
C-----
veg=tsveg+ts(j)*dv(j)
Bova(j)=10*(inf(7)+os(j))/tsveg
          FCO(j)=(0.2*(inf(17)-
inf(18))/inf(18))+1
C=====
c      V O D N I Y   B L O K
C-----
          if(j.gt.1) go to 2001
cccccccccccccc
epot(j)=(0.65*dww(j)*dv(j)*0.75)
cccccccccccccc
x12(j)=(ts2/inf(3))
ccc      betxr=0.89554-
1.2546*x12(j)+20.303*(x12(j))**2-
60.042*(x12(j))
ccc      2**3+65.887*(x12(j))**4-
24.840*(x12(j))**5
          betxr=0.6
ccc      exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*60*0.001))
exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*20*0.001))
eakxr=(2*inf(29)+(os(j)))/
1 (1+(2*(inf(7)-
0))/(betxr*exr))
          IF(EAKXR.GT.exr)EAKXR=exr
if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr
ccc      Eakxr=Eakt(j)
ccc      exr=E0(j)
cccccccccc
filt(j)=inf(7)+os(j)-inf(1)-eakxr
cccccccccc
if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0

```

## Продовження додатку А

```

w0(j)=inf(7)+os(j)-eakxr
      defwl=os(j)-exr+inf(7)
      if(defwl.gt.0)defwl=0
cccccccc      dWP0(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccccc
WP0(j)=inf(11)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccccc      if(WP0(j).lt.0)
WP0(j)=0
c=====
go to 2002
  2001      continue
c
epot(j)=(0.65*dww(j)*dv(j)*0.75)
cc      x12(j)=(ts2/inf(3))
ccc      betxr=0.89554-
1.2546*x12(j)+20.303*(x12(j))**2-
60.042*(x12(j))
ccc      2**3+65.887*(x12(j))**4-
24.840*(x12(j))**5
      betxr=0.6
cccccc      exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*60*0.001))
      exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*20*0.001))
ccc      exr=16.7*((0.74*qxr)-
(0.75*dv(j)*60*0.001))
      eakxr=(2*w0(j)-
1)+(os(j))/
0)/(1+(2*(inf(7)-
0))/(betxr*exr))
IF(EAKXR.GT.EXR)EAKXR=EXR
if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr
cc      filt(j)=w0(j-1)+os(j)-
inf(1)-eakxr
cc
if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
      w0(j)=w0(j-1)+os(j)-eakxr
c      dWP0(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*WP0(j)-
1)+7.4)
cccc      WP0(j)=WP0(j-1)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*WP0(j)-
1)+9.4)
cccc      if(WP0(j).lt.0) WP0(j)=0
      defwl=os(j)-exr+W0(j-1)
c
      f0l=ff0l(sss,sss1,jj)
f0l=(inf(25)*inf(26)*jj)*FCO(j)/(
inf(25)+inf(26)*jj)
      ftl=af1*f0l*ksifl*gamf
      fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1
      dmm=fl-
ar1*(0.015*m+0.20*f1)
      ab32(j)=dmm*dv(j)
      v1=0.3*ml*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(10))
      v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(11))
      v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(12))
      if(ts2.lt.2*inf(10)) v1=0
      if(ts2.lt.2*inf(11)) v2=0
      if(ts2.lt.2*inf(12)) v3=0
      ml=ml+(b1*dmm-v1)*dv(j)
      ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
      mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)
mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)
if(defwl.gt.0)defwl=0
top=inf(28)
ksifl=((ts(j)+10)/32)**(0.11174*(
ts(j)-top)/10)**
      (36-
6
ts(j))/14)**(0.9041*(ts(j)-
top)/10)
c      ****uvcvjic
      if(ksifl.gt.1)ksifl=1
      if(ksifl.lt.0.1)
ksifl=0.1
c+++++
cc RASCHEK FUNKZIY VLIJNIJ
UVLAGJNENIJ PO RASCHITANNOY
VLAGJNOSTI POCHVI
c2002      x11(j)=(ts2/inf(6))
c      if(x11(j).lt.0.1)
Wtp=0.65
c
if(x11(j).gt.0.1.and.x11(j).lt.0.
75)Wtp=0.75
c      if(x11(j).gt.0.75)
Wtp=0.65
c      wtopt2=inf(7)
c      xw1=W0(j)/(wtp*inf(7))
c      xw2=W0(j)/Wtopt2
c      if(xw2.gt.1.1)xw2=1.1
c      if(W0(j).gt.Wtopt2)gamf=-
0.654+3.824*xw2-
2.633*(xw2**2)+0.467*
c      7(xw2**3)
c
if(W0(j).lt.(wtp*inf(7)))gamf=-
1.163*(xw1**2)+2.187*(xw1)
c
if(W0(j).gt.(wtp*inf(7)).and.W0(j)
).lt.Wtopt2)gamf=1.0
c      if(gamf.gt.1)gamf=1
c      if(gamf.lt.0.1)gamf=0.1
c+++++
2002      w1=w0(j)/inf(7)
if(inf(7).le.85)gamf=2.899*exp(-
0.9117*w1)-3.64*exp(-2.73*w1)
if(inf(7).gt.85)gamf=4.200*exp(-
0.703*w1)-5.48*exp(-1.648*w1)
      if(gamf.gt.1)gamf=1
      if(gamf.lt.0.1)
gamf=0.1
      jj=j0/(1.+0.5*11)
c
      rd3(j)=mp*0.75*1.14*0.1
mg=mp*0.65*1.14*0.1
c      write(6,337)ml,ms,mp,mr
337      format(lx,4f10.3)
      if((b1*dmm-v1)*dv(j).ge.0)
ll=ll+(b1*dmm-v1)*dv(j)/inf(20)
      if((b1*dmm-v1)*dv(j).lt.0)
ll=ll+(b1*dmm-
v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
      if(ll.lt.0)ll=0.001
      jlm(j)=j
      qim(j)=qi
      flm(j)=fl
      ksi(j)=ksifl
      gamfm(j)=gamf
      blm(j)=bl
      bsm(j)=bs
      brm(j)=br
      bpm(j)=bp
      aflm(j)=af1
      arlm(j)=ar1
      lllm(j)=ll
      qm(j)=q
      rd3(j)=mg
      ts1m(j)=ts1

```

```

      ts2m(j)=ts2
cccc      Eakxr=Eakt(j)
      Eakt(j)=Eakxr
cccccccc      exr=E0(j)

      E0(j)=exr

write(*,139)j,gi,m1,ms,mr,mp,m,mg
139
format(4x,'i',i5,'i',i3,2x,'i',f7
.3,1x,'i',1x,f7.3,'i',1x,f7.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
      j1=j1+1
99      continue
      write(*,120)
      j1=j-1
      write(*,121)
      Продовження додатку А

write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(j
i),qm(ji),ab32(ji),ts2m(ji)
      1,flm(ji),ksi(ji),gamfm(ji)
154      continue
151
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',f5.2,
1'i',f8.3,'i',f7.3,3x,'i',f8.3,'i
',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5.2,'i')
      write(*,121)
write(*,140)
write(*,153)
153
format(15x,'Ростовые функции,
ОНТОГЕН КРИВАЯ ФОТОСИНТ И
ДЫХАНИЯ')
write(*,140)
      write(*,149)
      write(*,140)
149
format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,
'CYT',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',
13x,'bs',3x,'i',3x,'br',3x,'i',3x
,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3x,
1'arl',3x,'i',2x,'W0
',2x,'i')
do 141 i5=1,j1

write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blm(i
5),
1
bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),aflm(i5),
arlm(i5),W0(i5)
141      continue
      write(*,140)
150
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',2x,
1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5
.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i',1x
,f5.1,3x,'i')

```

## Продовження додатку А

```

170      format(10x,'Площадь
листьев, радиация, суммы т-
р, функции влияния')
write(*,140)
      write(*,143)
143
format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',
2x,'i',2x,'LL',1x,'i',3x,'q',4x,
1'i',2x,'DM(g/m2)',1'i',3x,'ts2',2
x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1
x
1,'i','gamf',1'i')
      write(*,140)
do 154 ji=1,j1

140      format(4x,70('-'))
c=====
      write(*,140)
write(*,253)
253
format(15x,'влагопотребление, влаго
потребность, влагообеспеченность')
write(*,140)
      write(*,249)
      write(*,140)
249
format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,
'CYT',1x,'i',3x,'Os',3x,'i',
13x,'Eakt',3x,'i',3x,'E0r',3x,'i',
3x,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3
x,
1'arl',3x,'i',2x,'rad
',2x,'i')
do 241 i5=1,j1

write(6,250)j1m(i5),gim(i5),Os(i5
),
1
Eakt(i5),E0(i5),bpm(i5),aflm(i5),
arlm(i5),rad(i5)
241      continue
      write(*,140)
250
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',2x,
1f5.1,1x,'i',2x,f5.1,1x,'i',2x,f5
.1,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i',1x
,f5.1,3x,'i')
c 140      format(4x,70('-'))

c=====
C      CLOZE (UNIT=6)
      return
end

```

=====

БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ  
ПОДСОЛНЕЧНИКА

=====

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

-----

Xarkiv2005 sr

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov  
mesjz vsxodov; schirota punkta:

13135 15 5 49.01

Summa osadkov za dekadu (mm):

14.0 26.0 21.0 24.0 31.0 21.0 20.0 21.0 19.0 12.0 13.0 22.0 18.0

Sredn. za dekadu defizit vlagnosti vozduxa (mb):

8.0 8.0 8.0 9.0 7.0 9.0 10.0 10.0 10.0 9.0 8.0 6.0 6.0

Sredn. za dekadu temperatura vozduxa (grad. C):

15.1 16.4 17.9 19.4 19.0 20.7 20.9 21.5 21.1 19.6 18.2 15.7 14.1

Sredn.za dekadu chislo chasov colnechn. sijnij, chasi

9.2 9.4 9.2 9.6 8.5 9.3 8.7 10.4 8.9 8.6 8.7 6.4 7.3

Korrek, koeffiz.wladoobespechennosti

0.695 0.610 0.560 0.850 0.880 0.840 0.720 0.480 0.520 0.340  
0.350 0.780 0.999

Chislo dney v rashetnoy deкаде:

5 11 10 10 10 10 10 11 10 10 11 10 5

-----

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.140 0.100 0.160 0.000 0.200 1322.000 168.000 436.000 330.000  
264.000  
330.000 330.000 820.000 330.000 0.500 0.500 380.000 380.000 2.000  
35.000  
0.210 0.410 0.260 0.080 28.000 280.000 8.000 25.000 125.000 0.100

=====

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

=====

0.140 0.100 0.160 0.000

Продовження додатку Б

СУХАЯ БИОМАССА ОРГАНОВ (г/м<sup>2</sup>)

---

i	dek	icyt	ml	ms	mr	mp	m	mg	i
i	1i	5i	0.14i	0.10i	0.15i	0.01i	0.40i	0.00i	
i	2i	16i	6.10i	7.00i	4.51i	0.76i	0.40i	0.06i	
i	3i	26i	18.95i	20.18i	12.51i	2.69i	18.37i	0.20i	
i	4i	36i	40.97i	54.68i	33.39i	7.70i	54.32i	0.57i	
i	5i	46i	58.68i	121.27i	72.97i	18.99i	136.75i	1.41i	
i	6i	56i	69.42i	210.51i	123.80i	46.29i	271.91i	3.43i	
i	7i	66i	71.38i	250.42i	139.38i	128.29i	450.02i	9.51i	
i	8i	77i	70.23i	251.18i	127.98i	237.84i	589.47i	17.62i	
i	9i	87i	68.98i	247.22i	115.44i	306.80i	687.23i	22.73i	
i	10i	97i	67.74i	242.85i	104.12i	342.25i	738.44i	25.36i	
i	11i	108i	66.40i	238.06i	92.90i	367.45i	756.96i	27.23i	
i	12i	118i	65.20i	233.78i	83.80i	384.80i	764.81i	28.51i	
i	13i	123i	64.62i	231.67i	79.69i	392.29i	767.57i	29.07i	

ml-suxaj massa listjev, g/m<sup>2</sup>  
ms-suxaj massa stebley, g/m<sup>2</sup>  
mr-suxaj massa korney, g/m<sup>2</sup>  
mp-suxaj massa korzinki, g/m<sup>2</sup>  
M-suxaj massa zelogo rastenij, g/m<sup>2</sup>  
mg - urogay pri 14% wladnosti semjn, z/ga

---

Площадь листьев, радиация, суммы т-р, функции влияния

---

i	dek	icyt	LL	q	DM(g/m <sup>2</sup> )	ts <sup>2</sup>	fl	ksifl	gamf	i
i	1i	5i	0.20i	465.406i	0.000	35.500i	0.000i	0.000i	0.88i	
i	2i	16i	0.37i	479.907i	17.248	127.900i	1.821i	0.784i	0.87i	
i	3i	26i	0.74i	480.661i	34.694	226.900i	4.487i	0.857i	0.86i	
i	4i	36i	1.38i	497.667i	79.366	340.900i	10.876i	0.922i	0.86i	
i	5i	46i	1.91i	462.157i	129.768	450.900i	18.514i	0.906i	0.82i	
i	6i	56i	2.24i	485.775i	171.329	577.900i	24.171i	0.968i	0.78i	
i	7i	66i	2.34i	460.442i	137.166	706.900i	19.284i	0.974i	0.64i	

---

i 8 i 77 i 2.34i 507.69i 99.000 i 855.400i12.017i 0.990i 0.49i

Продовження додатку Б

i 9 i 87 i 1.99i 444.419i 52.534 i 986.400i 6.488i 0.979i 0.44i

i 10 i 97 i 1.64i 418.968i 19.725 i 1102.400i 2.415i 0.930i 0.34i

i 11 i 108 i 1.27i 402.678i 9.184 i 1214.599i 0.981i 0.871i 0.31i

i 12 i 118 i 0.93i 309.548i 3.754 i 1291.599i 0.426i 0.749i 0.38i

i 13 i 123 i 0.77i 320.267i 0.918 i 1322.099i 0.209i 0.666i 0.38i

LL-ploschad listjev, m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

q-summarnaj solnechnaj radiacij za sutki, kal/sm<sup>2</sup>

DM-prirost suxoy massi za dekadu, g/m<sup>2</sup> za dekadu

ts<sup>2</sup>-summa effektivnix temperatur , grad C

fl-intensivnost fotosinteza v polevix uslovijx,

mgCO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup> chas

ksifl-funkzij vlijnij temperaturi na fotosintez(ot.ed.)

gamf-funkzij vlijnij vlag.n.pochvi na fotosintez(ot.ed.)

---

Ростовые функции, онтоген. кривая фотосинт. и дыхания.

---

iDEK i CYT i bl i bs i br i bp i afl i arl i W0 i

i 1 i 5 i 0.297 i 0.430 i 0.273 i 0.000 i 0.534 i 0.545 i 125.4 i

i 2 i 16 i 0.346 i 0.400 i 0.254 i 0.000 i 0.639 i 0.684 i 125.3 i

i 3 i 26 i 0.373 i 0.383 i 0.243 i 0.000 i 0.790 i 0.867 i 124.4 i

i 4 i 36 i 0.282 i 0.439 i 0.279 i 0.000 i 0.922 i 0.983 i 111.1 i

i 5 i 46 i 0.142 i 0.521 i 0.330 i 0.007 i 0.992 i 0.962 i 112.1 i

i 6 i 56 i 0.069 i 0.534 i 0.338 i 0.059 i 0.970 i 0.790 i 96.3 i

i 7 i 66 i 0.023 i 0.319 i 0.202 i 0.456 i 0.845 i 0.525 i 81.2 i

i 8 i 77 i 0.003 i 0.058 i 0.037 i 0.903 i 0.636 i 0.268 i 76.4 i

i 9 i 87 i 0.000 i 0.011 i 0.000 i 0.989 i 0.416 i 0.106 i 70.1 i

i 10 i 97 i 0.000 i 0.004 i 0.000 i 0.996 i 0.254 i 0.038 i 67.2 i

i 11 i 108 i 0.000 i 0.002 i 0.000 i 0.998 i 0.147 i 0.013 i 65.1 i

i 12 i 118 i 0.000 i 0.001 i 0.000 i 0.999 i 0.086 i 0.004 i 64.3 i

i 13 i 123 i 0.000 i 0.001 i 0.000 i 0.999 i 0.062 i 0.002 i 67.7 i

bl-rostovaj funkcij listjev, otn.ed.

bs-rostovaj funkcij stebley, otn.ed.

br-rostovaj funkcij korney, otn.ed.

bp-rostovaj funkcij korzinki, otn.ed.



afl-ontogeneticheskaj krivaj fotosinteza, otn.ed.

Продовження додатку Б

arl-ontogeneticheskaj krivaj dixanij, otn.ed.

W0-raschitannie zapasi wlagi v sloe 0-100 sm, mm

Ростовые функции, онтоген. кривая фотосинт. и дыхания.

iDEK i CYT i Os i Eakt i epot i exr i Wt/m2 i kal/sm2 min i

i 1	i 5	14.0	14.5	19.5	27.1	356.99	0.266
i 2	i 16	26.0	31.4	42.9	61.6	360.65	0.269
i 3	i 26	21.0	28.2	39.0	56.1	354.02	0.264
i 4	i 36	24.0	31.5	43.9	58.2	362.66	0.271
i 5	i 46	31.0	23.4	34.1	53.8	336.19	0.251
i 6	i 56	21.0	28.3	43.9	56.7	355.95	0.266
i 7	i 66	20.0	26.9	48.8	53.6	342.77	0.256
i 8	i 77	21.0	25.2	53.6	65.3	387.49	0.289
i 9	i 87	19.0	21.8	48.8	51.6	350.25	0.261
i 10	i 97	12.0	17.6	43.9	48.4	342.37	0.255
i 11	i 108	13.0	16.7	42.9	51.1	343.49	0.256
i 12	i 118	22.0	12.2	29.2	34.9	276.79	0.206
i 13	i 123	18.0	6.1	14.6	18.1	296.84	0.221

Os-summa osadkov za dekadu, mm

Eakt-summarnoe isparenje za dekadu po Xarchenko, mm

epot- isparjemość za dekadu po Alpatjevu, mm

exr- isparjemość za dekadu po Xarchenko, mm

rad-intensivnost summarnoy solnechnoy radiazii

srednesutochnoy za dekadu, Wt/m2

rad-intensivnost summarnoy solnechnoy radiazii

srednesutochnoy za dekadu, kal/sm2 min

iDEK i CYT i Os i epot i Eakt/epot i GTK i ST10 i SamOs10 i

i 1	i 5	14.0	*****	0.743	1.854	75.5	14.0
i 2	i 16	26.0	*****	0.731	1.513	255.9	40.0

i 3 i 26 i 21.0 i \*\*\*\*\* i 0.724 i 1.336 i 434.9 i 61.0 i  
 i 4 i 36 i 24.0 i \*\*\*\*\* i 0.718 i 1.325 i 628.9 i 85.0 i

Продовження додатку Б

i 5 i 46 i 31.0 i \*\*\*\*\* i 0.684 i 1.457 i 818.9 i 116.0 i  
 i 6 i 56 i 21.0 i \*\*\*\*\* i 0.646 i 1.282 i 1025.9 i 137.0 i  
 i 7 i 66 i 20.0 i \*\*\*\*\* i 0.552 i 1.226 i 1234.9 i 157.0 i  
 i 8 i 77 i 21.0 i \*\*\*\*\* i 0.471 i 1.165 i 1471.4 i 178.0 i  
 i 9 i 87 i 19.0 i \*\*\*\*\* i 0.447 i 1.141 i 1682.4 i 197.0 i  
 i 10 i 97 i 12.0 i \*\*\*\*\* i 0.400 i 1.065 i 1878.4 i 209.0 i  
 i 11 i 108 i 13.0 i \*\*\*\*\* i 0.389 i 1.031 i 2078.6 i 222.0 i  
 i 12 i 118 i 22.0 i \*\*\*\*\* i 0.417 i 1.112 i 2235.6 i 244.0 i  
 i 13 i 123 i 18.0 i \*\*\*\*\* i 0.418 i 1.178 i 2306.1 i 262.0 i

Os-summa osadkov za dekadu, mm

Eakt-summarnoe isparenie za dekadu po Xarchenko, mm

Eakt/epot- otnoshenie

GTK

Summa t-r >10

Summa Os.10

-----  
 srednee GTK za vegetazijy = 1.1781536341