

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Агроекологічні аспекти впливу кліматичних змін на
урожайність насіння соняшнику в Північному Степу України**

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-60
спеціальності 101 «Екологія»,

(шифр і назва)

Освітня програма Агроекологія

(назва)

Кушнарєнко Ірина Олегівна

(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 агрометеорологія та агрометеорологічних прогнозів
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма Агроекологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри агрометеорології
та агрометеорологічних прогнозів
Польовий А.М.
“ 26 ” березня 2018 року

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

Кушнарєнко Ірині Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Агроекологічні аспекти впливу кліматичних змін на урожайність насіння соняшнику в Північному Степу 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 « 2 » листопада 2017 року № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи Агрокліматичні дані за кліматичні періоди: 1986 – 2005 рр.(фактичні); 2021 – 2050 рр. (сценарії RCP4.5, RCP8.5). Математична модель формування продуктивності соняшнику

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вивчити сучасний стан агрокліматичних досліджень з культури соняшника

Вивчити основні підходи до оцінки змін клімату в світі та в Україні

Вивчити агрокліматичні умови Кіровоградської області, територія якої розташована в Північному Степу України

Вивчити біологічні особливості культури соняшнику. Умови його вирощування в Україні . Сучасні сорти, що районовані в Україні

Оцінити агрокліматичні умови вирощування соняшнику на сільськогосподарських угіддях Кіровоградської області за кліматичними періодами: 1986–2005рр. і 2021-2050рр.; за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

За допомогою моделі формування продуктивності соняшнику провести чисельні розрахунки фотосинтетичної продуктивності соняшнику за періоди: 1986– 2005рр., 2021-2050 рр.; за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 у Кіровоградській області

Оцінити ризики недобору врожаю насіння соняшнику в умовах змін клімату за рахунок небезпечних явищ (посухи).

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графіки динаміки відносної площі листової поверхні сояшнику за періоди: 1986 – 2005 і 2021-2050 рр; за сценаріями RCP 4.5 і RCP 8.5

Графіки динаміки загальної біомаси сояшнику за періоди: 1986 – 2005 і 2021-2050 рр; за сценаріями RCP 4.5 і RCP 8.5

Графіки динаміки фотосинтетичного потенціалу сояшнику за періоди: 1986 – 2005 і 2021-2050 рр; за сценаріями RCP 4.5 і RCP 8.5

Графіки динаміки врожаю насіння сояшнику за період з 2021 по 2050 роки за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

Кarti ризиків недобору врожаю насіння сояшнику за кліматичні періоди: 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 березня 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	26.03.2018 р. – 10.04.2018р.	95	5(відмінно)
	Вивчення алгоритму моделі формування продуктивності сояшнику. Розв'язок задач дослідження на ПЕОМ	11.04.2018р. – 20.04.2018р.	85	4(добре)
	Проведення чисельних розрахунків на ПЕОМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи.	21.04.2018р. – 29.04.2018р.	90	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	30.04.2018 р.- -06.05.2018 р.	90	5(відмінно)
	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи	07.05.2018р. – 16.05.2018р.	90	5(відмінно)
	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.	17.05.2018р. – 24.05.2018р.	90	5(відмінно)
	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту	25.05.2018.-- 01.06.2018 р.	95	5(відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		91	5(відмінно)

Студентка

(підпис) Іванчикова Н.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис) Жигайло О.Л.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кушнарєнко І.О. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Агроєкологічні аспекти впливу кліматичних змін на урожайність насіння соняшнику в Північному Степу України»

Глобальні кліматичні зміни, що відбуваються нині, істотно змінюють агрокліматичний потенціал території, впливаючи тим на ефективність сільського господарства. Тому АПК України має ефективно адаптуватися до майбутніх змін клімату, адже від цього передусім залежить продовольче забезпечення людства. Процес пристосування до нових умов природного середовища, безумовно, буде найбільш ефективним виключно за прогнозування очікуваного становища, тому особливо актуальним постає передбачення майбутніх наслідків природно-кліматичних перемін на вирощування та продуктивність провідних сільськогосподарських культур.

Мета роботи – оцінити вплив змін клімату на агрокліматичні ресурси та врожай насіння соняшнику в Північному Степу України.

Основні задачі:

- Виконати розрахунки агрокліматичних показників та скласти аналіз агрокліматичних умов вирощування соняшнику в умовах кліматичних змін ;
- Провести чисельні розрахунки й оцінити в умовах кліматичних змін фотосинтетичну продуктивність соняшнику.
- Оцінити ризики недобору врожаю соняшнику на досліджуваній території.

Об'єктом досліджень є формування продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату. Предмет досліджень – вплив агрокліматичних умов на основні фотосинтетичні показники соняшника: площу листя, чисту продуктивність фотосинтезу, приріст, біомасу, фотосинтетичний потенціал.

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

Досліджено формування продуктивності соняшнику, надана оцінка коливання врожайності насіння соняшнику на сільськогосподарських угіддях Північного Степу України в умовах зміни клімату.

Переміна клімату обумовить зміни агрокліматичних умов вегетації соняшнику, що викликає необхідність адаптації до цих змін. Насамперед ретельно підбирати сорти та гібриди соняшнику, які будуть адаптовані до найбільш посушливих умов у зоні Північного Степу України.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 107 сторінок машинописного тексту, в т.ч. 10 таблиць і 12 рисунків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: клімат, температура повітря, опади, теплозабезпеченість, вологозабезпеченість, соняшник, фотосинтетичні показники, продуктивність, урожай.

SUMMARY

Kushnarenko I.O. Agroecological aspects of the influence of climate change on the yield of sunflower seeds in the Northern Steppe of Ukraine - Manuscript.

Global climate change is occurring now, significantly changing agro-climatic potential of the territory by influencing the efficiency of agriculture. Because AIC Ukraine has effectively adapted to future climate change, because it depends primarily on food security of mankind. The process of adaptation to the new conditions of the environment will certainly be most effective only at forecasting the expected position, as appears particularly relevant predictions of future consequences of climatic changes on the growth and performance of the leading crops.

The aim is to assess the impact of climate change on agro-climatic resources and harvest of sunflower seeds in the Northern Steppe of Ukraine.

Main tasks:

- Perform calculations agro-climatic indicators and analysis of agro-climatic conditions make sunflowers growing in terms of climate change;
- Carry out numerical calculations and assess in terms of climate change photosynthetic productivity of sunflower.
- Rate shortfall risks harvest sunflower in the investigated area.

The object of the research is to develop the productivity of sunflower in a changing climate. Subject of research - the impact of agro-climatic conditions in the main photosynthetic parameters sunflower leaf area, net photosynthetic productivity, growth, biomass, photosynthetic potential.

To perform calculations and compare the results used mathematical model of the sunflower production process.

Formation of productivity of sunflower, the estimation of yield fluctuations sunflower seeds in farmland Northern Steppe of Ukraine in a changing climate.

Climate change should cause a change of agro-climatic conditions of vegetation sunflower, which makes it necessary to adapt to these changes. First glean sunflower varieties and hybrids, which are most adapted to arid conditions in Northern Steppe of Ukraine.

KEY WORDS: climate, air temperature, precipitation, heat provision, moisture provision, sunflower, photosynthetic indicators, productivity, harvest.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКА....	9
1.1 Вплив агрокліматичних умов на темпи розвитку соняшнику.....	9
1.2 Агрокліматичні умови і продуктивність соняшнику.	13
2 ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	21
2.1 Агрокліматична характеристика Кіровоградської області.....	21
2.1.1 Кліматичні та агрокліматичні умови.....	21
2.1.2 Ґрунтовий покрив області.....	25
2.2 Виробництво соняшнику в Україні.....	26
2.2.1 Роль соняшнику в світовій інфраструктурі.....	26
2.2.2 Ботанічний опис соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.). Характеристика його сучасних сортів та гібридів.....	28
2.2.3 Вимоги соняшнику до факторів навколишнього середовища	31
2.2.4 Технологія вирощування соняшнику.....	35
3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ).....	40
3.1 Моделювання глобальних кліматичних змін за сценаріями антропогенного впливу RCP.....	40
3.2 Моделювання водно-теплового режиму та	

продуктивності соняшнику.....	41
3.2.1 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі.....	41
3.2.2 Динамічна модель водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику.....	44
3.3 Оцінка впливу агрокліматичних умов на продуктивність соняшнику в Кіровоградській області.....	51
3.3.1 Оцінка термінів сівби та фаз розвитку соняшнику	51
3.3.2 Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику на сільськогосподарських угіддях Кіровоградської області.....	54
3.3.3 Оцінка показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику в Кіровоградській області.....	59
4 ОЦІНКА КЛІМАТИЧНОГО РИЗИКУ НЕДОБОРУ УРОЖАЮ СОНЯШНИКА НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДДЯХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	67
4.1 Вплив змін клімату на сільське господарство.....	67
4.2 Оцінка кліматичного ризику недобору урожаю сільськогосподарських культур в Україні через несприятливі явища.....	71
4.2.1 Оцінка ризиків недобору врожаю насіння соняшника в Кіровоградській області за період з 2021 по 2050 роки.....	73
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	82
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Проблема зміни клімату в цілому і глобального потепління зокрема стала однією з найсерйозніших і актуальних напрямків науково-технічної діяльності на сучасному етапі [6,11].

Одним з найважливіших завдань кожної країни є задоволення потреб населення в продуктах харчування. Світова статистика засвідчує, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Специфікою розвитку сільськогосподарського виробництва є тісний зв'язок із погодою та кліматом. У зв'язку зі змінами клімату оцінка впливу кліматичних умов на сільське господарство дуже актуальна й слугує основою для продовольчої безпеки країни [6,11].

Для підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату необхідне науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найефективніше використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, досягти стійкого зростання величини і якості врожаю [11].

Рослинництво є базовою галуззю сільськогосподарського виробництва України, однією з провідних ланок агропромислового комплексу.

Соняшник - основна олійна культура країни. На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні. В Україні соняшник - це одна з найпопулярніших культур. Високий рівень рентабельності і попит на насіння спричинили значне розширення його посівних площ [25].

Мета роботи - оцінити формування врожаю насіння соняшнику в Північному Степу України в сучасних та майбутніх умовах клімату.

Основні задачі:

1. Отримати: а) показники тепло та вологозабезпеченості соняшнику на досліджуваній території за фактичними даними; б) параметри та змінні для розрахунків за моделлю;

2. Виконати розрахунки агрокліматичних показників за сценаріями змін клімату та оцінити вирощування соняшнику в сучасних та майбутніх агрокліматичних умовах;
3. Провести чисельні розрахунки й оцінку фотосинтетичної продуктивності посівів соняшнику та врожаю насіння на сільськогосподарських угіддях південної частини Кіровоградської області, яка відноситься до Північного Степу України;
4. Оцінити ризики недобору врожаю насіння соняшнику на досліджуваній території в першій половині 21-го століття.

Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарії *RCP4.5* і *RCP8.5* [26].

Дослідження формування врожаю соняшнику проводилося на основі динамічної моделі продуктивності посівів соняшнику [5].

Для порівняльного аналізу сценарних метеорологічних величин з минулими даними з агрокліматичного довідника Кіровоградської області [1] береться період з 1986 до 2005 роки. В сценаріях *RCP4.5* і *RCP8.5* розглянуто кліматичний період з 2021 до 2050 рр.

Результати досліджень були представлені на конференціях молодих вчених Одеського державного екологічного університету (м. Одеса, 2016-2017 рр.); на Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (м. Одеса, 2017р.); міжнародних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття в країнах Європи та Азії» (м. Переяслав-Хмельницький, 2016-2017рр.).

1 СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКА

Дослідженнями впливу клімату на продуктивність соняшника займається широке коло дослідників [13,17,18,23,29].

Початок досліджень впливу умов погоди та клімату на врожайність і олійність насіння соняшнику згідно з літературними даними було покладено академіком В.С. Пустовойтом в 1916-1926 роках [19].

1.1 Вплив агрокліматичних умов на темпи розвитку соняшнику

П.Е. Міуським [17] при вивченні швидкості розвитку соняшнику, встановлено залежність тривалості періоду сівба-сходи від суми ефективних температур і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 см:

$$n = - 0.128x - 0.837y + 50. \quad (1.1)$$

де n – тривалість міжфазного періоду посів-сходи, доб., x – сума ефективних температур за період; y - середні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 см за вказаний період, мм.

Дослідження, що дозволяють оцінювати настання фаз розвитку в цілому для всього онтогенезу, проведені Мельником Ю.С.[13]. Так при середній температурі 16°C і вище тривалість періоду посів – сходи мінімальна, вона коливається в межах 6-8 днів (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 – Залежність тривалості періоду сівба – сходи від середньої температури повітря при оптимальному зволоженні (за Мельником Ю.С.)

Середня температура періоду сівба – сходи, °С								
6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0
Тривалість періоду, дні								
28	20	14	12	10	8	8	6	6

У цих же роботах подано біологічні мінімуми і суми ефективних температур за міжфазними періодами онтогенезу (табл.1.2).

Таблиця 1.2 - Суми ефективних температур ($\sum t_{\text{еф}}$) і біологічний мінімум (В) для окремих міжфазних періодів розвитку соняшнику[18]

Групи сортів	Міжфазні періоди					
	Сходи – утворення суцвіть		Утворення суцвіть – цвітіння		Цвітіння – дозрівання	
	$\sum t_{\text{еф}}$	В	$\sum t_{\text{еф}}$	В	$\sum t_{\text{еф}}$	В
Середньопізньостиглі	250	12,0	120	15,0	250	13,0
Середньостиглі	220	12,0	90	15,0	230	13,0
Середньошвидкостиглі	200	12,0	70	15,0	219	13,0

Наведені показники дозволяють по температурі повітря розраховувати настання основних фаз розвитку соняшнику.

Австралійські дослідники [27] для прогнозу розвитку соняшнику розбивають весь онтогенез на три стадії: вегетативну, репродуктивну і стадію старіння. Наступ кожної стадії визначається середньою температурою повітря, середнім значенням вологості ґрунту і середньою довжиною світлої частини доби.

При цьому в інші запропоновані два рівняння для репродуктивної стадії старіння показник довжини світлої частини доби не входить. Характеристика умов розвитку соняшнику не буде повною, якщо не дати мінімальні та оптимальні температури для процесів росту і розвитку.

Наприклад для вегетативної стадії:

$$D = 0.000749T + 0.00546W + 0.001318H \quad (1.2)$$

де D – рівень розвитку, від. од.; T – середня температура повітря за період вегетативної стадії, °C; W – середнє відносне значення вологості ґрунту, від. од.; H – середня довжина світлової частини доби, год.

В роботі П.Е. Міуського [17] дана характеристика вимог соняшнику до температурного фактору. Так, автор зазначає, що сходи соняшнику легко переносять заморозки інтенсивністю -3,0, -3,5 °C. У той же час, короткочасне зниження температури повітря до -5 °C пошкоджує листя соняшнику. При більш тривалому впливі низької температури пошкоджуються точки росту. П.Е. Міуський вважає, що оптимальною температурою для формування генеративних органів є температура повітря близько 23-25°C, а вища 25°C діє гнітюче на соняшник.

А.В. Мурга в роботі [18] уточнював оптимальні значення температурного фактору та суми опадів по зонах України. Біологічні мінімуми і оптимуми, які він пропонує, наведені в табл.1.3. Слід зазначити, що біологічні мінімуми і оптимуми для соняшника були розраховані автором на основі опрацювання матеріалу по врожайності культури і даним метеорологічних станцій (всього 2375 випадків). Ця врожайність отримана за реальних ґрунтово-кліматичних умов, і в цілому відображає випадки як з низькою, так і з високою врожайністю. За рахунок цього оптимуми температури занижені на 5-6 градусів. Оптимуми опадів, які надає автор прив'язані не до фаз розвитку соняшнику, а до календарних місяців, крім того, не враховуються запаси продуктивної вологи в ґрунті. В цьому

відношенні можна лише побічно врахувати отримані автором оптимуми і мінімуми температур і опадів стосовно до культури соняшнику.

Таблиця 1.3 - Біологічні мінімуми і оптимуми температури повітря (°C) за періодами розвитку соняшнику (за даними Мурги А.В.)

Показник температури, °C	Період вегетації				
	Проростання насіння	Початок росту рослин	Формування вегетативних органів	Формування генеративних органів	Плодоносіння
Біологічний мінімум	3 – 4	5 – 7	7 – 8	12 – 15	10 – 12
Біологічний оптимум	5 – 7	8 – 12	15 – 18	19 – 23	16 – 22

В цілому, біологічна потреба соняшнику в теплі оцінюється Мельником Ю. С. [13] в діапазоні сум температур в 1800 - 2400 °C (табл.1.4).

Таблиця 1.4 - Біологічні і біокліматичні суми температур за період вегетації соняшнику (за даними Мельника Ю.С.).

Група сортів	Біологічна сума температур, °C	Поправка на кліматичну різницю, °C	Біокліматична сума температур, °C
Середньопізньостиглі	2400	-100	2300
Середньостиглі	2100	-100	2000
Середньошвидкостиглі	1800	-100	1700

Таким чином, спираючись на дані представлені в табл. 1.4, можна зробити висновок, що соняшник пройде весь онтогенез, в тому числі

репродуктивну стадію, якщо в даній кліматичній зоні фактор тепла накопичується в не менших межах відповідних сум температур.

Для розрахунку настання окремих фаз розвитку соняшнику Ю.С. Мельником [13] використаний транзитивний метод. Цей метод заснований на тому факті, що настання фаз розвитку підпорядковується певній послідовності, і дата настання кожної попередньої фази визначає дату настання наступної. У зв'язку з цим, Мельником Ю.С. запропоновані наступні рівняння:

$$x_2 = 0.765 + 22.345 \quad (1.3)$$

$$x_3 = 0.551x_1 + 66.123 \quad (1.4)$$

$$x_4 = 0.556x_1 + 93.988 \quad (1.5)$$

$$x_5 = 0.658x_1 + 124.234 \quad (1.6)$$

$$x_3 = 0.599x_2 + 55.243 \quad (1.7)$$

$$x_5 = 0.788x_2 + 108.116 \quad (1.8)$$

$$x_4 = 0.706x_3 + 51.814 \quad (1.9)$$

$$x_5 = 0.870x_3 + 71.300 \quad (1.10)$$

$$x_5 = 1.056x_4 + 26.896 \quad (1.11)$$

де x_1 – дата посіву; x_2 – дата сходів; x_3 – дата утворення суцвіть; x_4 – дата цвітіння; x_5 – дата дозрівання соняшнику. Всі дати відлічуються від 1 квітня

1.2 Агрокліматичні умови і продуктивність соняшнику

Розглянемо існуючі методи, які враховують вплив агрометеорологічних показників на урожайність соняшнику. Відомо, що соняшник вирощується в основному в тих кліматичних зонах, де лімітуючим фактором росту та розвитку за більшістю сільськогосподарських культур є фактор вологи. У зв'язку з цим, П.Е. Міуський пов'язує врожайність соняшнику з показником зволоження [17]:

$$P=22.86K -15.3 \quad (1.12)$$

$$Sp=\pm 1.58r=0.89\pm 0.03$$

де P – урожай соняшнику; K – показник зволоження; Sp – помилка; r – коефіцієнт кореляції.

В якості показника зволоження за вегетаційний період Міуський П.Е. пропонує наступні рівняння:

$$K = \frac{W+n}{0.1 \cdot \sum t} \quad (1.13)$$

де W – запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0...100 см до початку сівби; n – опади; $\sum t$ - сума середніх добових температур за цей період, зменшена в 10 разів.

Слід зауважити, що рівняння (1.12) і (1.13) розраховані для умов агротехніки сортодільниць. Тому вони не стосуються безпосередньо для розрахунку врожайності в умовах господарського обробітку культури соняшника, де рівень агротехніки помітно відрізняється від рівня агротехніки сортодільниць.

У цій же роботі Міуським П.Е. запропоновані інші види зв'язків врожайності соняшнику з фактором вологи. Так наприклад, залежність врожаю соняшнику від суми опадів має вигляд:

$$Y=0,1x-0,031 \cdot 10^{-7} \cdot x^4+11,1 \quad (1.14)$$

де Y – урожай соняшнику, ц/га; x – сума опадів за період від посіву до утворення суцвіть, мм; помилка рівняння $Sy = t 3.4$ ц/га.

На відміну від робіт Міуського П.Е., Мельником Ю.С. запропоновано дещо інші види зв'язків врожайності соняшнику від показника зволоження.

Мельник Ю. С. також дає інший вид показника зволоження [13]. Як вважає автор, показник зволоження, заснований на суму опадів за попередній вегетації соняшнику осінньо-зимовий і весняний період, краще визначає

рівень врожайності на сортодільницях. Так, рівняння показника зволоження K має вигляд

$$K = \frac{0,6\sum X_1 + \sum X_2}{0,1\sum t} \quad (1.15)$$

де $\sum X_1$ – сума опадів за попередній вегетації осінньо-зимовий період (рахуючи від дати переходу середньодобової температури повітря через 5°C восени до дати переходу через 10°C навесні наступного року); $\sum X_2$ – сума опадів за вегетаційний період (рахуючи від дати переходу середньодобової температури повітря через 10°C навесні до дати дозрівання соняшнику); $\sum t$ – сума температур за період вегетації соняшнику.

Залежність врожайності соняшнику на сортодільницях Y (ц/га) від пропонованого показника зволоження K представлена Мельником Ю.С. у вигляді:

$$Y = 23.44(K - 0.46)^{0.8} \quad (1.16)$$

$$S_y = \pm 3.3 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1} r = 0.76$$

S_y – помилка рівнянь; r – коефіцієнт кореляції.

Для обліку рівня агротехніки обробітку соняшнику в різних районах і областях Мельник Ю.С. пропонує наступну схему [13]. На початку розраховується спрощений показник зволоження W :

$$W = 0,6\sum X_1 + \sum X_2 \quad (1.17)$$

де $\sum X_1$ – сума опадів за попередній вегетації осінньо-зимовий період (див. рівняння 1.16); $\sum X_2$ – сума опадів за вегетаційний період (див. рівняння 1.15).

Потім даються рівняння регресії залежності врожайності Y_1 в районах і областях від показника зволоження W (рівняння 1.16). Більшість представлених рівнянь регресії мають параболічний вигляд. При цьому величина врожайності Y_1 являє собою величину врожаю соняшнику з

виключенням впливу зміни культури землеробства. Облік культури землеробства в цю схему вводиться поправкою на приріст рівнянь тренду для кожного району.

У роботах Мельника Ю.С. [13] з'ясувалася роль опадів для соняшнику за основними міжфазними періодами.

Так, на основі обробки даних спостережень агрометеорологічних станцій Мельником Ю.С. отримано рівняння множинної регресії :

$$Y = 1.026 - 0.065X_1 + 0.054X_2 + 0.073X_3 + 0.054X_4 + 0.041X_5 - 0.032X_6 \quad (1.18)$$

де Y – урожай соняшнику на сортоділянці, ц/га; X_1 – сума опадів за осінньо-зимовий-весняний період; X_2 – сума опадів період від сівби до сходів; X_3 – сума опадів за період від сходів до утворення суцвіть; X_4 – сума опадів за період утворення суцвіть – цвітіння; X_5 – сума опадів за період від цвітіння до дати накопичення суми температур 500°C ; X_6 – сума опадів за період від дати накопичення суми температур 500°C до дати досягання.

За коефіцієнтами рівняння (1.18), що стоять біля кожного аргументу можна судити про значення опадів для виділених міжфазних періодів.

Залежність врожаю соняшнику від сумарних витрат вологи за весь період вегетації дається Мельником Ю.С. у вигляді [13]:

$$Y = 0,059 E + 2,83 \quad (1.19)$$

де Y – урожай насіння соняшника, ц/га; E – сумарні витрати вологи за період вегетації, $\text{м}^3/\text{га}$.

Коефіцієнт кореляції рівняння (1.19) дорівнює $r = 0,87$, помилка рівняння $S_y = \pm 3.6$ ц/га. Таким чином, знаючи сумарні витрати вологи за весь період вегетації по рівнянню (1.19) можна оцінити врожайність соняшнику.

Розглянемо роботи до культури соняшнику, що стосуються елементів теорії продукційного процесу цієї культури. При цьому під продукційним

процесом рослини будемо розуміти процес, в результаті якого утворюється повноцінний організм рослини.

В роботі [28] французькими дослідниками вивчався процес фотосинтезу соняшнику і його розрахунок. При цьому, вивчати первинні процеси фотосинтезу згідно зі схемою $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2$

В результаті експериментальних спостережень за газообміном листя соняшника автори [28] запропонували рівняння для розрахунку інтенсивності фотосинтезу:

$$F = \left[\mu - k \frac{dC_i}{dt} - k'(C_i - C_e) \right] \frac{C_0}{C_i} \quad (1.20)$$

де F – інтенсивність фотосинтезу, $\text{мг CO}_2 / \text{с м}^2$; μ – значення потенційної швидкості газообміну CO_2 , $\text{мг CO}_2 / \text{с м}^2$; C_i – опір CO_2 в середині листка; C_e – зовнішній опір CO_2 ; k і k' – коефіцієнти.

Рівняння (1.20) має теоретичний інтерес і не може бути використаний для розрахунків, так як опір газообміну C_i , C_e і C_0 визначаються безпосередньо, або пропонують складні обчислення.

У великому обсязі продуційний процес соняшнику описаний у роботі [28]. Інтенсивність фотосинтезу в роботі розраховується за рівнянням

$$P = \frac{bP_m I}{\sqrt{(b^2 I^2 + P_m^2)}} \quad (1.21)$$

де P – інтенсивність фотосинтезу; I – інтенсивність падаючої радіації; b – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу; P_m – максимальна швидкість фотосинтезу.

При розрахунку інтенсивності фотосинтезу враховується вплив температурного фактора

$$P_m = P_{mopt} \{1 - a (T - T_{opt})^2\} \quad (1.22)$$

де P_{mopt} – максимальна інтенсивність фотосинтезу при оптимальній температурі; T_{opt} – оптимальна температура для фотосинтезу; T – поточна температура.

Розраховується також дихання органів з урахуванням впливу на процес температурного фактора. Пропонується також описувати розподіл продуктів фотосинтезу з органів. Для цього пропонуються так звані розподільні функції. Ці функції одержані автором експериментально і описують розподіл асимілятів за такими органами: листя, стебла, коріння, репродуктивні органи. У запропонованих розрахунках розподілу асимілятів відсутній опис процесу перетікання пластичних речовин при старінні і відмиранні вегетативних органів.

Спроба описати число насіння, що утворюється в кошику соняшника та накопичення насінням своєї біомаси зроблена Х.Х. Тебуєвим [23]. В основу опису покладено рівняння, яке визначає число закладеного насіння в залежності від фотосинтезу, максимальної та мінімальної температури повітря, вологості ґрунту, кількості днів з дощем. При цьому функції впливу використовуваних факторів визначаються безрозмірними коефіцієнтами.

Маса насіння, що наведена у розрахунках є сумою маси лушпиння і маси ядра. У цьому описі виділяються три зони кошики: крайова, середня і центральна. Маса цих виділених елементів визначається масою кошика через безрозмірні коефіцієнти. Представлений розрахунок реалізований автором для умов Північного Кавказу і показує помилку розрахунку в межах 2 – 44 %. При всіх перевагах роботи можна помітити, що запропонований розрахунок значною мірою насичений безрозмірними коефіцієнтами, які не несуть фізіологічного навантаження.

В іншій роботі Х.Х. Тебуєва [23] запропоновано розрахунок фотосинтезу посіву соняшнику. Розрахунок спирається на світлову криву, запропоновану Монси і Саєкі. Враховується вплив фактору світла, тепла і

вологи, а так само онтогенетичний аспект фотосинтезу. Представлено зіставлення рослин і фактичної площі листя, де видно, що розрахункові дані задовільно апроксимують фактичні.

Довгостроковий прогноз врожайності соняшнику запропоновано Мельником Ю. С. [13]. Автор розглядає проблему формування врожаю, як результат впливу трьох складових:

1. Ресурси (Р), яке має в своєму розпорядженні сільськогосподарське виробництво (грунти, їх родючість, а також капіталовкладення в сільське господарство).
2. Агротехніка (А) в широкому сенсі слова (підбір сортів, прийомів обробітку, та ін.)
3. Погодні умови (П) осінньо-зимового та вегетаційного періодів.

Ці фактори зв'язуються рівнянням:

$$Y=P+A+П \quad (1.23)$$

Для конкретної реалізації даного положення про складових факторів врожайності, Мельник Ю.С. виділяє тенденцію врожайності і буде регресійну залежність величини відхилення врожайності від тренда в залежності від спрощеного показника рівняння (1.17). Прогноз врожайності здійснюється за рівнянням регресії. Відсутні дані (сума опадів до кінця вегетації) визначається довгостроковим метеорологічним прогнозом погоди.

У спільній роботі Мельника Ю. С., Тебуева Х. Х., Забеліна Ст. Н. [15] для здійснення прогнозу врожайності насіння соняшнику пропонується розглядати врожайність як функцію двох основних факторів – умов зволоження W і зростання культури землеробства A :

$$Y = f(W,A) \quad (1.24)$$

Зростання культури землеробства підстави методом аналітичного вирівнювання часових рядів врожайності. В якості показника зволоження застосовували рівняння (1.17). У той же час у цій роботі використовується інший показник агрометеорологічних умов формування урожаю соняшнику: це комплексний агрометеорологічний показник теплової вологозабезпеченості запропонований Педем Д. А [15]

$$P_i = \frac{\Delta T}{GT} - \frac{\Delta R}{GR} - \frac{\Delta W}{GW} \quad (1.25)$$

де ΔT - аномалія температури повітря; ΔR - аномалія опадів; GR - середньоквадратичне відхилення опадів; GT - середньоквадратичне відхилення температури; GW - середньоквадратичне відхилення продуктивності вологи.

Далі в цій роботі пропонуються рівняння регресії, що зв'язують відхилення врожайності від тренду з показником (1.25). при цьому для різних районів і областей запропоновано рівняння, що відрізняються значеннями коефіцієнтів регресії.

2 ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ

2.1 Агрокліматична характеристика Кіровоградської області

Кіровоградська область розташована у центральній частині України [1], між 49°10' і 48°18' північної широти та 33°54' і 29°42' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить понад 335 км, з півночі на південь – майже 148 км. Загальна площа області дорівнює 24,6 тис. км², тобто 4,1% території України. Кіровоградська область межує на півночі з Черкаською, на північному сході – з Полтавською, на сході та південному сході – з Дніпропетровською, на півдні – з Миколаївською, на південному заході – з Одеською, на заході – з Вінницькою областями України.

2.1.1 Кліматичні та агрокліматичні умови

Територія області розташована в досить широкій смузі переходу лісостепової зони в степову. Відповідно до цього, північна частина області відноситься до лісостепу, південна - до північного степу. Клімат області помірно-континентальний, з добре вираженими порами року [1]. Північно-західна лісостепова частина області знаходиться під більшим впливом вологих повітряних мас з Атлантичного океану. На південну та східну степову частину області західні повітряні потоки також впливають, але ця територія більше ніж північно-західна зазнає впливу континентальних повітряних мас, що надходять з Арктики та Азії. Через це клімат північно-західної частини області є трохи м'якшим, ніж південно-східної. Північно-західна та північна частини області належать до недостатньо вологої, теплої, а південна і східна - до посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони.

Зима м'яка, з частими відлигами, малосніжна, нестійка, літо спекотне. Середня температура повітря за рік по області становить 8,1-8,9°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 2,8-3,9°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) - 20,6-22,0°C.

Абсолютний мінімум температури повітря по області відмічався у січні 1987 року і становив 30,4°C морозу (М Долинська), абсолютний максимум - 39,4°C тепла відмічався у серпні 1998 року (М Бобринець).

Зимовий період на Кіровоградщині триває 86-100 днів - з 24 листопада - 3 грудня до 26 лютого - 4 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 211-221 дні, починається в середньому по області 26 березня - 1 квітня і закінчується 30 жовтня - 5 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °C за цей період змінюється від 3210 °C на півночі області до 3440 °C на півдні та 3450 °C- на крайньому сході.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °C і вище) триває 169-176 днів, змінюючись в окремі роки від 144 до 197 днів, починається 15-19 квітня і закінчується 5-9 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °C за цей період змінюється від 2870 °C на півночі області до 3090 °C на півдні, на крайньому сході - 3130 °C. В окремі роки ця сума коливається від 2470 до 3510 °C.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °C і вище), триває в області 117-129 днів - з 13 – 18 травня до 11 – 19 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °C за цей період змінюється від 2175 °C на півночі області до 2380 °C на півдні, на крайньому сході (у Світловодську) - близько 2485 °C .

Середня обласна кількість опадів за рік становить 535 мм, змінюючись по території від 501 до 570 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 285

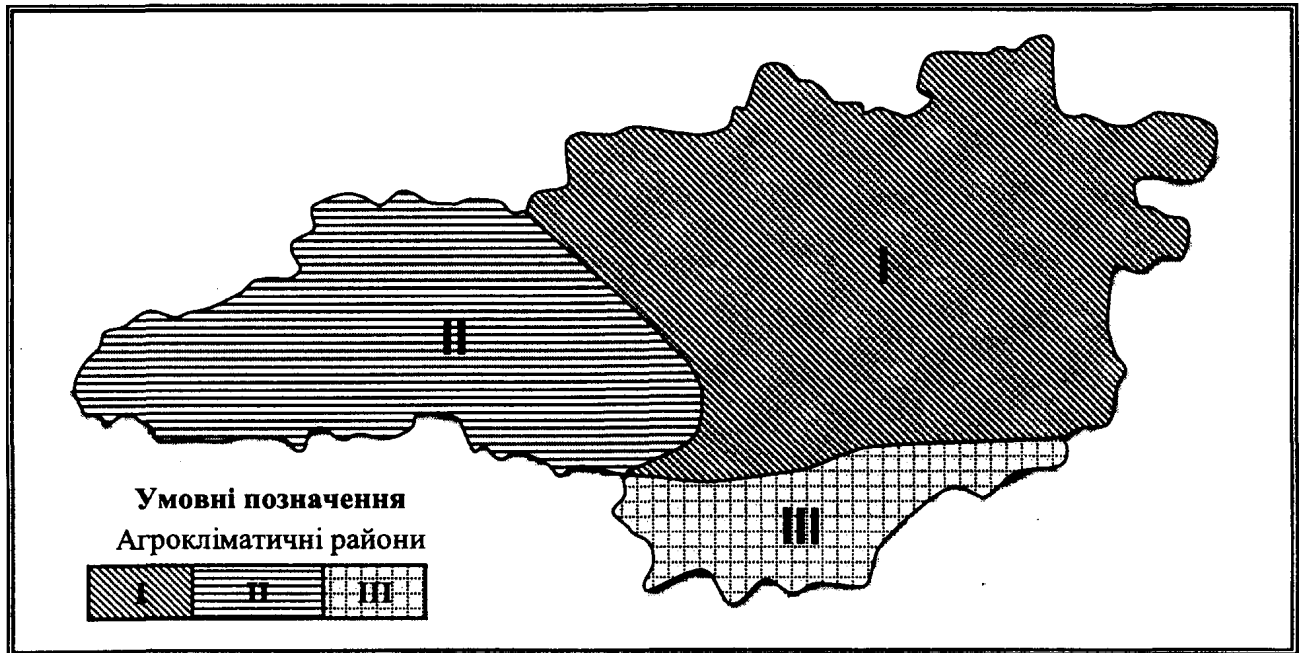
до 882 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року.

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті. Проте у зв'язку з особливостями яружно-балкового рельєфу в районах Лісостепу та Степу, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток с.-г. культур.

Помірна атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0,7-0,9), має ймовірність 15 %.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень - жовтень) по області коливається від 60 % весною до 80 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 13-27 днів.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Кіровоградської області поділено на три агрокліматичних райони (рис. 2.1) [1]: I – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження; II – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження; III – високого рівня теплозабезпечення, посушливий.



Легенда до карти

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума активних температур повітря, °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2950 - 3000	350 - 370	1,1-1,2
II. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження	2980-3150	320-380	1,0-1,1
III. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	3050-3150	280 - 320	0,9

Рисунок 2.1 – Агрокліматичне районування Кіровоградської області

2.1.2 Ґрунтовий покрив області

Ґрунти області мають високу родючість. Ґрунтовий покрив області характерний для перехідної зони від Південного Лісостепу до Північного Степу (рис. 2.2).

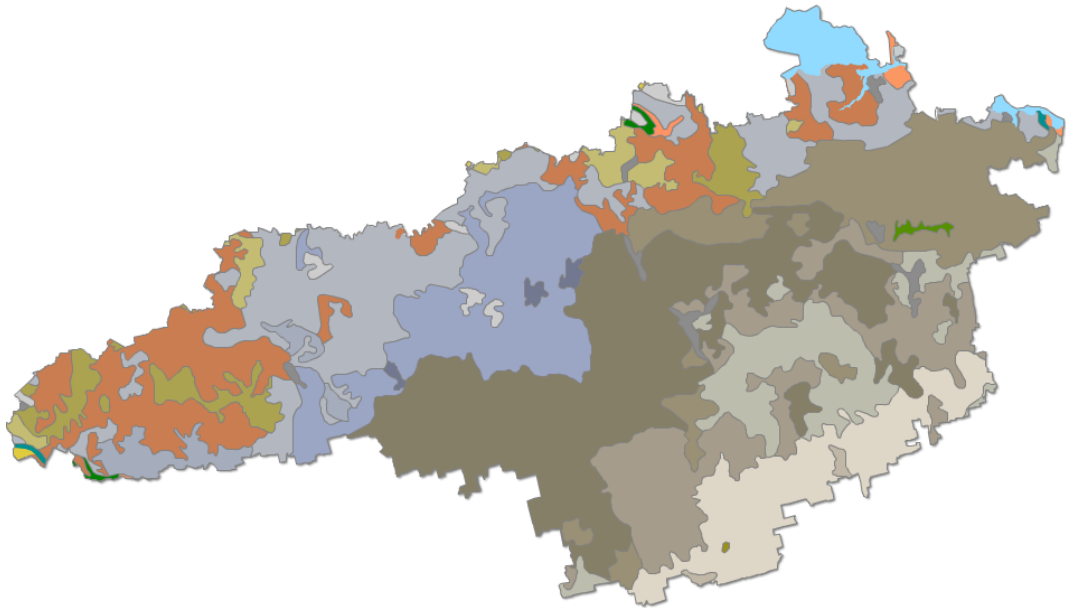


Рисунок 2.2 – Ґрунти Кіровоградської області

В північній частині області переважають чорноземи потужні малогумусні із вмістом гумусу 5,0% та середньогумусні із вмістом гумусу трохи більше 5,5%. Значні площі тут займають чорноземи в різному ступені реградовані, а також чорноземи опідзолені, темно-сірі опідзолені та сірі опідзолені ґрунти.

Для південно-східних районів найбільш поширеними ґрунтами є чорноземи звичайні, середньо - та малогумусні, а в південній частині - чорноземи звичайні малогумусні малопотужні [3].

За механічним складом ґрунти північних районів - важкосуглинисті, південних - легкосуглинисті, а в Придніпров'ї - легко - та середньосуглинисті.

Агрогідрологічні властивості ґрунтів області наведені у Додатку А.

2.2 Виробництво соняшнику в Україні

Україна займає лідируючі позиції в рейтингу світових виробників і експортерів насіння соняшнику. Питома вага країни у виробництві олійної становить 50%.

В даний час посівні площі під соняшником в Україні вже досягли максимальних розмірів. Тому потенціал збільшення виробництва олійної закладений в інтенсифікації виробництва, тобто в підвищенні рівня агротехнологій, в першу чергу зусилля повинні бути спрямовані на підвищення врожайності олійної [5].

2.2.1 Роль соняшнику в світовій інфраструктурі

Швидкі темпи росту споживання та потреби в рослинних жирах призвели до того, що протягом 90-х років минулого століття та першого десятиліття нового тисячоліття в аграрному секторі України відбувся різкий перерозподіл посівних площ на користь групи олійних культур, де основну роль відіграє соняшник - одна з найбільш прибуткових та високоліквідних культур. Так, до 1990 року посівні площі соняшнику становили близько 1,6 млн га, а останніми роками значно збільшились і сягнули 5 млн га. Так посівні площі соняшнику у 2017 році становили 5,7-5,8 млн га.

Активний розвиток олійно-жирової промисловості вимагає відповідного рівня забезпеченості олійною сировиною. При цьому лідерами виробництва та основними виробниками насіння соняшнику є Росія, Україна, країни ЄС та Аргентина, де він використовується для виготовлення харчової олії та маргарину, також застосовується у тваринництві соняшникова макуха

та шрот, які багаті на білок та інтенсивно використовуються на кормові цілі [25].

Зростання площ посіву під соняшником та стабільна урожайність (рис. 2.3) забезпечили Україні високі валові збори. Серед світових виробників Україна посідає провідне місце за валовим збором насіння цієї культури.

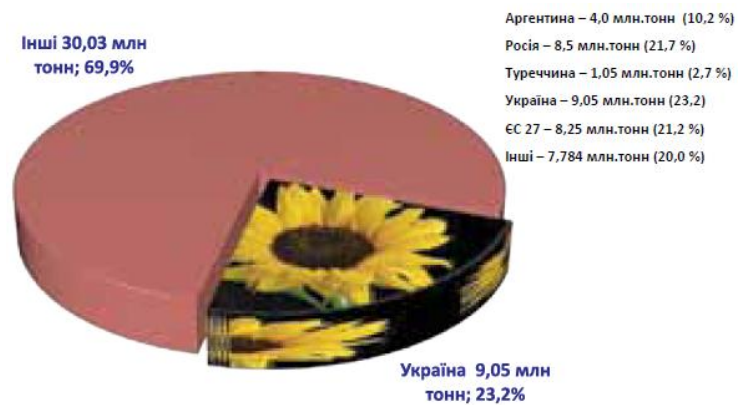


Рисунок 2.3 – Україна: питома вага у світовому виробництві соняшника в 2012/13 МР (виробництво – 39,08 млн. тон).

Україна є не лише одним із лідерів виробництва товарного насіння

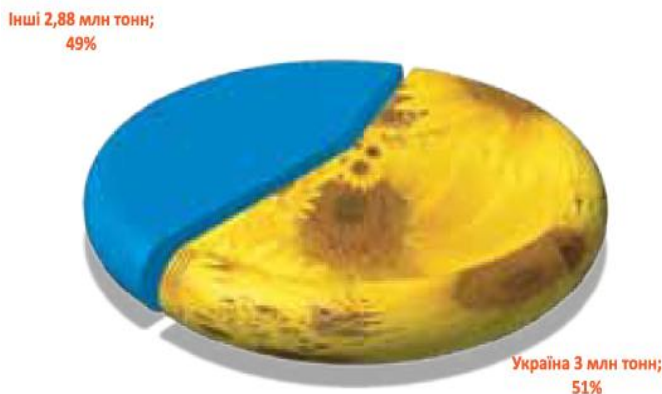


Рисунок 2.4 – Питома вага України у світовому експорті соняшникової олії в 2011/12 МР (оцінка Міністерства сільського господарства США) світовий експорт – 5,88 млн. тон.

соняшнику, а й займає провідне місце серед експортерів олії цієї культури (рис. 2.4). Україна поставляє соняшникову олію в 88 країн. Основними регіонами експорту стали країни ЄС - 27% від загального обсягу, Південна Азія - 23%, Північна Африка - 22%, Близький Схід - 16% СНД - 10%, (дані «АПК-Інформ»).

У списку основних країн-покупців лідируючі позиції зайняли: Індія (598 тис. т - 23% від загального обсягу експорту), Єгипет (379 тис. т - 14%), Нідерланди (170 тис. т - 6%), Іспанія (156 тис. т - 6%), Алжир (144 тис. т - 5%), Іран (133 тис. т - 5%) і Туреччина (125 тис. т - 5%).

Крім того, примітним є поява в списку основних імпортерів української продукції Китаю, до 2011 року закуповувати олію в Україні в обсягах не

більше 100 т за сезон. А в 2011 році в Піднебесну було відвантажено 36,2 тис. тон.

До честі України частку експорту в продуктах переробки соняшнику все більше й більше місця займають рафінована олія, маргаринова продукція і жири спеціального призначення [25].

На сьогодні в Україні внутрішній ринок споживає 20% вироблюваного соняшникової олії, 80% - поставляється на експорт.

Соняшник економічно вигідна культура. Прості розрахунки показують, що при врожайності насіння 2,5 т / га 1 га посіву дає 1,2 т масла, 0,9 т шроту, 0,5 т лушпиння, 30 кг меду. Чистий сукупний прибуток від реалізації зазначеної продукції може скласти понад 10 тис. грн. з 1 га.

2.2.2 Ботанічний опис соняшнику (*Helianthus annuus* L.).

Характеристика його сучасних сортів та гібридів

Соняшник відноситься до сімейства айстрових (*Asteraceae*) або складноцвітих (*Compositae*) [8].

Корінь стрижневий, проникає при хороших ґрунтових умовах на глибину 3 м і більше. Стрижневий корінь росте дуже швидко і перевищує ріст стебла. У стадії 4 ... 5 листків довжина кореня досягає 60 ... 70 см. Він дуже чутливий до ущільнень ґрунту і підґрунтя. Рослина утворює потужну систему бічних коренів і корінців, частина яких йде паралельно головному кореню на відстань 20 ... 40 см, а частина поширюється в шарі ґрунту 10 ... 45 см з загином вглиб, утворюючи густу мережу дрібних корінців. Найбільш інтенсивний ріст коренів відбувається в період від утворення кошика до цвітіння.

Маючи таку сильно гіллясту систему бічних коренів і корінців, які складають 50 ... 70% кореневої маси і у добре розвинених рослин можуть досягати діаметру 1,5 м, а також швидкопроникаючий вглиб головний корінь, соняшник може витримувати посуху і добре засвоювати поживні

речовини і ґрунтову вологу. При більш вологих умовах коріння розвиваються ближче до поверхні ґрунту, тому рослини стають менш стійкі до вітрового навантаження і, отже, до вилягання. Дрібне поширення коренів при надлишку вологи слід враховувати, обробляючи міжряддя. При стійкій сухій погоді коріння проникають глибше.

Завдяки потужній кореневій системі соняшник найбільш повно, в порівнянні з іншими однорічними рослинами, використовує вологу і поживні речовини з глибоких шарів ґрунту [8,19].

Стебло у сучасних сортів і гібридів не розгалужено, висотою від 0,6 до 4 м, діаметр нижньої частини його в посівах 2 ... 4 см, більш-менш волосисте, трав'янисте, що дерев'яніє в його нижній частині. Стебло закінчується суцвіттям. На початку дозрівання верхні частини стебла згинаються під вагою кошика, причому бажано, щоб кути нахилу верхніх частин стебел з кошиками до уявного продовження прямостоячого стебла складали 115 ... 135 °.

Листя на стеблі розташовані спірально, тільки перші чотири листи супротивні. Вони мають більш-менш серцеподібну форму, покриті короткими жорсткими волосками. Довжина листя від 10 до 40 см. Найбільш великі листи знаходяться в середній частині стебла. Вони складають 80% асиміляційної поверхні всієї рослини і зберігають свою активність після цвітіння тривалий час. Листя, а також суцвіття до початку цвітіння повертаються протягом дня по ходу сонця від сходу на захід, тобто вранці вони спрямовані на схід і протягом дня повертаються через південь на захід. Цим посилюється продуктивність фотосинтезу приблизно на 10% [8,19].

Суцвіття має коротку вісь і являє собою кошик. Днище кошику рівне або злегка опукле і складається з серцевинної тканини, в якій розгалужуються судинні тканини стебла, що постачають у квіти поживні речовини.

На краї кошика знаходяться в 2-х ... 3-х рядах приквітки (рис. 4.8). Зовнішні квіти - стерильні язичкові з жовтими пелюстками - розміщуються в

одному - двох рядах. Їх число незалежно від розміру кошика не більше 100. Більшість квітів кошика - трубчасті. Залежно від розміру кошика їх кількість коливається від 1000 до 2000. Центр кошика гірше забезпечується живильними речовинами, тому в ньому в залежності від умов живлення більша або менша частина квітів не запліднюється та залишається стерильною.

Цвітіння відбувається від краю до центру. Тривалість цвітіння окремого кошика - 5 ... 12 днів, стеблостою загалом - близько 3 тижнів. Під час цвітіння кошики приймають стабільний напрямок на південний схід, що захищає сім'янки, які утворюються від сильної інсоляції.

Запліднення рильця, як правило, перехресне. Це обумовлено тим, що пильовики звільняють пилок раніше, ніж рильця досягають повного розвитку. Перехресне запилення на 99% відбувається комахами (бджолами, джмелями), запліднення вітром мало ефективно [8,19].

Плід соняшнику - горіхоподібна сім'янка. Від справжнього горіха відрізняється тим, що насіннева і плодова шкірка у неї зрослася і утворює твердий перикарпій, навколишній зародок і сильно розвинені сім'ядолі, в яких накопичені масло і протеїни в якості запасних речовин .

За розміром і масою тисячі сім'янок (МТС) відрізняють два типи соняшнику:

- *олійний* - з дрібною сім'янкою (МТС 40 ... 200 г, у сучасних гібридів і сортів, як правило, 50 ... 70 г) і більш високим вмістом олії (42 ... 55%); шкірка у них, як правило, відносно тонка і чорного кольору;
- *живильний* - з більшою сім'янкою (МТС 100 ... 200 г) і більш низьким вмістом олії (до 30%); шкірка, як правило, більш товста. Сім'янки по краю кошика більші і містять більше олії, ніж розташовані ближче до центру. Після збирання сім'янки знаходяться 40 ... 50 днів в періоді спокою.

Характеристика сучасних сортів та гібридів соняшнику. Опис нових сортів і гібридів соняшнику, занесених до Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [10] наводиться у Додатку Б.

2.2.3 Вимоги соняшнику до факторів навколишнього середовища

Вимоги соняшнику до факторів навколишнього середовища високі.

Вимоги до світла. Соняшник дуже світлолюбна культура, тому при похмурій погоді і в затінених умовах зростання і розвиток його пригнічуються.

Загущення призводить до витягування рослин, утворення на них дрібного жовтіючого листя. Так як він є рослиною короткого дня, то при збільшенні довжини дня посилюється ріст рослин і накопичення зеленої маси, але при цьому затримується цвітіння і дозрівання. Тому при просуванні цієї культури з півдня на північ зростає продуктивність зеленої маси, але затримується дозрівання насіння і врожайність їх зменшується. Цвітіння настає приблизно через 50-60 днів після сходів і триває 20-25 днів (кожен кошик цвіте 8-10 днів). Максимальні прирости їх відзначаються протягом 8-10 днів після завершення цвітіння, але зростання триває до самого пожовтіння. Залежно від гібрида (сорти) і умов обробітку дозрівання їх відзначається через 70-120 днів після появи сходів, а налив сім'янок - протягом 32-42 днів з часу запліднення. Післязбиральне фізіологічне дозрівання сім'янок може коливатися від 10 до 50 днів.

Соняшник - фотоперіодично нейтральна рослина, але є генотипи, що проявляють амбіфотоперіодичну реакцію, тобто у них короткий (<11 год.) і довгий (> 14 год.) день. Зазвичай у більшості генотипів цей процес затягується і при довжині дня 11 ... 14 годин створюються умови для переходу в генеративну фазу. На перехід рослин в генеративну фазу впливає також інтенсивність світла. За високої інсоляції цей перехід, як і цвітіння, відбуваються раніше.

Фотосинтетична здатність виключно висока, і хоча за типом асиміляції соняшник C_3 - рослина, його фотосинтетична активність дорівнює фотосинтетичній активності кукурудзи (C_4 - рослина). Неттофотосинтез

соняшнику становить 40 ... 50 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год}$, тобто вдвічі вище, ніж неттофотосинтез пшениці (20 ... 25 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год}$). Фотосинтез починається при температурах трохи нижче 20°C , закінчується при температурі трохи вище 30°C , оптимум припадає на 27°C [8,19].

При хорошому постачанні вологи рослини соняшнику споживають надмірно багато води. При зростанні в умовах повної польової вологоємності ґрунту транспіраційний коефіцієнт становить близько 630 л/кг сухої маси (СМ), у пшениці він дорівнює 570, а у кукурудзи - лише 220 л/кг СМ. При польовій вологоємності ґрунту в період, близький до точки в'янення, транспіраційний коефіцієнт у соняшнику становить 450, пшениці - 530, кукурудзи - 170 л/кг СМ. Здатність до високого споживання вологи пояснюється низьким опором при транспорті води через рослину і низьким устячковим опором.

Тривалість вегетаційного періоду у соняшнику становить від 150 до 170 днів. Соняшник проходить різні стадії росту і розвитку. На період від посіву до появи сходів потрібно в залежності від ґрунтової температури від 7 до 20 днів. Після появи сходів до утворення 10-го листа насамперед розвивається коренева система. Продуціювання сухої маси досягає 10 кг/га/день[8,19]. Цей період має тривалість 40 днів. У наступній фазі до цвітіння, коли сформувалася велика частина кореневої системи, відбувається основне зростання і найбільше поглинання поживних речовин і води. Створення сухої маси досягає 200 кг/га/день. Тривалість цієї фази 35.. 40 днів. У період цвітіння після запліднення починається налив насіння. До створення квіткових бутонів асиміляти в основному спрямовані в кореневу систему і нижню частину рослини.

У період цвітіння напрямок потоку асимілятів змінюється і корзинка з квітами стає центром тяжіння («sink») для асимілятів. Створення сухої маси ще становить 100 ... 150 кг/га/день. Після завершення цвітіння створення сухої маси різко знижується і не перевищує 30 ... 40 кг/га/день. Асиміляти пересуваються з листя і стебла в сім'янки, починається утворення олії.

Світловий фактор не впливає на цей процес. Однак у багатьох генотипів при високих температурах відзначається тенденція до зниження вмісту олії, а також змінюється співвідношення різних жирних кислот: підвищується частка олеїнової кислоти і знижується вміст лінолевої кислоти. Фізіологічна стиглість досягається при вологості сім'янок 25%. Період наливу і дозрівання триває від 45 до 60 днів [19].

Компоненти врожайності сім'янок: число рослин/м², число сім'янок/рослину, маса тисячі сім'янок (МТС), врожайність олії визначається вмістом олії в сім'янках і їх урожайністю:

- Урожайність сім'янок, ц/га = (число рослин/м² × число сім'янок/рослина × МТС) / 1000;
- Урожайність олії, т/га = (врожайність сім'янок, ц/га × вміст олії,%) / 1000.

Число рослин на гектар безпосередньо залежить від якості передпосівної обробки ґрунту, технології посіву та норми висіву.

Вимоги до тепла. Мінімальна температура проростання 5° С, при посіві температура ґрунту повинна бути не нижче 6 ... 8° С. Мінімальна сума ефективних температур (> 6° С) для ранньостиглих сортів і гібридів, що мають тривалість вегетаційного періоду близько 150 днів, становить 1450 ° С, тобто починаючи з другої половини травня середня температура повинна бути 15° С. Особливо високі вимоги до тепла в періоди інтенсивного розвитку і цвітіння до дозрівання (липень ... вересень) [8,19]. Оптимальна температура для фотосинтезу 25° С. Сходи переносять пізні заморозки до -5° С. Похолодання в період утворення закладок квіток (в фазі 8 ... 12 листів) знижує число закладок квіток. Для вирощування соняшнику виключаються райони з частими весняними заморозками, а також ті, в яких не забезпечується збирання врожаю до кінця вересня [8].

Вимоги до вологи. Придатність місцевості для вирощування соняшнику визначає не тільки сума ефективних температур, за якою судять про принципові придатності місцевості. Соняшник дуже вибагливий до

вологи, тому врожайність і ефективність його вирощування обмежуються забезпеченням вимог рослин до вологи. Соняшник може витягувати вологу з глибших шарів ґрунту. Добра опушеність стебел і листя, а також пристосованість продихів до постійної транспірації сприяють великій стійкості до спеки і посухи, особливо до початку цвітіння. Найбільше вологи (60%) рослини споживають в критичний період - від утворення кошиків до кінця цвітіння, перед і після нього цей показник становить відповідно 22% і 18%. Нестача вологи в ґрунті в цей час вважається однією з причин пустозерності в центрі кошиків. Транспіраційний коефіцієнт у цієї культури дорівнює 470-570. Добре розвинені посіви соняшнику за вегетаційний період споживають від 500 до 600 мм води, а мінімальна потреба в воді задовольняється при 350 ... 400 мм опадів. Особливо вимогливі до вологи рослини під час утворення бутонів до цвітіння. Таку велику потребу в воді соняшнику забезпечує його потужна коренева система, яка може засвоювати водні ресурси ґрунту з великої глибини і при великій водоутримуючій силі ґрунту[8,19].

У регіонах з континентальним кліматом на більш важких ґрунтах, наприклад, чорноземах соняшник повністю використовує накопичені в зимовий період водні ресурси ґрунту. Завдяки цьому він проявляє відносну посухостійкість. При ранній нестачі вологи знижується поверхня листя і утворення числа квітів на кошику, в результаті чого зменшується врожайність. При пізньому настанні періоду нестачі вологи листя швидко старіє, чим обумовлюється зниження вмісту олії (табл. 2.1).

Для обробітку соняшнику виключаються місцевості з високою вологістю повітря [19], особливо в період цвітіння і дозрівання рослин, а також тіністі і вітряні місця через небезпеку ураження білою (*Sclerotinia sclerotiorum*) і сірою гниллю (*Botryotinia fuckeliana*, анаморф.: *Botrytis cinerea*).

Вимоги до ґрунту. Вимоги соняшнику до ґрунту визначаються в першу чергу властивостями його кореневої системи і потребою у воді. Ґрунти

Таблиця 2.1 – Вплив водопостачання соняшнику на розвиток листя і на компоненти врожайності

№	Водопостачання	Розвиток листя	Компоненти врожаю
1	Добре водопостачання на ґрунтах з глибоким орним шаром і при дуже високих літніх температурах	<ul style="list-style-type: none"> • добрий розвиток листя у вегетатив-ний період • велика маса листя в період цвітіння • тривале збереження листя після цвітіння 	<ul style="list-style-type: none"> • велика кількість квітів на кошик • висока МТС • високий вміст олії
2	Добре початкове водопостачання, після цвітіння - посуха	<ul style="list-style-type: none"> • дуже хороший розвиток листя у вегетаційному періоді • велика маса листя в період цвітіння • швидке зниження активного листя після цвітіння 	<ul style="list-style-type: none"> • велика кількість квітів на кошик • низька МТС • зниження вмісту олії
3	Дуже посушливі умови	<ul style="list-style-type: none"> • слабкий розвиток листя в вегетацій-ного періоду • мала маса листя в період цвітіння • швидке зниження активності листя після цвітіння 	<ul style="list-style-type: none"> • знижена кількість квітів на кошик • низька МТС • низька урожайність

з глибоким орним шаром, хорошою проникністю для коренів, без ущільнень ґрунту і підґрунтя, з високою корисною вологоємністю придатні для вирощування соняшнику. Вони здатні забезпечити в вегетаційний період рослини вологою і поживними речовинами. Цим вимогам найкраще відповідають лесові ґрунти, лесові і піщані суглинки. На більш легких ґрунтах можна з успіхом вирощувати соняшник, якщо вміст гумусу досить високий, а коріння можуть використовувати ґрунтові води. Виключаються мулисті, безструктурні холодні ґрунти і ґрунти із застійною вологою. Соняшник малочутливий до реакції ґрунтового розчину, оптимальний для нього показник рН 6,2 ... 7 [8,24].

2.2.4 Технологія вирощування соняшнику

Сучасна екологічно безпечна, ресурсо- та енергозберігаюча технологія вирощування соняшнику передбачає комплексне й поточне проведення

належних механізованих операцій в установлені строки для створення оптимальних умов розвитку й росту рослин протягом вегетації [8].

Розміщення соняшнику в полях сівозміни. Чергування культур у сівозміні спрямоване на підвищення родючості ґрунту, знищення бур'янів, шкідників і хвороб без використання хімічних засобів і одержання високих урожаїв.

Інститут олійних культур Української академії аграрних наук в Запоріжжі рекомендує наступне чергування культур в сівозміні [24].

I. 1 - пар чистий; 2 - озима пшениця; 3 - озима пшениця; 4 - соняшник; 5 ячмінь ярий; 6 - кукурудза на силос; 7 - озима пшениця; 8 - кукурудза на зерно;

II. 1 - пар чистий; 2 - озима пшениця; 3 - соняшник; 4 - кукурудза на силос або зерно; 5 - озима пшениця; 6 - пар чистий; 7 - озима пшениця; 8 - озима пшениця; 9 - кукурудза на зерно; 10 - ярий ячмінь.

Удобрення. Соняшник дуже вибагливий до поживного режиму ґрунтів порівняно з іншими польовими культурами. Особливо багато він вбирає з ґрунту калію.

Для формування 1 ц врожаю насіння соняшник виносить з ґрунту 6,5 кг азоту, 2,7 фосфору і 15,5 кг калію. Проте незважаючи на високий винос калію з ґрунту, соняшник на чорноземних ґрунтах більшою мірою потребує азотних і фосфорних добрив.

Наявність елементів мінерального живлення в ґрунті в оптимальних співвідношеннях сприяє підвищенню продуктивності рослин, поліпшенню якості насіння [8,24].

Системи обробітку ґрунту. Вибір заходів з обробітку ґрунту під соняшник залежить від виду ґрунту, співвідношення між культурами в даному сівозміні, клімату і погоди, від переважної форми органічного добрива і небезпеки вітрової та водної ерозії. Вибір визначається також вимогами соняшнику, ступенем, глибиною і поширенням шкідливих

ущільненень ґрунту на даному полі, глибиною і часткою площі від слідів коліс, актуальною вологістю і несучою здатністю ґрунту, кількістю, розподілом і властивостями рослинних залишків, а також видом і щільністю бур'янів на одиниці площі. За екологічних і економічних причин мета при обробці ґрунту повинна досягатися можливо меншим числом робочих операцій і меншою інтенсивністю її обробки [24].

Сівба. При вирощуванні сортів соняшнику використовують кондиційне насіння (рН1 – 3), схожість якого не менша 87 %, чистота 98 % (із вмістом облушеного насіння – не більше 2 %); гібридів (F1) — відповідно 85 та 98 % (із вмістом облушеного насіння не більше 3%). Проти хвороб (іржі, несправжньої борошнистої роси, гнилей, фомозу та ін.) насіння протруюють, використовуючи поширений протруювач ТМТД (3 кг препарату на 1 т насіння). Високоолійні сорти соняшнику в усіх зонах України висівати надто рано не слід. У південному і північному Степу, а також у східній частині Лісостепу при сівбі в середні строки, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 8 – 12 °С, одержують найбільші врожаї насіння[8,24].

Термін посіву залежить від температури ґрунту. Оптимальний термін відносно короткий. З одного боку, температура проростання соняшнику виключає дуже ранній посів, з іншого запізнїлий - призводить до пізнього дозрівання, що в багатьох регіонах навіть при обробленні ранньостиглих сортів і гібридів викликає зниження врожайності і ефективності. Можна сіяти, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягає 8 ° С. Поява сходів у великій мірі залежить від температури ґрунту. Необхідна сума температур від посіву до появи сходів становить 70 ... 80 ° С. При оптимальному терміні посіву сходи з'являються через 10 ... 15 днів, при його недотриманні - через 20 і більше днів.

У районах Степу та східному Лісостепу середні строки сівби рекомендується диференціювати залежно від засміченості поля. На відносно чистих від бур'янів полях кращими є строки сівби соняшнику при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до 8 – 10 °С. Закінчують

висівання при температурі 12 – 14 °С. На дуже засмічених полях висівати соняшник слід трохи пізніше, при прогріванні ґрунту до 10 – 12 °С, і знищувати основну масу бур'янів, які проросли, передпосівною культивуацією [24].

Десикація. У посівах соняшнику рослини досягають нерівномірно. Через 20 - 25 днів після цвітіння вміст олії в насінні досягає максимуму, але накопичення масла триває у міру збільшення маси насіння, яке закінчується на 35 - 40-й день після цвітіння (фаза фізіологічної стиглості). Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янки і настає фаза повної (господарської) стиглості. Для прискорення збирання і одержання сухого насіння посіви обробляють десикантами при середній вологості насіння на кореню не більше 30 %. Обприскування рослин десикантами при більш високій вологості насіння погіршує його якість – зменшується маса ядра і врожаю в цілому внаслідок гальмування фізіологічних процесів [24].

Десикацію проводять через 35 – 40 днів після повного цвітіння хлоратом магнію (20 кг/га) або реглоном (2 л/га). У вологу осінь, а також у роки епіфітотійного розвитку кошикових форм гнилі збільшують норми хлорату магнію до 25 – 30 кг/га, або реглону – до 2,5 – 3 л/га.

Десиканти діють швидше при середньодобовій температурі понад 13 – 14 °С. Обробляти посіви ними треба в не спекотний час доби до 9 – 10 і після 15 – 16 год. З екологічної точки зору захід небажаний.

Зрошення соняшника. В посушливих умовах України жоден захід не впливає так на підвищення врожайності соняшнику, як зрошення. В Україні основні площі зрошуваних посівів соняшнику розміщені в АР Крим, Одеській, Харківській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській та Донецькій областях [8,24].

Для формування врожаю 26 – 30 ц/га соняшник використовує 4500 – 5000 м³/га води, в тому числі в період сходи - формування кошика 20 – 30 %, формування кошика – цвітіння 40 – 50 і цвітіння – досягання 30 – 40 %. У роки із середньою забезпеченістю вологою достатньо провести 2 – 3,

а в посушливі 3 – 4, іноді 5 вегетаційних поливів. На кожен полив дощуванням витрати води становлять відповідно 500 – 600 і 500 м³/га, по борознах – 600-700 м³/га. Час проведення вегетаційних поливів визначають за вмістом вологи в ґрунті з тим, щоб підтримувати вологість на постійному рівні – 60-70% НВ до цвітіння і 75 – 80 % від цвітіння до початку достигання.

При вирощуванні соняшнику на зрошуваних землях збільшують норми добрив. Кращі результати дає норма N₆₀P₁₂₀K₆₀, а на темно-каштанових ґрунтах півдня – N₆₀P₁₂₀.

Густота посіву на час збирання урожаю має становити 55 – 60 тис./га рослин.

Збирання врожаю. Урожайність соняшнику залежить від строку збирання, який визначають за ступенем стиглості та вологістю насіння [24]. Залежно від погодних умов урожай починають збирати через 7 – 10 днів після обробки посівів хлоратом магнію і через 5 - 6 днів – реглоном. За цей час на оброблених полях вологість насіння знижується до 12 – 15 %. Збирають соняшник у фазі господарської стиглості, коли рослин з жовтими і жовтобурими кошиками в посівах становить 12 – 16 %, а з бурими й сухими – 85 - 88 %. У Степу починають збирати соняшник при середній вологості насіння 12 – 14 %, у Лісостепу – 16 - 18 %.

Гібриди досягають дружно, особливо після обробки рослин десикантами. Тому збирання їх починають при вологості насіння 17 – 19 %, а у вологу осінь – 20 - 22 % [24].

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

3.1 Моделювання глобальних кліматичних змін за сценаріями антропогенного впливу RCP

Зміни клімату - одна з основних глобальних проблем. За сучасними уявленнями основний внесок в зміни клімату ХХ в. пов'язаний з антропогенним впливом на земну кліматичну систему [26] 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 [26].

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 комбінаціям глобальних і регіональних кліматичних моделей з просторовим дозволом 50 км для різних сценаріїв концентрації парникових газів [26].

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) [26].

Для виконання цих розрахунків були прийняті сценарії *RCP4.5* (що відповідає концентрації 470 p.p.m) і *RCP8.5* (520 p.p.m).

3.2 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 [5].

3.2.1 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі

Для виконання розрахунків по моделі середня по Дніпропетровській 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:

φ – географічна широта центра області (станції), 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, збиральна стиглість;
- n – кількість розрахункових декад від сходів до збиральної стиглості;
- 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 – март, 4 – апрель, 5 – май.

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) l – початкові значення площі листя;

inf(6) \sum_t – сума ефективних температур за період сходів – збиральна стиглість;

inf(7) $W_{\text{НВ}}$ – 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 коріння;
- inf(13) $\sum t$ - сума ефективних температур росту кошика;
- inf(14) $\sum t$ - сума ефективних температур початку росту кошика;
- inf(15) - α_{ϕ} – начало онтогенетичної кривої фотосинтезу;
- inf(16) - α_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) - ППЩ – 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.

3.2.2 Динамічна модель водно-теплового режиму та продуктивності соняшнику

Прикладна динамічна модель продуктивності соняшнику (рис. 3.1) призначена для агрометеорологічних розрахунків, описує процеси фотосинтезу, дихання, росту і містить відповідно п'ять блоків [5]:

- блок вихідної інформації;
- блок радіаційного і водно-теплового режимів;
- блок дихання;
- блок фотосинтезу;
- блок росту [6].

Блок радіаційного і водно-теплового режимів. Поглинання посівом фотосинтетичної активної радіації розраховується за формулою

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + C * LAI} \quad (3.1)$$

I_0^j - поглинання сонячної радіації, кал/(см²/хв.); $C = 0,5$ – емпірична постійна величина; LAI – площа листя, м²/м².

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою

$$I_0^j = \frac{0.5Q^j}{60\tau_g}, \quad (3.2)$$

де Q – сумарна сонячна радіація, кал/(см²/добу).

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сівкова:

$$Q^j = 12.66(S^j)^{1.31} + 315(\sinh h_0^j)^{2.1} \quad (3.3)$$

де S – тривалість сонячного саява, год.; h_0 – полуденна висота Сонця.

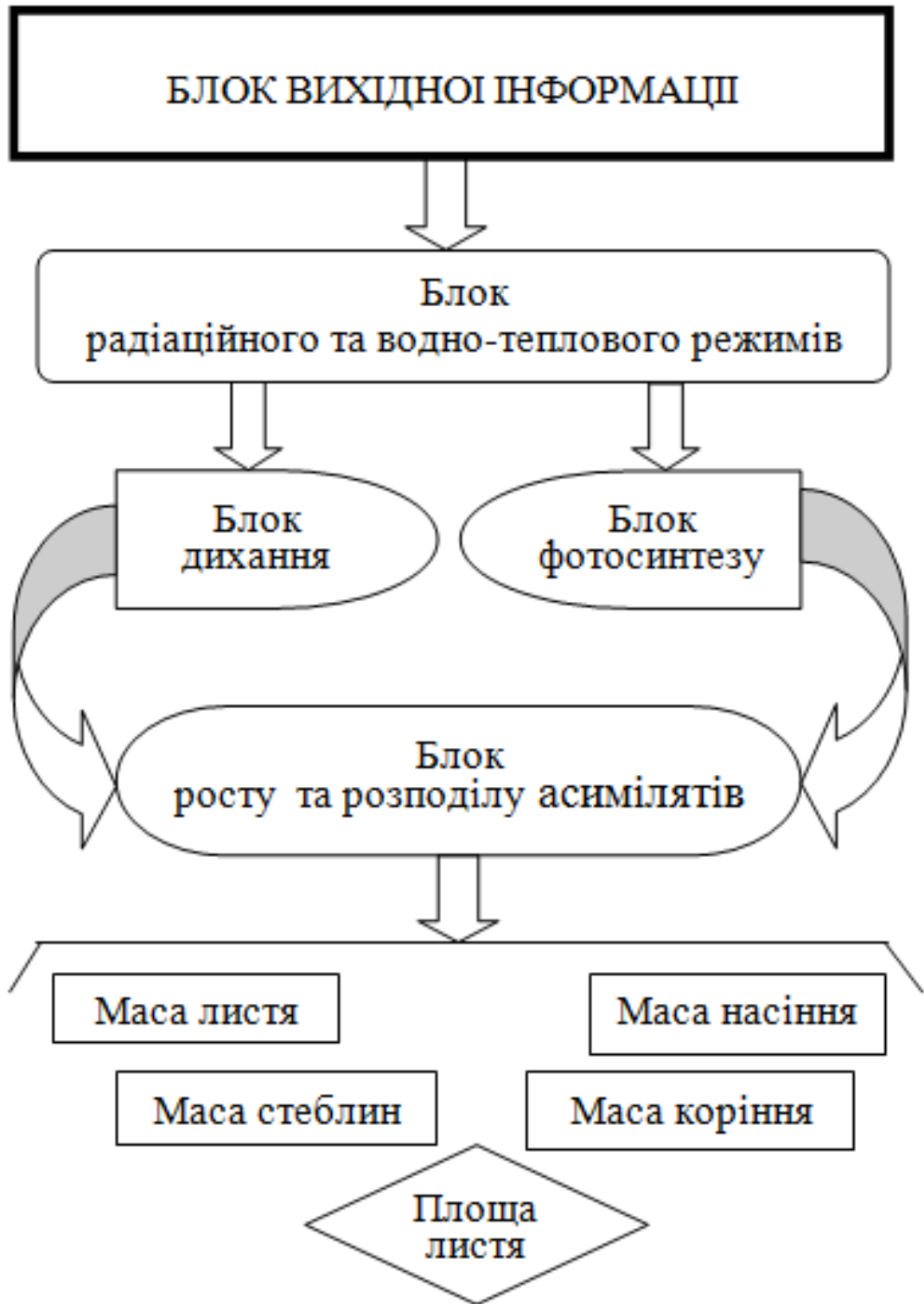


Рисунок 3.1 – Блок-схема математичної моделі водно-теплового режиму та продуктивності соняшнику [5].

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу та звана «температурна крива фотосинтезу» визначається як [20]

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774 x_2 \dots \text{при} \dots t < t_{opt1}^{\phi} \\ 1 \dots \text{при} \dots t_{opt1}^{\phi} < t_n < t_{opt2}^{\phi} \\ 1.1323 \cos(1.5705 x_3) - 0.1323 \dots \text{при} \dots t > t_{opt2}^{\phi} \end{cases} \quad (3.4)$$

де Ψ_{ϕ} - температурна крива фотосинтезу; t_n – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

t_0^{ϕ} – початкова межа оптимальної температури; t_{opt1}^{ϕ} – верхня межа

оптимальної температури; t_{opt2}^{ϕ} – нижня межа оптимальної температури;

t_{max}^{ϕ} - максимальна температура процесу фотосинтезу.

Зміни запасів води в ґрунті W по декадах визначається за рівнянням водного балансу [20]

$$W^{j+1} = W^j + Q^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j \quad (3.5)$$

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 :

$$E_0^j = 0.65 d_w^j n^j \quad (3.6)$$

де n – число днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою:

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3}) / \eta E^j} \quad (3.7)$$

де $W_{H.B.}$ – найменша вологоємність, мм; $W_{B.3.}$ - волога в'янення, мм;

η – 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 [16]

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_\tau^j L^j \tau_d^j, \quad (3.8)$$

де Φ^j – сумарний фотосинтез посіву, г м⁻² доб⁻¹; ε – коефіцієнт для перерахунку в одиниці сухої маси, г мг⁻¹CO₂; Φ_τ^j – інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листя в реальних умовах середі, мгCO₂ дм⁻², яка знаходиться з виразу [20]

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\phi^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_\phi^j, \quad (3.9)$$

де α_ϕ – онтогенетична крива фотосинтезу; ψ_ϕ – температурна крива фотосинтезу; $\frac{E^j}{E_o^j}$ - вологозабезпеченість, %; Φ_o – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- та вологозабезпеченості та в реальних умовах освітленості, мгCO₂ /дм² г .

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива, що описується виразом [20]

$$\alpha_\phi^j = 1 - a \left(\frac{TS_2 - \sum t_l^i}{10} \right) \quad (3.10)$$

де TS_2 – сума ефективних температур наростаючим додаванням; $\sum t_i^1$ - сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листа; $\alpha_\phi^j=0,5$ – 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.

де параметр a вираховується за формулою [20]

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_\phi^j}{\sum t_i^1} \quad (3.11)$$

Інтенсивність фотосинтезу листа описується формулою [16]

$$\Phi_o^j = \frac{\Phi_{\max} a_\phi I^j}{\Phi_{\max} + a_\phi I^j}, \quad (3.12)$$

де Φ_{\max} – інтенсивність фотосинтезу листа при світловому насиченні та нормальній концентрації CO_2 в атмосфері, $mgCO_2 / dm^2 \text{ г}$; a_ϕ – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, $mgCO_2 / dm^2 \text{ г} / (Вт)$.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO_2 в атмосфері розглядають величину Φ_{\max} як функцію концентрації CO_2 [20]

$$\Phi_{\max} = \tau_C \cdot C_o, \quad (3.13)$$

де τ_C – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу; C_o – концентрація 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 [20]

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (3.14)$$

де R – інтенсивність дихання, $\text{г}_{\text{с.в.}}/\text{м}^2 \cdot \text{доб.}$; C_1 – коефіцієнт дихання підтримання, $\text{г}_{\text{с.в.}}/\text{г} \cdot \text{доб.}$, C_2 – коефіцієнт, що характеризує витрати, які пов'язані з ростом, безрозмірний; α_R – онтогенетична крива дихання.

Блок росту. Приріст біомаси посіву визначається остатком між сумарним фотосинтезом посіву та витратами на дихання[20]:

$$\Delta M^j = \Phi^g - R^j \quad (3.15)$$

Ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду описується системою рівнянь[20]

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \vartheta_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \vartheta_i^j m_i^j) n^j \end{cases}, \quad (3.16)$$

де m_i – суха біомаса i -го органу рослин, $\text{г}/\text{м}^2$; β_i – ростова функція вегетаційного періоду, що характеризує розподіл «свіжих» асимілятів, безрозмірна ($\beta_i \geq 0, \sum \beta_i = 0$); ϑ_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 [20]

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (3.17)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0, \quad (3.18)$$

де σ_l – питома поверхнева площа листа, г/м^2 ; k_h – параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі листа, безрозмірний.

Для розрахунку за моделлю були отримані параметри та підібрані змінні для культури соняшника, що вирощується на сільськогосподарських угіддях Кіровоградської області (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Параметри та змінні моделі для культури соняшника.

Кіровоградська область

Параметр	Кількість	Розмірність	Змінна	Кількість	Розмірність
$\sum t$	1400	$^{\circ}\text{C}$	$W_{\text{НВ}}$	120...196	мм
$\sum t \alpha_{\phi}$	280	$^{\circ}\text{C}$	C_{o1}	380	р.р.м
$\sum t_{\alpha R}$	293	$^{\circ}\text{C}$	C_{o2}	470	р.р.м
$\sum t_l$	293	$^{\circ}\text{C}$	C_{o3}	520	р.р.м
$\sum t_s$	293	$^{\circ}\text{C}$	B	8	$^{\circ}\text{C}$
$\sum t_r$	320	$^{\circ}\text{C}$	t_{opt}	25	$^{\circ}\text{C}$
$\sum t_p$	813	$^{\circ}\text{C}$	$*W1_{\text{пр.вл.}}$	130	мм
$\sum t_{\text{пр}}$	507	$^{\circ}\text{C}$	$**W2_{\text{пр.вл.}}$	124	мм
α_{ϕ}	0,6	від. од.			
α_R	0,5	від. од.			

Примітка: $*W1_{\text{пр.вл.}}$ – запаси продуктивної вологи на початок сівби

$**W2_{\text{пр.вл.}}$ – запаси продуктивної вологи на дату сходів

3.3 Оцінка впливу агрокліматичних умов на продуктивність соняшнику в Кіровоградській області

За допомогою моделі водно-теплогового режиму та продуктивності соняшника, що описана вище, були проведені розрахунки фотосинтетичної продуктивності соняшнику, з урахуванням його потреб до екологічних факторів.

Для виконання порівняльного аналізу в роботі використовувалась агрокліматична інформація за 1986 – 2005 рр. метеорологічних станцій Кіровоградської області за шістьома станціями: Знам'янка, Кіровоград, Гайворон, Помічна, Долинська, Бобринець [1].

Для оцінки впливу на ріст, розвиток и формування врожаю соняшнику можливих змін клімату були використані сценарії змін клімату в Україні *RCP4.5* і *RCP8.5*. За сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* розглядається кліматичний період з 2021 до 2050 рр.

Інформація складається з таких показників: географічна широта станції, град.; дати посіву та фаз розвитку соняшнику: сходи, цвітіння, збиральна стиглість, дні; середня декадна температура повітря, °С; Декадний дефіцит вологості повітря, мб; сума опадів за декаду, мм; найменша вологоємність в ґрунті, мм; запаси продуктивної вологи на початок посіву, мм; тривалість вегетаційного періоду, дні; сума ефективних температур за вегетаційний період сходи – збиральна стиглість, °С; поточна концентрація CO₂ в повітрі, р.р.т.

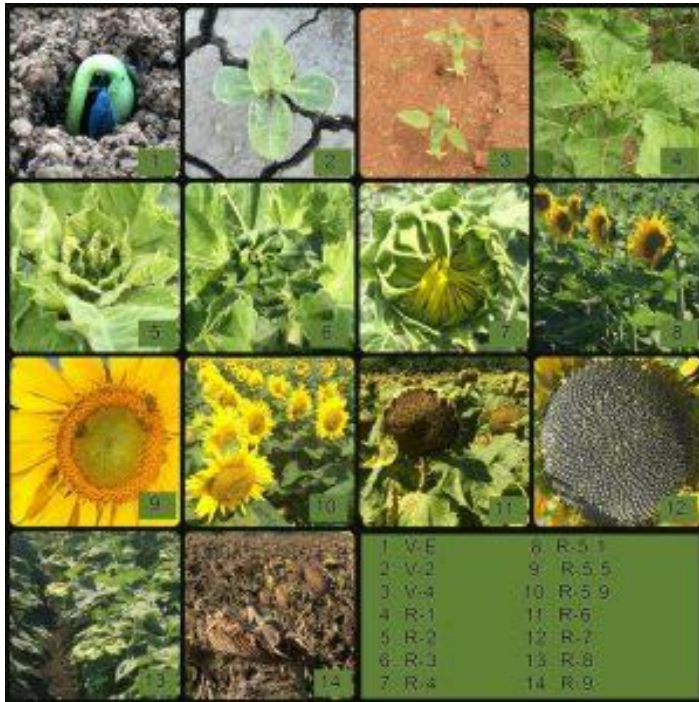
3.3.1 Оцінка термінів сівби та фаз розвитку соняшнику

Всі процеси під час яких рослина формує свій організм здійснюються під час росту та розвитку [21].

Ріст рослинного організму – це необхідне збільшення розмірів рослин (або його органів), що зумовлюється формуванням нових органів, клітин та окремих їх елементів.

Розвиток рослинного організму – це сукупність морфологічних та фізіологічних змін рослин на окремих етапах його життєвого циклу (онтогенезу), які обумовлені внутрішніми особливостями організму та впливом зовнішніх факторів (інтенсивність та спектральний склад світла, тривалість дня та ночі, температура та вологість повітря та ґрунту, органічні та мінеральні елементи живлення [21].

Зовнішні морфологічні зміни, які пов'язані з процесом розвитку



сільськогосподарських культур (диких рослин), називають фазами розвитку.

У соняшника відмічають такі фази росту та розвитку: сходи, перша пара листя, друга пара листя, третя пара листя, утворення суцвіть, цвітіння, формування сім'янки, налив сім'янок, дозрівання сім'янок. У програмі агрометеорологічних

вимірювань спостереження ведуть за такими фазами розвитку: сходи, друга пара листя, утворення суцвіть, цвітіння, дозрівання, збиральна стиглість [8,21]. Тривалість між фазних періодів у разповсюдженій середньостиглій групі сортів (гібридів) соняшника становить від посіву до сходів 14-16 днів, від сходів до початку утворення суцвіть (утворення «кошика») 37-43 дні, від початку утворення «кошика» до цвітіння 27-30 днів, а від цвітіння до досягання 44-50 днів. У ранньостиглих формах між фазні періоди скорочуються, а в середньопізніх – збільшуються [8,21].

Розглянемо як під впливом змін клімату на досліджуваній території будуть змінюватись термін сівби та дати настання основних фаз розвитку соняшнику:

- сівба – сходи;
- сходи – цвітіння;
- цвітіння – збиральна стиглість.

Середній багаторічний термін сівби соняшнику (табл. 3.2) базового періоду спостерігався в середньому по області в середині третьої декади квітня (25.04).

За умов реалізації сценаріїв змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*, терміни сівби за сценаріями змістяться на більш ранній термін за сценарієм *RCP4.5* на 15, а за сценарієм *RCP8.5* на 19 днів в порівнянні з середніми багаторічними строками базового періоду.

Сходи соняшнику відповідно будуть з'являтися раніше. За середніми багаторічними даними базового періоду з 1986 по 2005 роки сходи соняшнику спостерігалися 11 травня. За сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* відхилення термінів сходів очікуються за обома сценаріями і наставатимуть раніше середніх багаторічних на 15 і 19 днів відповідно.

Фаза цвітіння, що розглядається в роботі як наступна фаза та характеризує закінчення періоду листяутворення та утворення суцвіть, в кліматичний період з 1986 по 2005 роки спостерігалася в другій декаді липня (15.07). За сценарієм *RCP4.5* (табл. 3.2) цвітіння соняшнику наставатимуть також 15 липня, а за сценарієм *RCP8.5* на 4 дні раніше середньої багаторічної.

Останньою фазою розвитку рослини соняшника є збиральна стиглість. Для даної фази характерно зниження вологості насіння в кошику до 12-18%, що є показником початку збирання врожаю.

В Кіровоградській області збиральна стиглість насіння соняшнику за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалась 12 вересня.

За сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* відхилення термінів сходів очікуються за обома сценаріями і наставатимуть раніше середніх багаторічних на 11 і 14 днів відповідно.

Таблиця 3.2 – Фази розвитку соняшнику. Кіровоградська область

Кліматичний період	Сівба	Фази розвитку			Тривалість періоду сівба-збиральна стиглість, дні
		Сходи	Цвітіння	Збиральна стиглість	
1	2	3	4	5	6
Базовий період					
1986-2005	25.04	11.05	15.07	12.09	140
Сценарій RCP4.5					
2021-2050	10.04	01.05	15.07	01.09	145
Різниця	-15	-10	0	-11	+5
Сценарій RCP8.5					
2021-2050	06.04	28.04	11.07	28.08	145
Різниця	-19	-13	-4	-14	+5

В наслідок зміщення термінів настання фаз розвитку соняшнику в бік більш ранніх (табл. 3.2) за обома сценаріями тривалість періоду його вегетації в середньому по області практично не змінюватиметься, тому що буде наставати пізніше середньої багаторічної відповідно на 5 днів.

3.3.2 Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику на сільськогосподарських угіддях Кіровоградської області

В розділі 2 було розглянуто потреби соняшнику до факторів навколишнього середовища, до світла, тепла, вологи та мінерального живлення .

Для оцінки впливу агрокліматичних умов на ріст та розвиток посівів соняшнику розглядаються такі основні фактори – тепло та волога. Характеристикою тепла є середня температура повітря. Характеристикою вологи – кількість опадів. Показник забезпеченості соняшника теплом (сума

ефективних температур) був одержаний в роботі розрахунковим методом і становить від сходів до збиральної стиглості 1400°C.

Кліматичні зміни впливатимуть на агрокліматичні умови вирощування соняшнику (табл. 3.3)

У перший міжфазний період від сходів до цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними даними становила 19,3°C (табл. 3.3). За сценарієм зміни клімату *RCP4.5* в цей період середня температура очікується нижче за базову на -1,4°C і становитиме 17,9°C. Середня температура повітря за сценарієм зміни клімату *RCP8.5* в період сходи - цвітіння становитиме 18,2°C, що на -1,1°C нижче базовій.

Кількість опадів в період від сходів до цвітіння за середніми багаторічними даними становила 96 мм. За обома сценаріями змін клімату і *RCP4.5* і *RCP8.5* кількість опадів від сходів до цвітіння незначно зростатимуть в середньому по області на 15% (110 мм).

Температура та опади визначають вологозабезпеченість посівів. В роботі вологоспоживання характеризує величина сумарного випаровування. За середньо багаторічними даними базового кліматичного періоду сумарне випаровування становило 193 мм, за сценарієм змін клімату *RCP4.5* сумарне випаровування за цей період вегетації зменшуватиметься на 9 %, а за сценарієм змін клімату *RCP8.5* зменшення очікується на 6% .

Для аналізу умов вологозабезпеченості соняшника потрібно знати його потреби до вологи. Показник випаровуваності добре характеризує вимоги культури до вологи.

За результатами розрахунків встановлено, що волого потреба (випаровуваність) соняшника за кліматичний період, що є базовим становила 277 мм (табл. 3.3). За результатами розрахунків за сценарієм *RCP4.5* в період від сходів до цвітіння випаровуваність в порівнянні з базовим незначно але

Таблиця 3.3 – Агрокліматичні умови вирощування соняшника. Кіровоградська область

Кліматичний період	Міжфазний період										Вегетаційний період	
	Сходи - цвітіння					Цвітіння - збиральна стиглість						
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, відн.од	сума опадів, мм	вологозабезпеченість, відн.од
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Базовий період												
1986 – 2005	19,3	96	193	277	0,70	20,6	89	89	281	0,32	185	0,51
Сценарій RCP4.5												
2021-2050	17,9	110	176	289	0,61	21,8	36	72	303	0,24	146	0,53
Різниця	-1,4	+15%	-9%	+4%	-13%	+1,2	-60%	-19%	+7%	-25%	-21%	+4%
Сценарій RCP8.5												
2021-2050	18,2	110	181	308	0,59	21,8	39	67	294	0,23	149	0,41
Різниця	-1,1	+15%	-6%	+11%	-16%	+1,2	-56%	-25%	+5%	-28%	-19%	-20%

зросте (на 4%). За кліматичним сценарієм *RCP8.5* за цей період випаровуваність зростатиме на 11 % в порівнянні з базовим.

Розрахунки забезпеченості соняшника вологою за період від сходів до цвітіння показали, що за середніми багаторічними значеннями базового періоду вологозабезпеченість становила 0,70 від. од. (табл. 3.3). За умов реалізації сценарію 4.5 вологозабезпеченість посівів соняшнику зменшиться лише на 13 %, а за сценарієм *RCP8.5* зменшення очікується на 16 %, що імовірно пов'язане з запасами продуктивної вологи на початок вегетації соняшника.

В другий міжфазний період від цвітіння до збиральної стиглості середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями базового періоду становила 20,6°C. У кліматичний період з 2021 до 2050 рр. за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* від цвітіння до збиральної стиглості середня температура повітря в порівнянні з середніми багаторічними значеннями значно зростатиме і буде вищою на 1,2°C в обох випадках.

Сума опадів в період від цвітіння до збиральної стиглості за середніми багаторічними значеннями дорівнює 89 мм (табл. 3.3). За обома кліматичними сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* кількість опадів в період від цвітіння до збиральної стиглості по відношенню до середньо багаторічних значень дуже значно зменшиться на 60 % і 56 % відповідно.

Оцінка забезпечення соняшника вологою за період цвітіння збиральна стиглість показала, що сумарне випарування за середніми багаторічними значеннями було 89 мм. За сценарієм змін клімату *RCP4.5* сумарне випарування зменшуватимуться на 19 %. Сумарне випарування за сценарієм змін клімату *RCP8.5* зменшиться в порівнянні зі середніми багаторічними значеннями на 25% і становитиме 67 мм.

Випаровуваність від цвітіння до збиральної стиглості за результатами розрахунків за сценарієм змін клімату *RCP4.5* збільшиться на 7% (табл. 3.3).

За сценарієм *RCP8.5* збільшуватиметься на 5% в порівнянні з базовим значенням.

Від цвітіння до збиральної стиглості вологозабезпеченість посівів соняшнику за середніми багаторічними базового періоду дорівнювала 0,32 від.од. Забезпеченість вологою посівів соняшника за період з 2021 по 2050 рр. за сценарієм *RCP4.5* буде меншою за базову на 25 %, а за сценарієм *RCP8.5* вологозабезпеченість зменшиться на 28 % від середньо багаторічного значення.

Оцінка умов зволоження та вологозабезпеченості за період вегетації від сходів до збиральної стиглості показала (табл. 3.3), що сума опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP4.5* зменшиться на 21 %. За умов реалізації сценарію *RCP8.5* кількість опадів за період вегетації від сходів до збиральної стиглості зменшиться на 19 %.

За період вегетації від сходів до збиральної стиглості вологозабезпеченість за умов реалізації сценарію *RCP4.5* в порівнянні з базовою залишиться практично без змін (табл. 3.3). За умов реалізації сценарію *RCP8.5* вологозабезпеченість зменшуватимуться на 20 %.

Таким чином, в період сходи – цвітіння за обома сценаріями змін клімату і *RCP4.5* і *RCP8.5* очікуватимуться найменш сприятливі кліматичні умови для росту та розвитку соняшника. Ще гіршими вони очікуватимуться в другий досліджуваний період від цвітіння до збиральної стиглості в порівнянні зі середньо багаторічним базовим періодом, тому що він буде більш спекотним і посушливим. В цілому за вегетацію від сходів до збиральної стиглості за обома сценаріями очікуватимуться менш сприятливі умови для росту та розвитку посівів соняшнику ніж у кліматичному періоді з 1986 по 2005 роки, найбільш гіршими вони будуть, якщо реалізується сценарій *RCP8.5*

3.3.3. Оцінка показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику в Кіровоградській області

Зміни клімату впливають на агрокліматичні умови, які в свою чергу спричиняють зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику, що обумовить рівень його врожайності.

В роботі було розглянуто такі показники фотосинтетичної діяльності: розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси насіння.

Розглянемо розподіл цих показників в середньому по області при зміні кліматичних умов за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності соняшнику, що розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 3.4).

Для соняшнику на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період з 2021 по 2050 рр. нами розглядались такі варіанти:

- ✓ «базовий» – кліматичний період з 1986 по 2005 рр.;
- ✓ «клімат_1» – кліматичний період з 2021 по 2050 рр за сценарієм *RCP4.5* ;
- ✓ «клімат_1 + CO₂» – кліматичний період з 2021 по 2050 рр за сценарієм *RCP4.5* зі збільшенням концентрації вуглекислого газу в атмосфері до 470 р.р.м.;
- ✓ «клімат_2» – кліматичний період з 2021 по 2050 рр за сценарієм *RCP8.5* ;
- ✓ «клімат_2 + CO₂» – кліматичний період з 2021 по 2050 рр. за сценарієм *RCP8.5* зі збільшенням концентрації вуглекислого газу в атмосфері до 520 р.р.м.;

Динаміка площі листя та загальної біомаси наводяться на рис. 3.2А, 3.2Б, 3.3А і 3.3Б.

Площа листя за результатами розрахунків (табл. 3.3 та рис. 3.2А і 3.2Б) в період максимального розвитку в середньому за базовий період дорівнювала $2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Таблиця 3.4 – Фотосинтетична продуктивність соняшнику.

Кіровоградська область

Кліматичний період	Варіант	Показники фотосинтетичної продуктивності в період максимального розвитку			Суша біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Фото-синтетичний потенціал, $\text{м}^2/\text{м}^2$
		Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	*ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2$ дек	Приріст маси, $\text{г}/\text{м}^2$ дек		
1	2	3	4	5	6	7
1986-2005	Базовий	2,7	85	209	756	177
<i>Сценарій RCP4.5</i>						
2021-2050	Клімат	2,7	66	149	707	187
	Клімат + CO_2	2,9	68	160	757	187
<i>Сценарій RCP8.5</i>						
2021-2050	Клімат	2,2	58	107	573	151
	Клімат + CO_2	2,3	57	117	628	162

*ЧПФ – Чиста продуктивність фотосинтезу

У варіанті «клімат_1» за сценарієм *RCP4.5* видно (табл. 3.4 та рис. 3.2А), що площа листя залишатимуться без змін ($2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Розрахунки за варіантом «клімат_1 + CO_2 » вказують на збільшення площі листя в порівнянні із її середнім багаторічним значенням і в порівнянні з варіантом «клімат_1» до $2,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (табл. 3.4 та рис. 3.2А).

У варіантах «клімат_2» і «клімат_2 + CO_2 » за реалізації сценарію *rcp8.5* (табл. 3.4 та рис. 3.2Б) розрахунки показують, що в середньому по області відбудеться зменшення площі листя в порівнянні із середніми багаторічними значеннями та значеннями першого сценарію ($2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і $2,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

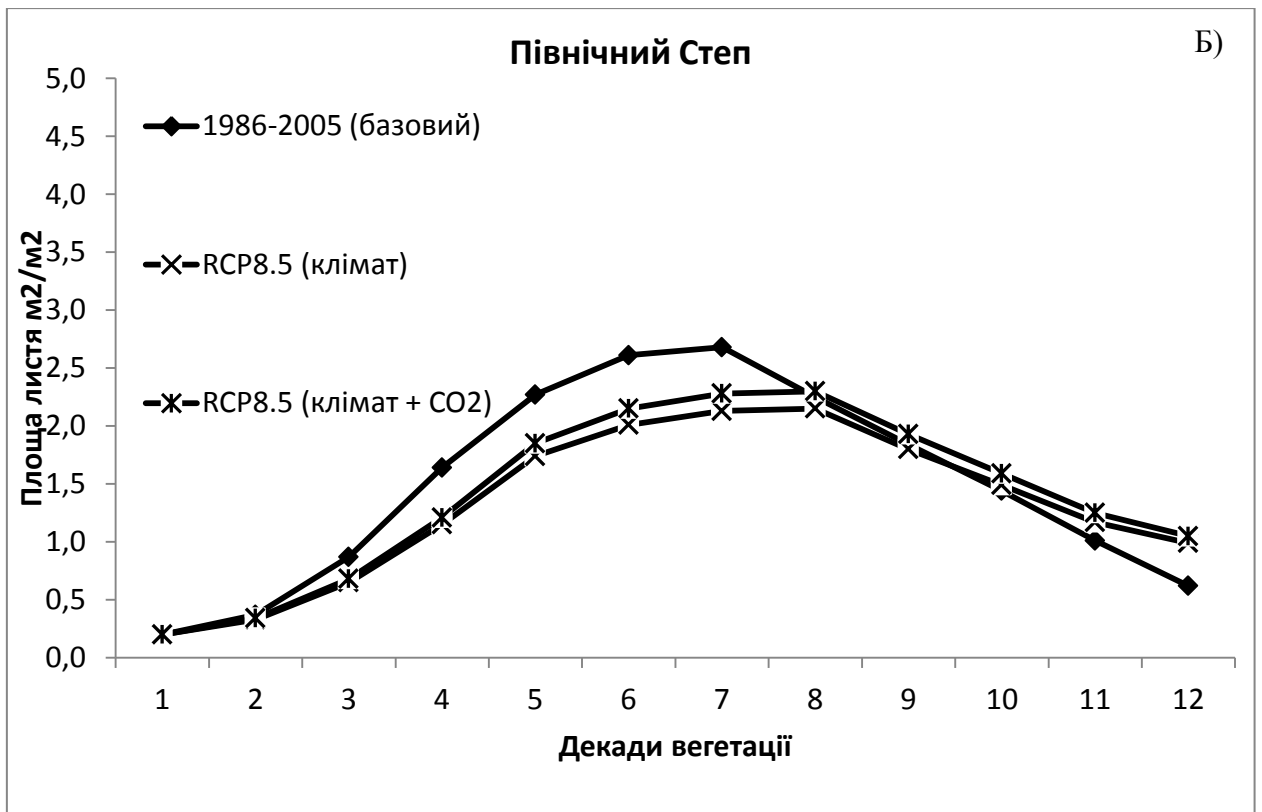
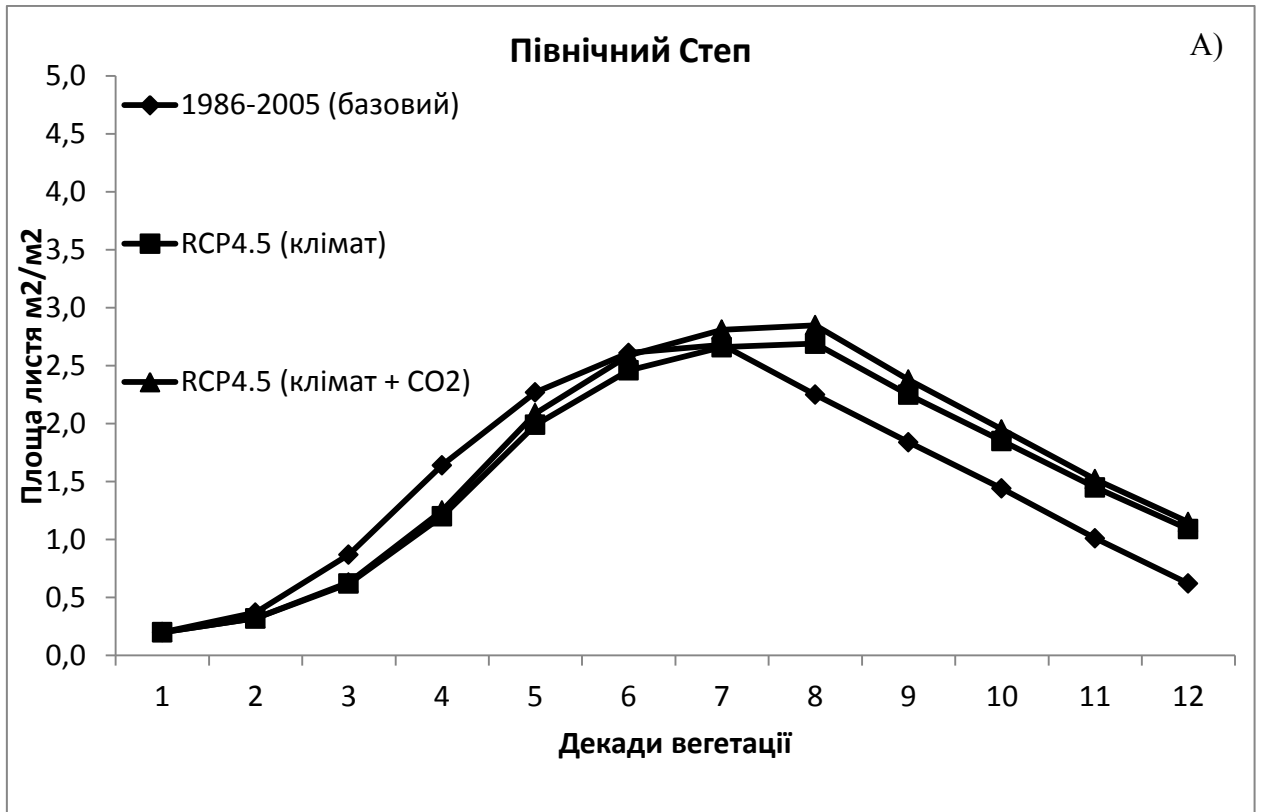


Рисунок 3.2 – Динаміка площі листя соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8*.

Кіровоградська область.

Фотосинтетичну діяльність посівів також добре характеризує суха біомаса рослин [5,21]. Середні багаторічні величини сухої маси і розрахунки посівів соняшнику за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* за варіантами наводяться у табл. 3.3, а її динаміка впродовж періоду вегетації на рис. 3.4А і 3.3Б.

Середні багаторічні значення сухої маси соняшнику в базовий період були 756 г/м².

Розрахунки сухої маси за сценарієм *RCP4.5* показують, що у Кіровоградській області вона змінюватися практично не буде, а за сценарієм *RCP8.5* слід очікувати її зменшення в обох варіантах.

Так, в разі реалізації сценарію *RCP4.5* у варіанті «клімат_1» зменшення буде на 6%. У розрахунках за цим же сценарієм (рис. 3.3А) у варіанті «клімат_1 + CO₂» змін сухої біомаси не буде (0%).

Розрахунки за реалізації сценарію *RCP8.5* за варіантом «клімат_2» теж показують зменшення сухої маси рослин у порівнянні із середніми багаторічними на 24%. У розрахунках за цим же сценарієм (рис. 3.3Б) у варіанті «клімат_2 + CO₂» суха біомаса буде меншою за середньої багаторічної на 17%.

Із змінами площі листя, сухої маси рослин відповідно змінюватиметься і значення фотосинтетичного потенціалу соняшнику (табл. 3.4, рис. 3.4А і 3.4Б). Фотосинтетичний потенціал це сумарна листкова поверхня, яка бере участь у фотосинтезі від початку вегетації до закінчення фотосинтезу [21]. Він залежить від різних факторів – виду, сорту культур, густоти посіву, умов живлення, зволоження, освітлення, температури повітря, ґрунту та ін.

Значення фотосинтетичного потенціалу соняшника за базовий період в Кіровоградській області було 177 м²/м².

Розрахунки за обома сценаріями і по всіх варіантах показали, що в період з 2021 по 2050 рр. інтенсивність фотосинтетичного потенціалу за різними сценаріями і за варіантами буде такою:

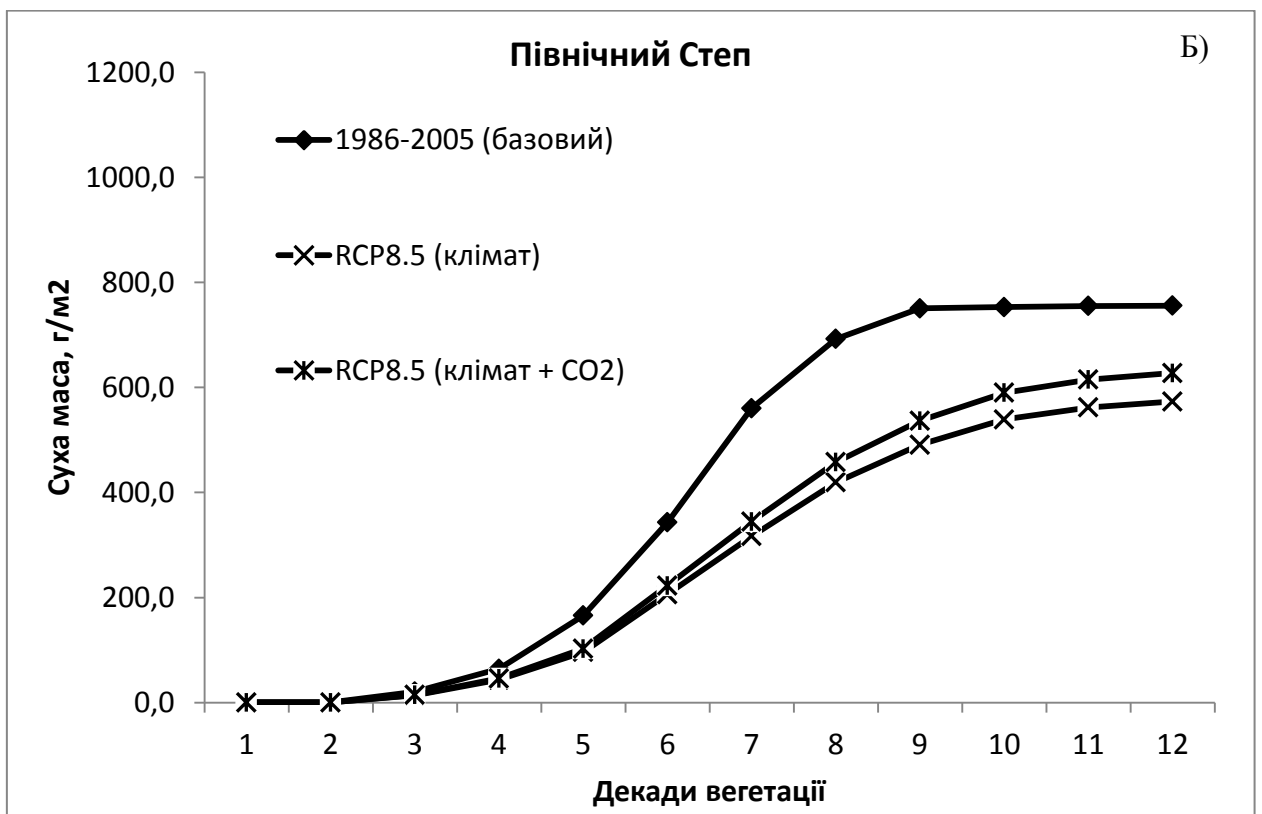
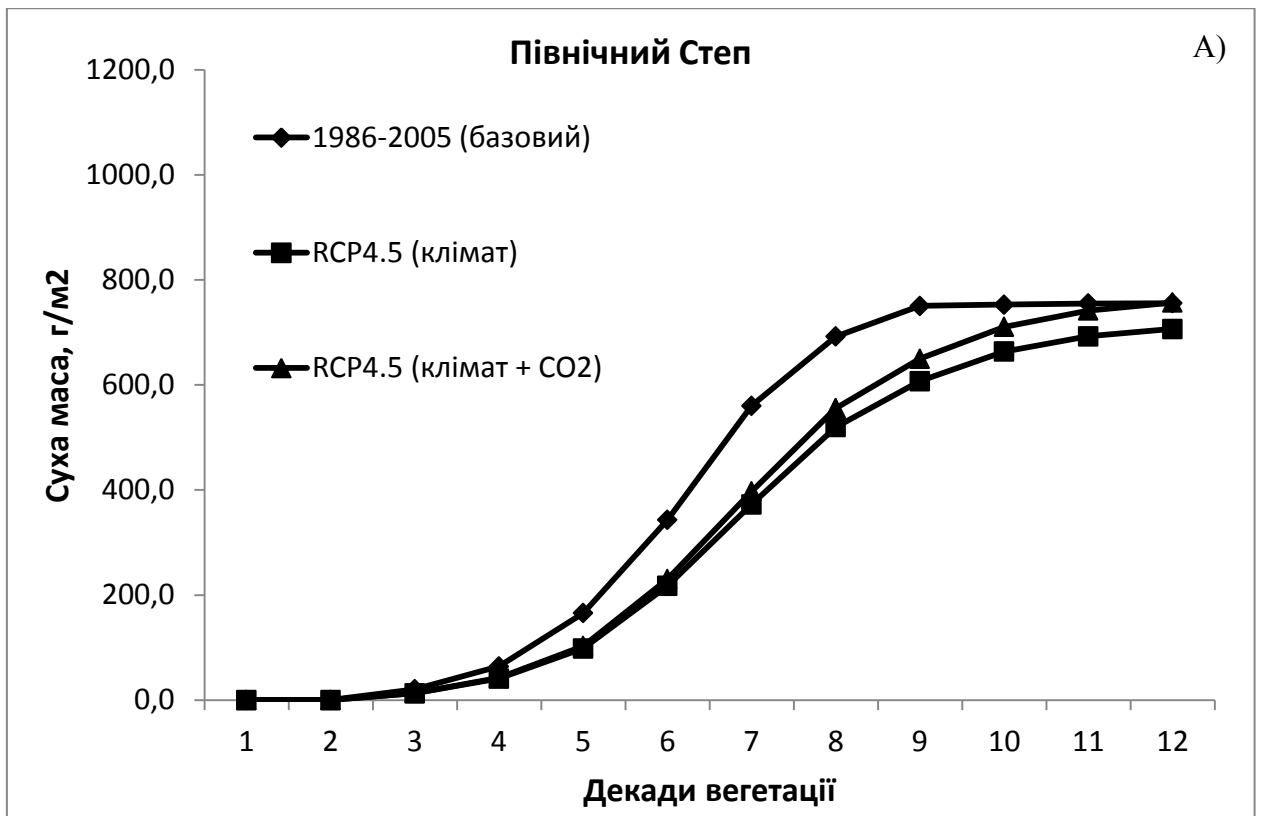


Рисунок 3.3 – Динаміка сухої маси соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Кіровоградська область.

- ❖ за сценарієм *RCP4.5* значення фотосинтетичного потенціалу незначно (на 5%) але збільшиться в обох варіантах « клімат_1» і «клімат_1 + CO₂» (табл. 3.4, рис. 3.4А);
- ❖ розрахунки фотосинтетичного потенціалу за сценарієм *RCP8.5* показали (табл. 3.4, рис. 3.4Б), що в порівнянні із середніми багаторічними значеннями очікується зменшення фотосинтетичного потенціалу у варіанті «клімат_2» на 15 %, а «клімат_2 + CO₂» на 8 %.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності рослин є чиста продуктивність фотосинтезу [21]. **Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ)** являє собою приріст сухої маси рослин у грамах за певний час (доба), віднесений до одиниці листової поверхні (м²). Її розраховують періодичним добором проб рослин, у яких визначають загальну масу, масу окремих органів і площу листів. Далі «нетто-асиміляцію» [г/(м²*доба)] розраховують за формулою

$$E_{n.ф.} = \frac{1}{\bar{L}_0} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (3.19)$$

де ΔM – приріст, тобто різниця між сухою фітомасою за певний проміжок часу $\Delta M = M_2 - M_1$; \bar{L}_0 – середня сумарна площа листя рослини за період Δt .

Значення чистої продуктивності фотосинтезу на досліджуваній території за середніми багаторічними даними становили 85 г/м² (табл.3.4).

В разі реалізації сценарію *RCP4.5* чиста продуктивність фотосинтезу у варіантах «клімат_1» і «клімат_1 + CO₂» зменшуватимуться на 19,0 і 17,0 г/м² відповідно). У випадку реалізації сценарію *RCP8.5* (табл.3.4) , також спостерігатиметься зменшення чистої продуктивності фотосинтезу в обох варіантах до 27,0...28,0 г/м².

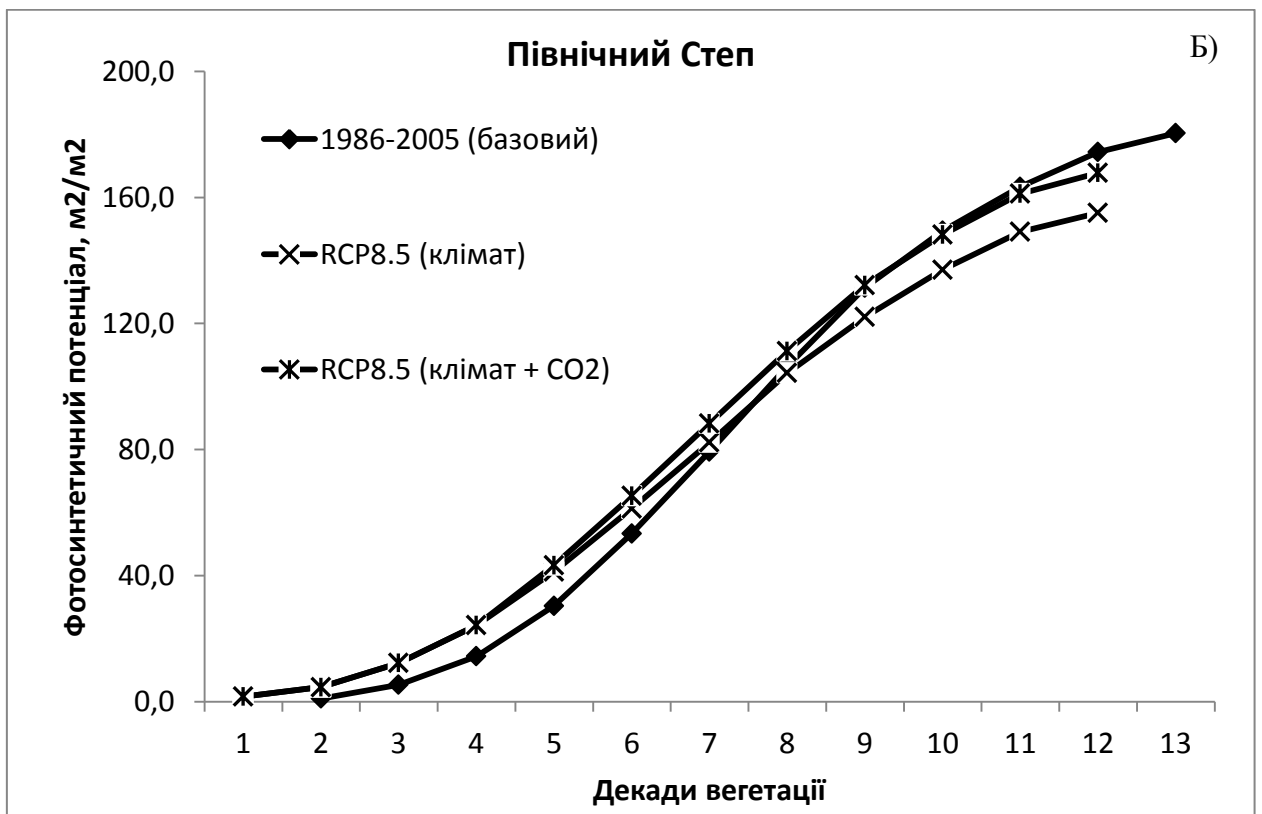
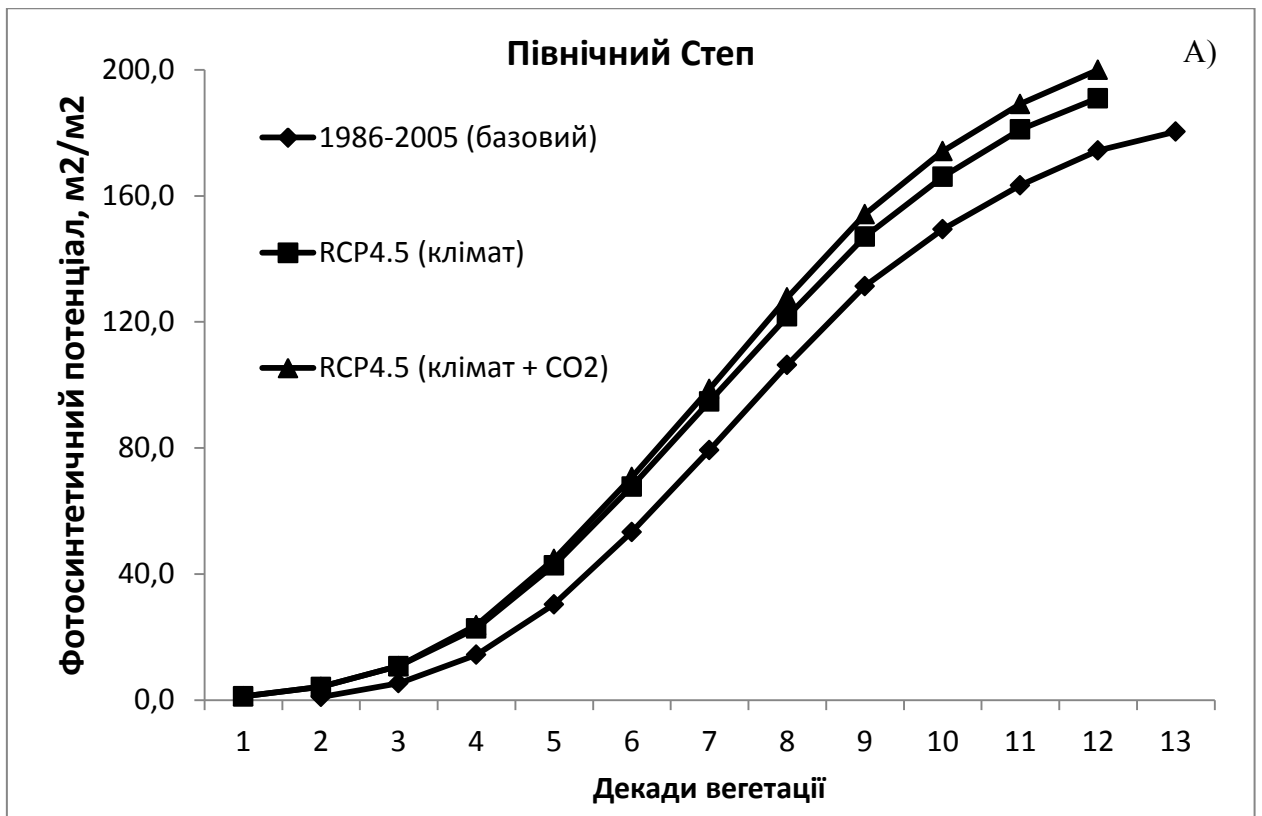


Рисунок 3.4 – Динаміка фотосинтетичного потенціалу соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Кіровоградська область.

Таким чином, в період з 2021 по 2050 роки сівба за обома сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* буде раніше на 15...19 днів, тому й фази розвитку наставатимуть раніше. Тривалість вегетації в Кіровоградській області значно не зміниться, за обома сценаріями на 5 днів пізніше.

За обома сценаріями змін клімату і *RCP4.5* і *RCP8.5* очікуватимуться найменш сприятливі кліматичні умови для росту та розвитку соняшника в період сходи – цвітіння. Другий період від цвітіння до збиральної стиглості в порівнянні зі середньо багаторічним базовим періодом буде більш спекотним і посушливим. В цілому за вегетацію від сходів до збиральної стиглості за обома сценаріями очікуватимуться менш сприятливі умови для росту та розвитку посівів соняшнику ніж у кліматичному періоді з 1986 по 2005 роки, найбільш гіршими вони будуть, якщо реалізується сценарій *RCP8.5*

Агрокліматичні умови кліматичного періоду з 2021 року по 2050 рік будуть сприяти зниженню продуктивності посівів соняшника в порівнянні з періодом з 1986 по 2005 рр.

Отже, якщо реалізується сценарій *RCP4.5* урожай насіння в середньому залишиться на рівні базового середньо багаторічного, у випадку збільшення в атмосфері вуглекислого газу врожай зросте з 22,7 ц/га до 24,1 ц/га. У випадку реалізації сценарію *RCP8.5* очікується зменшення до 18,8 ц/га і 20,7 ц/га.

4 ОЦІНКА КЛІМАТИЧНОГО РИЗИКУ НЕДОБОРУ УРОЖАЮ СОНЯШНИКА НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДДЯХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

4.1 Вплив змін клімату на сільське господарство

Дослідженнями зміни глобального клімату займаються великі наукові колективи в багатьох країнах світу, міжнародні організації і спеціально створені творчі групи, тому що ця проблема дуже складна і значима для людства. Так, у 1988 р. Всесвітньою Метеорологічною Організацією (ВМО) і Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була заснована Міжурядова група експертів зі зміни клімату, одну з робочих груп якої очолює академік Російської Академії Наук Ю.А. Ізраель [22].

Ученими світу розроблені десятки різних сценаріїв можливих змін клімату Землі під впливом антропогенних факторів – зростаючої господарської діяльності людини, а також військових конфліктів різного масштабу. Як уже відзначалося, клімат геологічних епох Землі неодноразово мінявся під впливом природних причин. При вивченні палеокліматів минулих епох російські науковці М.І. Будико, А.А. Величко та ін. показали можливість формування на Землі в доступному для огляду майбутньому кліматичних умов, аналогічних клімату деяких минулих епох. В основу цієї гіпотези покладені оцінки газового стану атмосфери окремих геологічних епох і очікуваних змін концентрації CO₂, метану й інших газів у найближчі 100 років. Сценарії такого підходу стали називати палеокліматичними.

В основі більшості інших сценаріїв теорії клімату лежать розрахунки, виконані за допомогою математичних моделей, які враховують різні допуски тимчасових змін кількості викидів в атмосферу CO₂, метану, інертних газів, фреону та ін., зміни вмісту в тропосфері метану й інших парникових газів. Як

приклад наведемо фрагмент очікуваних змін кліматичних умов до 2030 р. (температури повітря і кількості опадів) за трьома сценаріями, два з яких – США (*GEDL*) і Канади (*CCC*) – аридні, а сценарій Росії – гумідний (палеокліматичний сценарій *EMI*) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1– Зміна температури ΔT і опадів ΔR за сценаріями *EMI*, *CCC* і *CFDL* для центральних районів Європейської частини Росії

Місяць	$\Delta T, ^\circ\text{C}$			$\Delta R, \%$		
	<i>EMI</i>	<i>CCC</i>	<i>GFDL</i>	<i>EMI</i>	<i>CCC</i>	<i>GFDL</i>
Січень	9,8	4,3	2,1	16	15	10
Липень	0,2	1,8	2,2	16	0	5

Як свідчать дані наведені в табл. 4.1, загальним для названих сценаріїв еволюції майбутнього клімату є його потепління, однак рівні потепління і зміни кількості опадів різні [22].

Найбільш вірогідно зміни клімату оцінюються за даними масової мережі інструментальних метеорологічних спостережень. В результаті наукового узагальнення даних за останні 150 років ученими МГЕІК було встановлено реальне потепління середнього глобального клімату; протягом ХХ ст. середня глобальна температура поверхні Землі збільшилася на $0,6 \pm 0,2$ °С. Таке підвищення температури у ХХ ст. виявилось найбільшим за останнє тисячоліття. В період з 1950 по 1993 рік. нічні мінімальні температури повітря над сушею за десятиліття підвищувалися на 0,2 °С, а денні максимальні температури – на 0,1 °С. Це призвело до збільшення тривалості беззаморозкового періоду. За даними знімків, отриманих за допомогою супутників, з кінця 1960-х років площа снігового покриву Землі зменшилася на 10 %, спостерігалось скорочення площі гірських льодовиків у неполярних районах.

Протягом ХХ ст. середній рівень світового океану підвищився на 10-20 см в результаті теплового розширення води і танення материкового льоду. У ХХ ст. кількість атмосферних опадів зростало за десятиліття в середньому на

0,5-1 %, в основному у високих і середніх широтах Північної півкулі. Повторюваність сильних посух або періодів перезволоження варіювало в окремі десятиліття, але в окремих районах Азії й Африки повторюваність і інтенсивність посух помітно зростає. У Північній півкулі зменшилася повторюваність екстремально-низьких температур і трохи збільшилася повторюваність екстремально-високих. В той же час у деяких районах Південної півкулі й в Антарктиді потепління клімату не відзначено [22].

Усі ці кліматичні зміни учені пов'язують з антропогенною зміною концентрації парникових газів. Так, за даними досліджень Ю.А. Израеля, Ю.А. Груза та ін., із третього звіту МГЕЗК концентрація CO_2 в атмосфері з 1750 по 2000 рік збільшилася на 31 %. Такого високого рівня вона не досягала за останні 420 тис. років. За останні 20 років близько 3/4 надходження в атмосферу антропогенного CO_2 пов'язують зі спалюванням величезної кількості органічного палива (нафти, газу, вугілля), інша частина приходить на зміни в системах землекористування, скорочення площі лісів. Тільки в 90-х роках ХХ ст. концентрація CO_2 збільшувалася щорічно на 0,2 – 0,8 %. Концентрація метану (CH_4) в атмосфері, починаючи з 1750 р. збільшилася до нашого часу на 151 % і продовжує зростати. Основними джерелами збільшення концентрації метану в атмосфері є спалювання органічного палива і сміття, збільшення відходів тваринницьких господарств та ін. За останні десятиліття в атмосфері значно зростає концентрація оксиду азоту (II), що пов'язано із сільськогосподарською обробкою ґрунту і розвитком хімічної промисловості, а також надходженням ряду так званих малих домішок газів (хлористі, сірчані та ін.). Усі ці гази, що безупинно надходять в атмосферу, утворюють антропогенний аерозоль, який змінює радіаційні умови. Так, починаючи з 1750 року надходження сонячної радіації збільшилося приблизно на $0,3 \text{ Вт/м}^2$, причому велика частина цих змін відбулася в першій половині ХХ ст. [22].

Як відзначалося раніше, сценарії зміни клімату розробляються на основі математичних моделей, які враховують основні фізичні закони

природи. Найбільш складні – глобальні кліматичні моделі – включають як основні компоненти взаємодії одна з одною моделей атмосфери, океану, верхніх шарів суші, кріо- і біосфери. Розрахунки за такими моделями виконуються за допомогою могутньої сучасної обчислювальної техніки у вузлах регулярної координатної сітки для різних регіонів у заданому масштабі. У глобальному або субконтинентальному масштабах такі моделі дозволяють задовільно відтворювати середні річні значення, які спостерігаються, і сезонний хід основних гідрометеорологічних величин. В останні роки ученим удалося реально відтворити деякі стани кліматичної системи за останні 20 тис. років, у тому числі і явище Ель-Ніньйо – південне коливання. Однак для розрахунків по регіонах і областях необхідно залучення значної кількості додаткових параметрів і тривалих однорідних рядів спостережень[22].

У 2000 р. названа вище робоча група МГЕЗК під керівництвом академіка Ю.А. Ізраеля представила спеціальну доповідь про очікуваний глобальний стан природного середовища і клімату, додавши розрахунки за соціально-економічними показниками (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Очікуваний стан природного середовища й клімату та соціально-економічні показники на період 1990 – 2100 рр.

Рік	Населення Землі, млрд. чол.	Глобальний національний продукт, 10^{12} \$/рік	Приземна концентра ція, ум. од.	Концентрація CO ₂ , ум. од.	Зміна глобальної температури, °C
1990	5,3	21	–	354	0
2000	6,1...6,2	25...28	40	367	0,2
2050	8,4...11,3	59...187	*60	463...623	0,8...2,6
2100	7,0...15,1	197...550	>70	478...1099	1,4...5,8

Таким чином, сільськогосподарська діяльність у XXI ст. буде проходити в умовах досить швидкої зміни природного середовища і клімату. А це, в свою чергу, вимагає розробки нових підходів і методів агрокліматичного районування і розрахунку показників теплозабезпеченості та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур та загального біологічного потенціалу.

4.2 Оцінка кліматичного ризику недобору урожаю сільськогосподарських культур в Україні через несприятливі явища

На значній території України несприятливим наслідком глобального потепління є підвищення посушливості клімату. Збільшення частоти засух спостерігається не тільки в регіонах з прогнозованим зниженням кількості опадів, але і в областях, де кількість опадів збільшується внаслідок змін клімату. У цих умовах на перше місце виходить вимога відносної стійкості господарських, тобто закладених в закрома, врожаїв - невеликі коливання щодо середнього рівня неминучі, але ризику великих недоборів продукції повинні бути якщо не виключені, то, у всякому разі, зведені до мінімуму [11].

До небезпечних для сільського господарства явищ відносяться: посухи, суховії, заморозки, перезволоження ґрунту, градобою і деякі інші, а також комплекси несприятливих гідрометеорологічних явищ, що викликають вилягання посівів, різке зниження їхньої продуктивності, загибель і ускладнюють проведення польових робіт, особливо збирання врожаю. До небезпечних відносяться також гідрометеорологічні явища холодного періоду року, що призводять до вимерзання, вимокання та випрівання озимих культур, а також до пошкодження багаторічних насаджень [11].

Стосовно до виробництва сільськогосподарських культур кліматичний ризик можна визначити як ймовірність очікуваних втрат врожайності, що витікає із взаємодії між несприятливими метеорологічними чинниками і вразливістю реципієнта (суб'єкта - сільськогосподарський район, область,

край, республіка). Імовірність оцінюється як відношення числа років з урожайністю нижче деякого критичного рівня до загальної кількості років розглянутого періоду. Для розрахунку оцінок уразливості може використовуватися функція врожайності і біокліматичного потенціалу [11].

В Україні, як і в багатьох країнах світу, спостерігається тенденція збільшення втрат в агропромисловому комплексі через посилення впливів небезпечних природних явищ. З агрометеорологічних небезпечних явищ найбільшої шкоди завдають посухи, так як більше 60% всіх посівних площ ведучих сільськогосподарських культур розташоване в зонах недостатнього і нестійкого зволоження. Звісно, що в таких умовах загроза пошкодження цих культур посухою в тому чи іншому районі досить велика [21].

Нанесений сільському господарству засухами збиток, залежить від території, охопленій ними, а також від інтенсивності і тривалості періоду посух. При локальних засухах великих втрат не спостерігається. При великих і інтенсивних засухах шкоду, яку завдають ними, різко збільшується, що викликає необхідність чіткого їх відстеження або моніторингу за певними показниками або критеріями [11,21].

В якості критеріїв посух використовуються різні показники. Наприклад, аномалії кількості опадів (% від кліматичної норми) у поєднанні з аномалією температури повітря, відносна вологість і дефіцит вологості повітря, запаси продуктивної вологи в ґрунті або зниження врожайності щодо її середньої величини більш ніж на 20%. Поширені комплексні коефіцієнти зволоження (посушливості), що представляють собою в більшості випадків ставлення сум опадів до випаровуваності, де випаровуваність враховується побічно за сумами температур або дефіциту вологості повітря. Серед таких показників найбільш поширеним є гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова [21].

Для Кіровоградської області до чинників вразливості можна віднести хвилі тепла, посухи, суховії, вітрова ерозія, однак найбільш небезпечною є посуха.

4.2.1 Оцінка ризиків недобору врожаю насіння соняшника в Кіровоградській області за період з 2021 по 2050 роки

Оцінка ризиків недобору урожаю за рахунок посухи розраховувалась нами за допомогою гідротермічного коефіцієнту Г.Т. Селянинова [21]

$$ГТК = \frac{\sum P}{0.1 \sum t} \quad (4.1)$$

де P – сума опадів за декаду, мм; t – сума температур за декаду.

Таблиця 4.3– Оцінка посушливості за гідротермічним коефіцієнтом
Г.Т. Селянинова

Посуха	ГТК	Посуха	ГТК
Слабка	0.9.....0.6	Сильна	0.5....0.4
Середня	0.6.....0.5	Дуже сильна	< 0.4

Кліматичний ризик під час вирощування сільськогосподарських культур, в нашому випадку соняшника, розраховувався за формулою

$$R = p \cdot V \quad (4.2)$$

p – імовірність небезпечного гідрометеорологічного явища, %

V – уразливість виробництва сільськогосподарських культур.

$$p = \frac{N_{cr}}{N} \times 100\% \quad (4.3)$$

N_{cr} – число років з небезпечним гідрометеорологічним явищем,

N – загальне число років періоду.

Під вразливістю об'єкта розуміємо добуток відсотка ушкоджень (хвороб), пов'язаних з настанням небезпечного явища, на шкоду від ушкодження (хвороб).

Для оцінки ступеню вразливості території та кліматичного ризику великих неврожаїв соняшнику в Кіровоградській області були виконані розрахунки очікуваних ризиків недобору врожаю насіння соняшника за сценаріями змін клімату *RCP4.5* та *RCP8.5*.

За допомогою моделі були отримані розрахункові врожаї насіння соняшнику (рис. 4.1 і 4.2) з 2021 по 2050 рр.

За результатами розрахунків в період з 2021 по 2050 рр. очікуються окремі роки, коли погодні умови сприятимуть одержанню врожаю насіння соняшнику до 40-50 ц/га, і навпаки можливі дуже несприятливі умови, які будуть викликати зниження продуктивності посівів соняшнику, як слід тому врожай насіння може знижуватися до 5-10 ц/га.

При середньобаторічних кліматичних умовах за сценарієм *RCP4.5* врожай становитиме 22,4...24,1 ц/га. В окремі роки (13 з 30 років) його значення становитиме 40...50 ц/га.

Оцінка умов зволоження показує, що гідротермічний коефіцієнт в роки з високими показниками врожаю становитиме 0,7-1,0.

Якщо реалізується сценарій *RCP8.5*, то середній за досліджуваний період урожай насіння соняшнику буде меншим за середньо багаторічний урожай базового періоду (зменшиться з 22,7ц/га до 18,8ц/га) і врожай за сценарієм *RCP4.5* (зменшиться з 22,4 ц/га до 18,8ц/га)

Рідше за перший сценарій будуть спостерігатися роки з урожаєм 40...50 ц/га (11 з 30 років), що є наслідком менш частішій повторюваності років з добрими умовами зволоження.

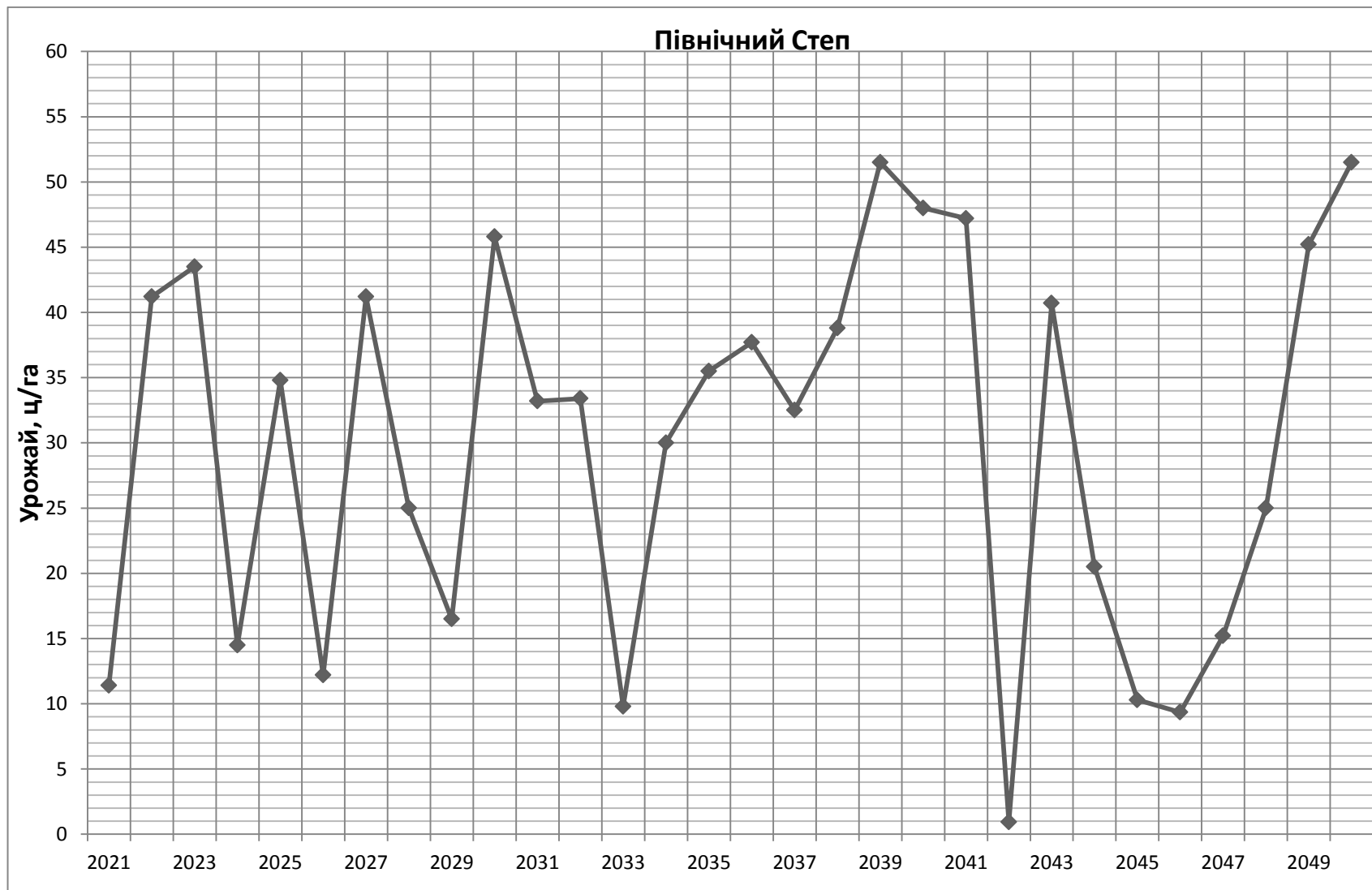


Рисунок 4.1 – Динаміка урожаїв насіння соняшника за період з 2021- по 2050 роки. Сценарій RCP4.5.

Кіровоградська область..

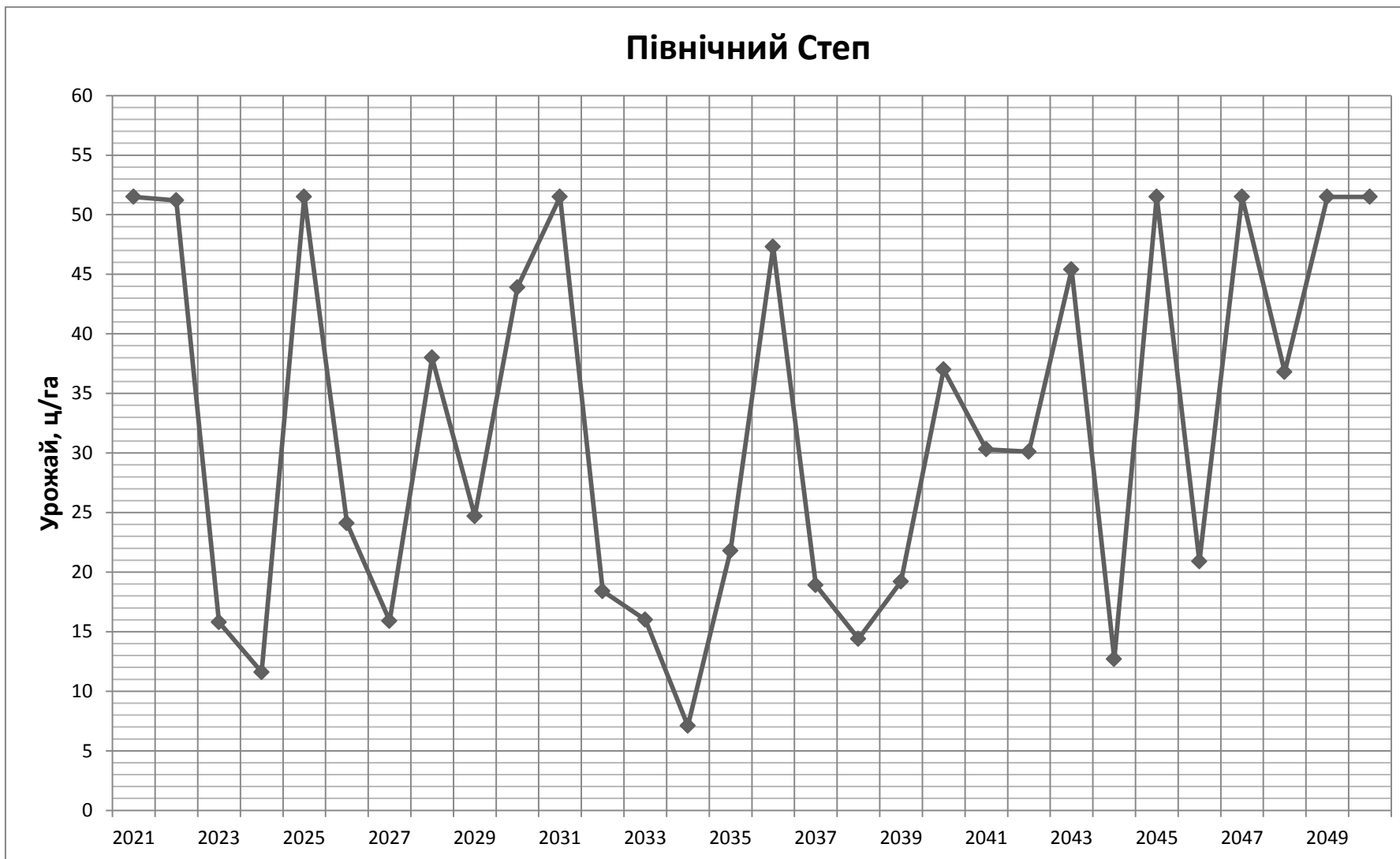


Рисунок 4.2 – Динаміка урожаїв насіння соняшника за період з 2021- по 2050 роки. Сценарій RCP8.5.

Кіровоградська область.

За реалізацією сценарію *RCP4.5* число неврожайних років за період 2021 – 2050 рр. з критичним рівнем зниження врожайності (5...10 ц/га) очікується у 4-х випадках з 30-ти (рис. 4.1). Якщо реалізується сценарій *RCP8.5* років з критичним рівнем зниження врожайності практично спостерігатися не буде (рис. 4.2).

Порівняльний аналіз числа років з великими втратами кліматично обумовленої врожайності насіння соняшнику за сценаріями змін клімату *RCP4.5* та *RCP8.5* показав, що при реалізації обох сценаріїв очікується середній ризик недобору врожаю, що складає 9 % (рис. 4.3) і 10% (рис. 4.4).

Отже на території Кіровоградської області, яка розташована у більшості в Північному Степу України за реалізацією сценарію *RCP4.5* в першій половині XXI-го століття слід очікувати позитивного впливу змін клімату на продуктивність соняшнику. Якщо реалізується сценарій *RCP8.*, то років з критичним рівнем зниження врожайності не буде, але в цілому за досліджуваний період через часто повторюваних посушливих умов не слід очікувати дуже високих урожаїв.

Тому значний позитивний вплив на продуктивність соняшнику зміни клімату можуть надати тільки за умови завчасної адаптації до їх очікуваних змін.



Рисунок 4.3 – Очікувані ризики недобору врожаю насіння соняшнику. Сценарій *RCP4.5*. 2021 – 2050 рр.

Кіровоградська область.



Рисунок 4.4 – Очікувані ризики недобору врожаю насіння соняшнику. Сценарій *RCP8.5*. 2021 – 2050 рр.

Кіровоградська область

ВИСНОВКИ

В роботі наведено дослідження формування продуктивності соняшнику в Північному Степу під впливом агрокліматичних умов, що склалися в період з 1986 по 2005 роки і очікуються у період з 2021 по 2050 роки. Наведено рішення даної наукової задачі з використанням сценаріїв змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* і за допомогою методу математичного моделювання. А саме:

1. Вивчені особливості технології вирощування соняшнику. Оптимальний термін сівби соняшнику відносно короткий. Можна сіяти, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягає 8°C. Поява сходів у великій мірі залежить від температури ґрунту. Необхідна сума температур від посіву до появи сходів становить 70 ... 80 °C. При оптимальному терміні посіву сходи з'являються через 10 ... 15 днів, при його недотриманні - через 20 і більше днів.

2. Встановлено (з літератури), що оптимальна температура повітря для фотосинтезу становить 25°C, найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см знаходиться в межах 131...190 мм, а запаси продуктивної вологи у даному шарі ґрунту на початок сівби становлять в середньому 130 мм, а на дату сходів 124 мм, поточна концентрація CO₂ в атмосфері складає 380 р.р.м, очікувана за сценарієм *RCP4.5* дорівнюватиме 470 р.р.м, за сценарієм *RCP8.5* концентрація CO₂ збільшуватимуться до 520 р.р.м.

3. Вивчено модель водно-теплого режиму та формування продуктивності соняшнику. Отримані параметри формування врожаю соняшнику. Встановлено, що сума ефективних температур за період сходів – збиральна стиглість дорівнює 1400 °C, а суми температур онтогенетичної кривої фотосинтезу та дихання відповідно 280 °C і 293 °C. Суми ефективних температур росту листя, стебел, кореня та корзинки становлять 293 °C, 293 °C, 320°C і 813°C, відповідно, а сума ефективних температур початку росту корзинки складає 507 °C.

4. Виконано розрахунки та аналіз настання дат сівби та основних фаз розвитку соняшнику. В період з 1986 по 2005 роки сівбу проводили в кінці

квітня, в період з 2021 по 2050 роки сівба за обома сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* буде раніше на 15...19 днів, тому й фази розвитку наставатимуть раніше. Тривалість вегетації в Кіровоградській області значно не зміниться, за обома сценаріями на 5 днів пізніше.

5. За результатами розрахунків за обома сценаріями змін клімату і *RCP4.5* і *RCP8.5* очікуватимуться найменш сприятливі кліматичні умови для росту та розвитку соняшника в період сходи – цвітіння. Другий період від цвітіння до збиральної стиглості в порівнянні зі середньо багаторічним базовим періодом буде більш спекотним і посушливим. В цілому за вегетацію від сходів до збиральної стиглості за обома сценаріями очікуватимуться менш сприятливі умови для росту та розвитку посівів соняшнику ніж у кліматичному періоді з 1986 по 2005 роки, найбільш гіршими вони будуть, якщо реалізується сценарій *RCP8.5*

6. Визначено основні показники фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику за агрокліматичних умов Кіровоградської області. Встановлено, якщо реалізується сценарій *RCP4.5* урожай насіння в середньому залишиться на рівні базового середньо багаторічного, у випадку збільшення в атмосфері вуглекислого газу врожай зросте з 22,7 ц/га до 24,1 ц/га. У випадку реалізації сценарію *RCP8.5* очікується зменшення до 18,8 ц/га і 20,7 ц/га.

7. На основі методики розрахунку кліматичних ризиків при виробництві сільськогосподарських культур дана оцінка очікуваних ризиків недобору врожаю насіння соняшника в Кіровоградській області.

Отже на території Кіровоградської області, яка розташована у більшості в Північному Степу України за реалізацією сценарію *RCP4.5* в першій половині XXI-го століття слід очікувати позитивного впливу змін клімату на продуктивність соняшнику. Якщо реалізується сценарій *RCP8.*, то років з критичним рівнем зниження врожайності не буде, але в цілому за досліджуваний період через часто повторюваних посушливих умов не слід очікувати дуже високих урожаїв.

Тому значний позитивний вплив на продуктивність соняшнику зміни клімату можуть надати тільки за умови завчасної адаптації до їх очікуваних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Кіровоградській області: (1986-2005). М-во надзвичайних ситуацій України; Кіровоград. Обл. центр з гідрометеорології; за ред.. **О.І. Юрченко**, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011. 212 с.
2. Агрокліматичний довідник по території України. За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбиди, А.Л. Прокопенко. – Кам'янець-Подільськ, 2011. 107 с.
3. Атлас почв Украинской ССР. Киев: Урожай, 1979. 159 с.
4. Божко Л.Ю., Жигайло О.Л. Біологічні основи формування кількості та якості врожаю: конспект лекцій. Одеса, 2013. 154 с.
5. 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.
6. Жигайло О.Л., Кушнарєнко І.О. Аналіз впливу кліматичних змін на умови вирощування соняшнику за сценарієм rcp 8.5: матеріали LXIX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії». (м. Переяслав-Хмельницький, 30-31 серпня 2017р.). Переяслав-Хмельницький, 2017, С. 10-12.
7. Жигайло О.Л., Кушнарєнко І.О. Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику в умовах кліматичних змін за сценарієм rcp 4.5: матеріали XLI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії». (м. Переяслав-Хмельницький, 29-30 листопада 2017р.). Переяслав-Хмельницький, 2017, С.23-24.

8. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. К.: Аграрна освіта, 2001. С.356 - 373 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.studfiles.ru/>
9. Іванчикова Н.І., Кушнарєнко І.О., Жигайло О.Л. Продуктивність соняшнику в майбутніх кліматичних умовах України за сценаріями *rsp4.5* і *rsp8.5*: матеріали міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення». (м. Одеса, 21-23 березня, 2018р.). Одеса: ОДЕКУ, 2018, С.26-28.
10. Каталог гібридів соняшнику [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.maisadour-semences.fr/ua/>.
11. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.
12. Ляшенко Г.В. Агрокліматическое районування України по умовам зволоження. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2005. Вип. 49. С. 274 – 284.
13. Мельник Ю.С. Клімат и произрастание подсолнечника. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 143с.
14. Мельник Ю.С. Состояние и перспективы развития методов агрометеорологических прогнозов урожайности подсолнечника. Труды ГМЦ СССР. 1980. Вып.214. С.87-98.
15. Мельник Ю.С., Тибуев Х.Х. Забелин В.Н. Методические основы прогноза средней областной урожайности семян подсолнечника для территории Украины. Труды ГМЦ СССР. 1991. Вып.312. С.57-67.
16. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агрокліматическое районування ресурсів вологи в ґрунті під підсолнечником на території України. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2005. Вип. 49. С. 305 -315.
17. Миусский П.Е., Наумов М.М., Русакова Т.И. О математической модели продукционного процесса подсолнечника. Межвед. научн. сб. Украины. Метеорология и гидрология. 1989. Вып. 24. С. 132-137.

18. Мурга Ю.С. Уточнение оптимальных значений температуры воздуха и осадков для подсолнечника по зонам УССР. Труды УкрНИГМИ. 1976. Вып.151. С.44-51.
19. Подсолнечник. Научные труды ВАСХНИЛ под общей редакцией академика В.С. Пустовойта. М.: Колос, 1975. 591 с.
20. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса: «Екологія», 2013. 430 с.
21. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса: «ТЕС». 2012. 630 с.
22. Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство: конспект лекцій. Одеса: «ТЕС». 2013. 107 с.
23. Тибуев Х.Х. Моделирование влияния агрометеорологических условий на формирование продуктивности подсолнечника. Метеорология и гидрология. 1988. №10. С.114-121.
24. Ткалич И.Д., Ткалич Ю.И. Рычик С.Г. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника): монография под ред. док-ра с.-х. наук, проф. И.Д. Ткалича. Днепропетровск, 2011. 172 с.
25. Фадеев Л.В. Подсолнечник Украины – сегодня и завтра. СПЕЦЭММ. Харьков, 2013. 128 с.
26. IS-ENES climate4impact portal. URL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://climate4impact.eu> - Назва з екрана.
27. Aguera F., Villalobos F. & Orgaz, F. (1997). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus*, L.) genotypes differing in early vigour using a simulation model. European Journal of Agronomy 7 (1-3), pp.109-118.
28. Anderson W.K., Smith R.C.G., Mc William J.R. A system approach to the adaptation of sunflower to new environments. I. Phenology and development // Field Crops Research. – 1978. V.1.P/141-152.
29. Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussière, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudillère, J.P., Hénault, C., Maraux, F., Seguin, B.

- & Sinoquet, H. (2003). An overview of the crop model STICS. *Eur. J. Agron.* 18 (3–4), pp.309–332
30. High Plains Sunflower Production Handbook, Kansas State University, April, 2009. 50 pp.
31. Pereyra-Irujo GA. & Aguirrezabal L. A. (2007). Sunflower yield and oil quality interactions and variability : Analysis through a simple simulation model. *Agricultural and Forest Meteorology* 143 (3-4), pp.252-265.
32. Sunflower production guide for cambodian conditions. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) 2016. Canberra. 56 pp.

ДОДАТКИ

Таблиця - Агрогідрологічні властивості ґрунтів

Генетичний тип	Механічний склад	Запаси вологи (мм) в шарах								
		0-20 см			0-50 см			0-100 см		
		непродуктивної	продуктивної при вологості		непродуктивної	продуктивної при вологості		непродуктивної	продуктивної при вологості	
найменшій	повній		найменшій	повній		найменшій	повній			
Новомиргород										
Чорнозем сильнореградований	важкосуглинковий	21	41	97	56	100	236	120	193	446
Знам'янка										
Чорнозем звичайний малогумусний	середньосуглинковий	28	37	80	72	91	199	143	172	388
Чорнозем опідзолений	середньосуглинковий	22	32	105	61	85	231	132	172	410
Чорнозем регралований	важкосуглинковий	19	41	100	51	104	230	107	195	443
Кіровоград										
Чорнозем звичайний середньогумусний	важкосуглинковий	26	33	98	71	83	222	150	162	418
Гайворон										
Чорнозем глибокий малогумусний	піщано-важкосуглинковий	23	42	82	59	102	203	120	196	392
Чорнозем слабореградований	важкосуглинковий	24	49	80	63	114	199	131	211	382
Чорнозем опідзолений	важкосуглинковий	22	46	86	58	113	203	118	207	406
Помічна										
Чорнозем звичайний середньогумусний	важкосуглинковий	29	40	93	74	99	217	152	189	420
Чорнозем звичайний середньогумусний	легкоглинистий	30	30	91	77	63	219	159	121	425
Долинська										
Чорнозем звичайний середньогумусний	легкоглинистий	30	40	88	82	81	206	174	143	377
Чорнозем звичайний середньогумусний	важкосуглинковий	33	28	84	87	65	197	182	116	353
Бобринець										
Чорнозем звичайний середньогумусний	важкосуглинковий	30	33	85	80	76	203	164	157	367
Чорнозем звичайний	важкосуглинковий	28	39		79	89		170	170	

Опис нових сортів і гібридів соняшнику, занесених до Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні

Оригіатор (Трилінійний гібрид) – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН.

Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2007 року для вирощування в Степовій та Лісостеповій зонах України, в Реєстрі селекційних досягнень Російської Федерації з 2010 року по п'ятому регіону, з 2013 р. - в Узбекистані.

Морфологічні ознаки: висота рослини - 175 см; кошик плескатої форми діаметром до 24 см; лущинність - 21%; панцирність - 99,7%; маса 1000 насінин до 62 г; вміст олії в насінні до 50,1%.

Біологічні особливості: група стиглості – середньоранній, вегетаційний період - 108 діб, стійкість до вилягання – висока, стійкість до обсіпання – висока, стійкість до ураження несправжньою борошнистою рососою – висока, стійкість до ураження вовчком - висока.

Достатньо стійкий до посухи та ураження кореневими гнилями.

Особливості технології вирощування: рекомендована густина - 50 тис./га. Підготовка ріллі до посіву загальноприйнята. Під культивуацію, або краще разом з посівом, забезпечити внесення добрив N₃₀ P₃₀ K₃₀. Посіви, які проведено в оптимальний період, десикації не потребують.

Українське сонечко (Трилінійний гібрид) Всеукраїнський науковий інститут селекції (ВНІС).

Ультраскоростиглий, посухостійкий гібрид, призначений для вирощування на різних типах ґрунту. Рекомендований до пожнивного посіву.

Морфологічні та агрономічні характеристики. Вегетаційний період - 90-95 днів. Висота рослини 160-165 см. Форма кошика випукла. Нахил кошика - напівнахилений. Діаметр кошика 18-20 см. Вміст олії 50-52%.

Лузжистість 20-22%. Середня врожайність за роки випробування 34 ц/га. Потенціал врожайності 42 ц/га

Стійкість до хвороб та стресових факторів. Стійкість до полягання – висока, до посухи - дуже висока, до осипання – висока. Стійкість до ураження несправжньою борошнистою росою – висока, до ураження вовчком - висока. Стійкий до фомозу, фомопсису, іржи, білої гнилі (склеротиніозу), сірої гнилі (ботритису), соняшникової молі.

Рекомендована густина стояння: Лісостеп 60-65 тис. рослин/га, Степ 55-60 тис. рослин/га.

Славутич F1 (Інститут рослинництва УААН, ТОВ "Незалежна аграрна індустрія").

Висота рослин - середня, не галузиться. Розмір кошика - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Розмір сім'янки - середній, за формою - широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування в зоні Степу - 117 днів. Середня врожайність - 20,3 ц/га, потенційна - 37 ц/га. Вміст жирів - 49,2%, білка - 17,2%; вихід олії - 1273 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання. Відносно стійкий до посухи та ураження хворобами. Рекомендований для зони Степу.

Захоплення F1 (Селекційно-генетичний інститут УААН).

Висота рослин - середня, не галузиться. Розмір кошика - середній, форма (з боку сім'янок) - дуже випукла. Розмір сім'янки - середній, за формою - широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування в зоні Степу - 117 днів, в зоні Лісостепу - 120. Середня врожайність - 21,9 ц / га, потенційна - 51,5 ц / га. Вміст жирів - 49,2-50,9%, білка - 18,0%; вихід масла -1131-1210 кг / га.

Стійкий до вилягання, осипання та посухи. Поразка хворобами - незначна. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Алісон F1 ("ЄвралісСеманс"). Рослина висока, не галузиться. Розмір кошиків - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Розмір сім'янки - середній, за формою - широкояйцеподібні.

Веgetаційний період за роки випробування в зоні Степу - 125 днів. Середня врожайність - 26 ц/га, потенційна - 40,2 ц/га. Вміст жиру - 49,9%, білка - 18,0%; вихід олії - 1162 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, середньостійкий до посухи та ураження хворобами. Рекомендований для зони Степу.

Олівер 90 F1 (Селекційно-генетичний інститут УААН). Рослина висока, не галузиться. Розмір кошиків - середній, форма (з боку сім'янок) - плоска. Розмір сім'янки - середній, за формою - широкояйцеподібні.

Веgetаційний період за роки випробування в зоні Степу - 123 дні. Середня врожайність - 23,5 ц/га, потенційна - 41,6 ц/га. Вміст жирів - 48,8%, білка - 18,2%; вихід олії - 1128 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання; відносно стійкий до посухи. За період випробування ураження хворобами - нижче середнього. Рекомендований для зони Степу.

Тайфун (НВФ "Хлібороб"). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - дуже випукла. Сім'янки великі, за формою - широкояйцеподібні.

Веgetаційний період за роки випробування в умовах Степу - 128 днів. Середня врожайність - 23,1 ц/га, потенційна - 41,8 ц/га. Вміст жирів - 48,4%, білка - 18,1%; вихід олії - 1171 кг/га.

Стійкий до осипання, відносно стійкий до вилягання та посухи. За період випробування, ураження хворобами нижче середнього. Рекомендований для зони Степу.

Рімісол F1 (Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія; фірма "продуктивний"). Рослина висока, не галузиться. Кошик напівобернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - плоска. Розмір сім'янки - середній, за формою - широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування - 129 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 25,2 ц/га, Лісостепу - 24,4 ц/га, потенційна - 45,6 ц/га. Вміст жирів - 48,4%, білка - 18,0%; вихід олії - 1196-1208 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами незначне.

Стійкий до гербіцидів суцільної дії. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Карамба F1 ("ЄвралісСеманс"). Рослина висока, не галузиться. Кошик напівобернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янки - середнього розміру, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування - 125 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 28,8 ц/га, Лісостепу - 25,4 ц/га; потенційна - 43,6 ц/га. Вміст жирів - 49,5%, білка - 18,5%; вихід олії 1483-1519 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, відносно стійкий до посухи. За період випробування, ураження хворобами нижче середнього. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Лакомка (Всеросійський науково-дослідний інститут олійних культур ім. Пустовойта). Сорт кондитерського напрямку. Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янки великі, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період в умовах Лісостепу за роки випробування - 130 днів. Середня врожайність - 24,5 ц/га, потенційна - 45,9 ц/га. Вміст жирів - 44,4%, білка - 18,6%; вихід олії - 1400 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування ураження хворобами незначне. Рекомендований для зони Лісостепу.

Майстер (Всеросійський науково-дослідний інститут олійних культур ім. Пустовойта). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) плоска. Сім'янки середнього розміру, узкоюяйцеподібні.

Вегетаційний період в умовах Лісостепу за роки випробування - 136 днів. Середня врожайність - 27,2 ц/га, потенційна - 47,1 ц/га. Вміст жирів - 50,4%, білка - 17,3%; вихід олії - 1342 кг/га.

Стійкий до осипання, відносно стійкий до вилягання, посухи. За період випробування ураження хворобами - незначне. Рекомендований для зони Лісостепу.

Флагман (Всеросійський науково-дослідний інститут олійних культур ім. Пустовойта). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір-середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янки - середнього розміру, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період в умовах Лісостепу - 134 дні. Середня врожайність - 27,9 ц/га, потенційна - 41,8 ц/га. Вміст жирів - 49,5%, білка - 18,6%; вихід масла - 1389 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, відносно стійкий до посухи. За період випробування ураження хворобами - нижче середнього. Рекомендований для зони Лісостепу.

Родник (Всеросійський науково-дослідний інститут олійних культур ім. Пустовойта).

Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) дуже випукла. Сім'янка велика, широко яйцеподібна.

Вегетаційний період в умовах Степу за роки випробування - 122 дні. Середня врожайність - 22,0, потенційна - 37,8 ц/га. Вміст жирів - 48,2%, білка - 18,2%; вихід олії - 1203 кг/га.

Середньостійкий до вилягання, осипання, посухи. Ураження хворобами за період випробування – нижча за середню. Рекомендований для зони Степу.

Алліум РМ F1 (РТ 32х) ("ЄврالیсСеманс"). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) плоска. Сім'янки середнього розміру, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування в умовах Степу - 127 днів. Середня врожайність - 25,2 ц/га, потенційна - 42,5 ц/га. Вміст жирів - 48,7%, білка 18,6%; вихід олії - 1220 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи, до ураження хворобами. Рекомендований для зони Степу.

Каньйон F1 (ТОВ АФ "Сади України", Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) злегка випукла. Сім'янки великі, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування - 126-130 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 25,4 ц/га, Лісостеп - 26,8 ц/га; потенційна - 48 ц/га. Вміст жиру - 48,2-49,5%, білка -18,2-18,6%; вихід олії - 1416-154 кг/га. Гібрид стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування ураження хворобами нижче середнього. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Імператор F1 (ТОВ АФ "Сади України"). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) дуже випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцевидна.

Вегетаційний період за роки випробування - 128 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 26 ц/га, потенційна - 44.1 ц/га. Вміст жиру - 48,2%, білка -18,2%; вихід олії - 1203 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. Ураження хворобами за період випробування - нижче середнього. Рекомендований для зони Степу.

Президент F1 (ТОВ АФ "Сади України"). Рослина висока, не галузиться. Кошик звернений донизу, розмір середній, форма (з боку сім'янок) злегка випукла. Сім'янки середнього розміру, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування - 127 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 25,8 ц/га, потенційна - 46,4 ц/га. Вміст жиру - 48,8%, білка -17,5%; вихід олії - 1249 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами - незначне. Рекомендований для зони Степу.

Златібор F1 (Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія; НВТ "Насіння").

Рослина висока, не галузиться. Положення кошика – напівобернене донизу, розмір середній, форма (з боку сім'янок) - плоска. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцевидна.

Вегетаційний період за роки випробування - 125-132 дні. Середня врожайність в умовах Степу - 25,42 ц/га, Лісостепу – 24,2 ц/га; потенційна - 46,2 ц/га. Вміст жиру-49 ,9-50, 8%, білка-17,1-18,5%, вихід масла1082-1148 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами незначне. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Меридіан F1 (Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія, СТОВ "Перспектива"). Висота рослин - середня, не галузиться. Положення кошика – напів обернене донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янки середнього розміру, широкояйцеподібні.

Вегетаційний період за роки випробування - 125-34 дні. Середня врожайність у зоні Степу - 26,1-27,4 ц/га, Лісостепу - 27,4 ц/га; потенційна - 40,8 ц/га. Вміст жиру - 48,1-49,8%, білка - 17,6-18,5%; вихід масла - 1045-1108 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами незначне. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Сержан F1 (Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія, СТОВ "Перспектива"). Рослина висока, не галузиться. Положення кошика - обернене донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцевидна.

Вегетаційний період за період випробування - 123-134 дні. Середня врожайність у зоні Лісостепу - 26,6, потенційна - 45,0 ц / га. Вміст жиру - 50,2%, білка - 17,0%; вихід олії - 1310 кг / га.

Стійкий до осипання, вилягання, посухи. Поразка хворобами за період випробування незначне. Рекомендований для зони Лісостепу.

Хорі F1 (Інститут рільництва і овочівництва м. Нові Сад, Сербія, СТОВ "Перспектива"). Рослина висока, не галузиться. Положення кошика - напівобернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцевидна.

Вегетаційний період за роки випробування - 134 дні. Середня врожайність у зоні Лісостепу - 27,1 ц/га, потенційна - 44,2 ц/га. Вміст жиру - 50,8%, білка - 17,5%; вихід олії - 1590 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. Ураження хворобами за період випробування незначне. Рекомендований для зони Лісостепу.

ПР64Г45 (ХФ 335) F1 ("Піонер Насіння Холдинг, ГмбХ"). Рослина висока, не галузиться. Кошик повернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, широкояйцеподібна.

Вегетаційний період за роки випробування - 128-132 дні. Середня врожайність у зоні Степу - 24,9 ц/га, Лісостепу - 23,8 ц/га, потенційна - 46,0 ц/га. Вміст жиру - 49,0-50,5%, білка - 17,0-18,3%, олеїнової кислоти - 90,2%; вихід олії - 1294-1336 кг/га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами нижче середнього. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

ПР64А58 (ХФ 4250) F1 ("Піонер Насіння Холдинг ГмбХ").

Рослина висока, не галузиться. Кошик – повернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) злегка випукла. Сім'янка великого розміру, широкояйцеподібна.

Вегетаційний період за роки випробування - 130-137 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 28,4 ц/га, Лісостепу - 27,3 ц/га, потенційна - 45,3 ц/га. Вміст жиру - 49,3 - 50,2%, білка - 17,1 - 18,2%; вихід олії - 1171-1325 кг/га.

Стійкий до посухи, осипання, вилягання. За період випробування, ураження хворобами незначне. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

Сана F1 ("СингентаСидз С. А. С").

Рослина висока, не галузиться. Кошик напівобернений донизу, розмір - великий, форма (з боку сім'янок) - злегка випукла. Сім'янка дрібна, вузькоюйцевидна.

Веgetаційний період за роки випробування - 124 дні. Середня врожайність у зоні Степу - 24,5, потенційна - 47,7 ц / га. Вміст жиру - 48,1%, білка - 18,6%; вихід олії - 1364 кг / га.

Стійкий до вилягання, осипання, посухи. За період випробування, ураження хворобами незначне. Рекомендований для зони Степу.

Роккі (НХ 90036) F1 ("СингентаСидз С. А. С"). Рослина висока, не галузиться. Кошик напівобернений донизу, розмір - середній, форма (з боку сім'янок) - сильно випукла. Сім'янки середнього розміру, широкояйцеподібні.

Веgetаційний період за роки випробування - 128-135 днів. Середня врожайність у зоні Степу - 25,8 ц/га, Лісостепу - 26,2 ц/га, потенційна - 41,6 ц/га. Вміст жиру - 48,7-49,0%, білка - 17,4-17,9%; вихід масла-1457-1472 кг/га.

Стійкий до вилягання, посухи, осипання. За період випробування, ураження хворобами нижче середнього. Рекомендований для зон Степу та Лісостепу.

ДОДАТОК В

**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)
        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
llm(15), gm(15), ts1m(15), ts2m(15)
common
dww(15), ts(15), ss(15), dv(15), inf(
50), os(15)
dimension
jlm(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)
    sss1=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
ОРГАНОВ,Г/М2')
write(*,120)
109
format(4x,'i''dek',1x,'i','cyt',2
x,'i',3x,'ml',3x,'i',3x,'ms',3x,
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
tss(i+j2)=ts2
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)
DELTA=(-
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)
al=-
100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
alf=exp(-al*((ts2-
inf(8))/10)**2)
al=-
100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
arl=exp(-al*((ts2-
inf(9))/10)**2)

```

Продовження додатку В

```

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+++++
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
tss(i+j2)=ts2
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
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
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.

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
cccccccccc      FAR(j)=0.52*q
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 В
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
cccccccccc      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
cccccccccc
epot(j)=(0.65*dw(j)*dv(j)*0.75)
cccccccccc
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*
xr
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 В

```

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)
cccccccc
WP0(j)=inf(11)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccc 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))/
1(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*11*taud*0.1
dmm=f1-
arl*(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+(bl*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)
c rd3(j)=mp*0.75*1.14*0.1
mg=mp*0.65*1.14*0.1
if(defwl.gt.0)defwl=0
top=inf(28)
ksifl=((ts(j)+10)/32)**(0.11174*(
ts(j)-top)/10)*
6 ((36-
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 RASCHET 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*
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 write(6,337)ml,ms,mp,mr
337 format(1x,4f10.3)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).ge.0)
11=11+(bl*dmm-v1)*dv(j)/inf(20)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).lt.0)
11=11+(bl*dmm-
v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
if(11.lt.0) 11=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)=arl
llm(j)=11
qm(j)=q
rd3(j)=mg
tslm(j)=ts1
ts2m(j)=ts2
cccc Eakxr=Eakt(j)
Eakt(j)=Eakxr
cccccccc exr=E0(j)

```


Продовження додатку В

```

E0(j)=exr
write(*,139)j,gi,ml,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)
write(*,170)

write(6,151)jlm(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)
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)jlm(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')
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,'EOr',3x,'i'
,3x,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3
x,

```

```

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)', 'i',3x,'ts2',2
x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1
x
1,'i','gamf', 'i')
write(*,140)
do 154 ji=1,j1

```

Продовження додатку А

```

1'arl',3x,'i',2x,'rad
',2x,'i')
do 241 i5=1,j1

write(6,250)jlm(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

```

ДОДАТОК Г

=====

BAZOVAJ DINAMICHESKAJ MODEL FORMIROVANIJ
UROGAJ SELSKOXOZJYSTVENNIX kultur (podsolnechnik)

=====

В Х О Д Н А Я И Н Ф О Р М А Ц И Я

Kirovjgrad sr 1986-2005

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

12135 15 5 48.10

Summa osadkov za dekadu (mm):

5.0 15.0 18.0 14.0 21.0 15.0 13.0 18.0 17.0 12.0 17.0 20.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

9.0 8.0 8.0 10.0 8.0 11.0 11.0 11.0 12.0 11.0 10.0 7.0

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

15.8 17.1 18.5 20.1 19.8 21.7 21.9 22.4 22.3 20.9 19.4 16.6

Sredn.za dekadu chislo chasov colnechn. sijnij, chasi

9.2 9.5 8.9 9.3 8.9 10.2 10.1 11.0 9.7 9.7 9.0 6.8

Korrek, koeffiz.wladoobespechennosti

0.230 0.348 0.590 0.470 0.690 0.750 0.590 0.540 0.350

0.310

0.310 0.450

Chislo dney v rashetnoy deкаде:

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

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.140 0.100 0.160 0.000 0.2001400.000 151.000 467.000 350.000

275.000

352.000 352.000 877.000 353.000 0.500 0.500 380.000 380.000 2.000

35.000

0.210 0.410 0.260 0.080 29.000 295.000 8.000 25.000 124.000

0.100

=====

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

=====

0.140 0.100 0.160 0.000

СУХАЯ БИОМАССА ОРГАНОВ (г/м2)

i'dek icyt i ml i ms i mr i mp i m i mg i

i 1i 5 i 0.14 i 0.10i 0.15i 0.01i 0.40i 0.00i

i 2i 16 i 7.14 i 7.68i 4.95i 0.84i 0.40i 0.06i

i 3i 26 i 23.40 i 23.35i 14.49i 3.10i 20.60i 0.23i

i 4i 36 i 50.15 i 65.95i 40.35i 9.19i 64.33i 0.68i

i 5i 46 i 71.08 i 154.86i 93.53i 23.64i 165.63i 1.75i

i 6i 56 i 81.80 i 264.76i 155.82i 58.15i 343.11i 4.31i

i 7i 66 i 82.63 i 300.39i 166.17i 143.07i 560.52i 10.60i

i 8i 77 i 81.11 i 297.84i 148.25i 223.28i 692.26i 16.55i

i 9i 87 i 79.65 i 292.52i 133.73i 247.15i 750.49i 18.31i

i 10i 97 i 78.22 i 287.27i 120.62i 269.18i 753.04i 19.95i

i 11i108 i 76.67 i 281.58i 107.62i 289.93i 755.28i 21.48i

i 12i118 i 75.29 i 276.51i 97.07i 306.38i 755.79i 22.70i

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

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamf i

i	1	i	5	i	0.20	i	469.836	i	0.000	i	39.000	i	0.000	i	0.000	i	0.91
i	2	i	16	i	0.40	i	487.510	i	19.393	i	139.100	i	2.049	i	0.819	i	0.90
i	3	i	26	i	0.87	i	474.926	i	42.224	i	244.100	i	5.441	i	0.885	i	0.91
i	4	i	36	i	1.64	i	491.709	i	97.520	i	365.100	i	13.327	i	0.948	i	0.86
i	5	i	46	i	2.27	i	479.138	i	170.285	i	483.100	i	24.015	i	0.938	i	0.85
i	6	i	56	i	2.61	i	520.080	i	209.136	i	620.100	i	29.517	i	0.994	i	0.75
i	7	i	66	i	2.68	i	511.139	i	130.073	i	759.100	i	19.239	i	0.998	i	0.51
i	8	i	77	i	2.25	i	532.831	i	60.234	i	917.501	i	8.553	i	1.000	i	0.30
i	9	i	87	i	1.84	i	475.517	i	4.105	i	1060.501	i	1.538	i	1.000	i	0.10
i	10	i	97	i	1.44	i	460.014	i	3.639	i	1189.501	i	0.742	i	0.974	i	0.10
i	11	i	108	i	1.01	i	417.441	i	2.059	i	1314.901	i	0.301	i	0.922	i	0.10
i	12	i	118	i	0.62	i	326.526	i	0.603	i	1400.901	i	0.096	i	0.794	i	0.10

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

i	1	i	5	i	5.0	i	17.1	i	21.9	i	27.4	i	362.90	i	0.271	i
i	2	i	16	i	15.0	i	32.7	i	42.9	i	62.6	i	369.15	i	0.275	i
i	3	i	26	i	18.0	i	30.4	i	39.0	i	55.4	i	352.68	i	0.263	i
i	4	i	36	i	14.0	i	35.0	i	48.8	i	57.4	i	361.40	i	0.270	i
i	5	i	46	i	21.0	i	27.6	i	39.0	i	55.9	i	351.56	i	0.262	i
i	6	i	56	i	15.0	i	33.7	i	53.6	i	60.9	i	384.29	i	0.287	i
i	7	i	66	i	13.0	i	25.8	i	53.6	i	59.8	i	383.52	i	0.286	i
i	8	i	77	i	18.0	i	22.7	i	59.0	i	68.8	i	409.57	i	0.306	i
i	9	i	87	i	17.0	i	17.8	i	58.5	i	55.4	i	377.06	i	0.281	i
i	10	i	97	i	12.0	i	14.8	i	53.6	i	53.5	i	377.82	i	0.282	i
i	11	i	108	i	17.0	i	14.1	i	53.6	i	53.1	i	357.44	i	0.267	i
i	12	i	118	i	20.0	i	9.9	i	34.1	i	37.0	i	292.68	i	0.218	i

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

i	1	i	5	i	5.0	i	*****	i	0.781	i	0.633	i	79.0	i	5.0	i
i	2	i	16	i	15.0	i	*****	i	0.762	i	0.769	i	267.1	i	20.0	i
i	3	i	26	i	18.0	i	*****	i	0.780	i	0.879	i	452.1	i	38.0	i
i	4	i	36	i	14.0	i	*****	i	0.719	i	0.773	i	653.1	i	52.0	i
i	5	i	46	i	21.0	i	*****	i	0.707	i	0.896	i	851.1	i	73.0	i
i	6	i	56	i	15.0	i	*****	i	0.628	i	0.801	i	1068.1	i	88.0	i
i	7	i	66	i	13.0	i	*****	i	0.481	i	0.757	i	1287.1	i	101.0	i
i	8	i	77	i	18.0	i	*****	i	0.384	i	0.770	i	1533.5	i	119.0	i
i	9	i	87	i	17.0	i	*****	i	0.305	i	0.773	i	1756.5	i	136.0	i
i	10	i	97	i	12.0	i	*****	i	0.276	i	0.736	i	1965.5	i	148.0	i
i	11	i	108	i	17.0	i	*****	i	0.264	i	0.761	i	2178.9	i	165.0	i
i	12	i	118	i	20.0	i	*****	i	0.290	i	0.816	i	2344.9	i	185.0	i

srednee GTK za vegetazijy = 0.8164402843

=====

BAZOVAJ DINAMICHESKAJ MODEL FORMIROVANIJ
UROGAJ SELSKOXOZJYSTVENNIX kultur(podsolnechnik)

=====

В Х О Д Н А Я И Н Ф О Р М А Ц И Я

KIROVOGRAD_RSP45 sr

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

12124 4 5 48.10

Summa osadkov za dekadu (mm):

10.0 13.0 20.2 18.3 21.0 12.4 11.7 8.6 9.0 8.1 6.9 8.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

6.0 6.6 6.4 7.0 7.4 9.6 11.3 13.5 15.0 14.0 13.3 12.8

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

12.7 15.2 16.0 17.1 18.6 20.2 21.3 22.3 23.0 22.1 21.2 20.4

Sredn.za dekadu soln radiazij, Wt/m2

383.000 398.200 378.800 393.000 384.300 413.900 426.900 373.100 417.900
413.200

413.000 393.400

Sredn.za dekadu summ.isparenje po SZENARIJU (mm):

12.000 24.000 28.100 27.800 28.700 28.800 27.900 24.700 22.400
18.200

17.000 13.700

Chislo dney v rashetnoy dekade:

6 10 11 10 10 10 10 11 10 10 9

Informacionniy massiv, parametri modeli:

0.140 0.100 0.160 0.000 0.2001400.000 151.000 467.000 350.000
275.000

352.000 352.000 877.000 353.000 0.500 0.500 380.000 380.000 2.000
35.000

0.210 0.410 0.260 0.080 29.000 295.000 8.000 25.000 124.000
0.100

=====

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

=====

0.140 0.100 0.160 0.000

=====

СУХАЯ БИОМАССА ОРГАНОВ (г/м2)

i'dek	icyt	i	ml	i	ms	i	mr	i	mp	i	m	i	mg	i
i	1i	6 i	0.14 i	0.10i	0.15i	0.01i	0.40i	0.00i						
i	2i	16 i	4.29 i	5.02i	3.26i	0.50i	0.40i	0.04i						
i	3i	27 i	14.68 i	15.08i	9.35i	2.10i	13.07i	0.16i						
i	4i	37 i	34.75 i	36.09i	21.93i	5.52i	41.20i	0.41i						
i	5i	47 i	61.65 i	88.68i	53.54i	13.60i	98.29i	1.01i						
i	6i	57 i	77.01 i	167.36i	99.20i	29.22i	217.47i	2.17i						
i	7i	67 i	82.67 i	239.00i	136.82i	61.42i	372.79i	4.55i						
i	8i	77 i	82.34 i	256.75i	137.39i	130.97i	519.91i	9.70i						
i	9i	88 i	80.78 i	253.99i	122.58i	206.51i	607.45i	15.30i						
i	10i	98 i	79.33 i	249.65i	110.57i	253.17i	663.86i	18.76i						
i	11i	108 i	77.90 i	245.20i	99.73i	283.88i	692.72i	21.04i						
i	12i	117 i	76.64 i	241.24i	90.94i	302.61i	706.72i	22.42i						

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

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamfl i

i	1	i	6	i	0.20	i	0.549	i	0.000	i	28.200	i	0.000	i	0.000	i	0.68
i	2	i	16	i	0.32	i	0.571	i	12.202	i	100.200	i	1.403	i	0.723	i	0.75
i	3	i	27	i	0.62	i	0.543	i	27.068	i	188.200	i	3.109	i	0.764	i	0.82
i	4	i	37	i	1.20	i	0.564	i	55.124	i	279.200	i	7.475	i	0.819	i	0.81
i	5	i	47	i	1.99	i	0.551	i	114.649	i	385.200	i	16.138	i	0.889	i	0.80
i	6	i	57	i	2.46	i	0.594	i	149.150	i	507.200	i	22.114	i	0.952	i	0.62
i	7	i	67	i	2.66	i	0.612	i	142.041	i	640.200	i	21.507	i	0.985	i	0.51
i	8	i	77	i	2.69	i	0.535	i	87.172	i	783.200	i	13.614	i	1.000	i	0.38
i	9	i	88	i	2.25	i	0.600	i	58.097	i	948.200	i	7.600	i	1.000	i	0.28
i	10	i	98	i	1.85	i	0.593	i	30.134	i	1089.200	i	3.855	i	1.000	i	0.27
i	11	i	108	i	1.45	i	0.593	i	15.170	i	1221.199	i	1.789	i	0.982	i	0.26
i	12	i	117	i	1.09	i	0.564	i	5.568	i	1332.800	i	0.700	i	0.959	i	0.24

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

i	1	i	6	i	10.0	i	14.2	i	17.5	i	33.6	i	0.5	i	0.286	i	
i	2	i	16	i	13.0	i	24.3	i	32.2	i	59.9	i	0.6	i	0.297	i	
i	3	i	27	i	20.2	i	24.2	i	34.3	i	64.3	i	0.5	i	0.283	i	
i	4	i	37	i	18.3	i	23.1	i	34.1	i	62.1	i	0.6	i	0.293	i	
i	5	i	47	i	21.0	i	23.5	i	36.1	i	61.3	i	0.6	i	0.287	i	
i	6	i	57	i	12.4	i	27.7	i	46.8	i	66.4	i	0.6	i	0.309	i	
i	7	i	67	i	11.7	i	27.1	i	55.1	i	68.1	i	0.6	i	0.318	i	
i	8	i	77	i	8.6	i	25.3	i	65.8	i	58.1	i	0.5	i	0.278	i	
i	9	i	88	i	9.0	i	22.8	i	80.4	i	70.2	i	0.6	i	0.312	i	
i	10	i	98	i	8.1	i	14.7	i	68.2	i	61.1	i	0.6	i	0.308	i	
i	11	i	108	i	6.9	i	11.8	i	64.8	i	58.8	i	0.6	i	0.308	i	
i	12	i	117	i	8.0	i	9.7	i	56.2	i	48.3	i	0.6	i	0.293	i	

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

i	1	i	6	i	10.0	i	14.2	i	0.684	i	1.312	i	76.2	i	10.0	i	
i	2	i	16	i	13.0	i	24.3	i	0.746	i	0.947	i	228.2	i	23.0	i	
i	3	i	27	i	20.2	i	24.2	i	0.819	i	1.093	i	404.2	i	43.2	i	
i	4	i	37	i	18.3	i	23.1	i	0.815	i	1.069	i	575.2	i	61.5	i	
i	5	i	47	i	21.0	i	23.5	i	0.796	i	1.093	i	761.2	i	82.5	i	
i	6	i	57	i	12.4	i	27.7	i	0.615	i	0.921	i	963.2	i	94.9	i	
i	7	i	67	i	11.7	i	27.1	i	0.506	i	0.852	i	1176.2	i	106.6	i	
i	8	i	77	i	8.6	i	25.3	i	0.375	i	0.763	i	1399.2	i	115.2	i	
i	9	i	88	i	9.0	i	22.8	i	0.278	i	0.699	i	1652.2	i	124.2	i	
i	10	i	98	i	8.1	i	14.7	i	0.267	i	0.670	i	1873.2	i	132.3	i	
i	11	i	108	i	6.9	i	11.8	i	0.262	i	0.636	i	2085.2	i	139.2	i	
i	12	i	117	i	8.0	i	9.7	i	0.244	i	0.633	i	2268.8	i	147.2	i	

srednee GTK za vegetazijy = 0.6328493953

=====

BAZOVAJ DINAMICHESKAJ MODEL FORMIROVANIJ
UROGAJ SELSKOXOZJYSTVENNIX kultur(podsolnechnik)

=====

В Х О Д Н А Я И Н Ф О Р М А Ц И Я

KIROVOGRAD RSP8.5 sr

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

12122 2 5 48.10

Summa osadkov za dekadu (mm):

11.0 15.2 21.6 18.9 14.3 17.9 9.4 8.7 5.8 7.2 7.6 11.2

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

6.4 6.4 7.1 8.4 8.4 10.9 13.2 14.7 15.1 14.2 11.7 10.0

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

14.0 15.5 16.5 17.2 19.0 19.6 20.9 22.5 22.6 22.8 21.6 19.7

Sredn.za dekadu soln radiazij, Wt/m2

392.000 385.400 373.200 398.900 407.000 400.500 429.900 430.800 439.200
422.000

409.000 393.400

Sredn.za dekadu summ.isparenje po SZENARIJU (mm):

18.000 23.800 29.400 28.600 29.500 28.000 28.000 24.600 22.600
18.200

16.000 8.000

Chislo dney v rashetnoy dekade:

8 10 11 10 10 10 10 11 10 10 6

Informacionniy massiv, parametri modeli:

0.140 0.100 0.160 0.000 0.2001400.000 151.000 467.000 350.000
275.000

352.000 352.000 877.000 353.000 0.500 0.500 380.000 380.000 2.000
35.000

0.210 0.410 0.260 0.080 29.000 295.000 8.000 25.000 124.000
0.100

=====

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

=====

0.140 0.100 0.160 0.000

СУХАЯ БИОМАССА ОРГАНОВ (г/м2)

i'dek icyt i ml i ms i mr i mp i m i mg i

i 1i 8 i 0.14 i 0.10i 0.15i 0.01i 0.40i 0.00i

i 2i 18 i 4.82 i 5.30i 3.43i 0.53i 0.40i 0.04i

i 3i 29 i 15.86 i 15.77i 9.77i 2.21i 14.09i 0.16i

i 4i 39 i 32.90 i 36.06i 21.86i 5.60i 43.62i 0.41i

i 5i 49 i 52.96 i 87.16i 52.53i 13.50i 96.41i 1.00i

i 6i 59 i 61.52 i 143.87i 84.34i 27.21i 206.16i 2.02i

i 7i 69 i 64.55 i 190.97i 107.59i 56.32i 316.95i 4.17i

i 8i 79 i 64.06 i 201.45i 105.87i 119.60i 419.43i 8.86i

i 9i 90 i 62.83 i 198.94i 94.46i 182.97i 490.98i 13.56i

i 10i100 i 61.70 i 195.52i 85.20i 219.45i 539.21i 16.26i

i 11i110 i 60.59 i 192.03i 76.85i 243.88i 561.87i 18.07i

i 12i116 i 59.94 i 189.96i 72.33i 254.11i 573.35i 18.83i

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

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamfl i

i	1	i	8	i	0.20	i	0.562	i	0.000	i	48.000	i	0.000	i	0.000	i	0.72
i	2	i	18	i	0.33	i	0.553	i	13.187	i	123.000	i	1.531	i	0.738	i	0.76
i	3	i	29	i	0.65	i	0.535	i	28.424	i	216.500	i	3.316	i	0.789	i	0.77
i	4	i	39	i	1.15	i	0.572	i	50.939	i	308.500	i	7.077	i	0.824	i	0.70
i	5	i	49	i	1.74	i	0.584	i	105.463	i	418.500	i	14.948	i	0.906	i	0.72
i	6	i	59	i	2.01	i	0.575	i	106.492	i	534.500	i	16.390	i	0.930	i	0.53
i	7	i	69	i	2.13	i	0.617	i	99.302	i	663.500	i	15.324	i	0.974	i	0.44
i	8	i	79	i	2.15	i	0.618	i	71.539	i	808.500	i	10.693	i	1.000	i	0.34
i	9	i	90	i	1.80	i	0.630	i	49.530	i	969.100	i	6.137	i	1.000	i	0.28
i	10	i	100	i	1.49	i	0.605	i	23.652	i	1117.100	i	2.930	i	1.000	i	0.26
i	11	i	110	i	1.17	i	0.587	i	12.381	i	1253.100	i	1.406	i	0.992	i	0.28
i	12	i	116	i	0.99	i	0.564	i	3.282	i	1323.300	i	0.605	i	0.934	i	0.27

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

i	1	i	8	i	11.0	i	19.8	i	25.0	i	45.7	i	0.6	i	0.292	i	
i	2	i	18	i	15.2	i	23.0	i	31.2	i	57.9	i	0.6	i	0.288	i	
i	3	i	29	i	21.6	i	26.5	i	38.1	i	63.3	i	0.5	i	0.278	i	
i	4	i	39	i	18.9	i	26.7	i	40.9	i	63.0	i	0.6	i	0.298	i	
i	5	i	49	i	14.3	i	24.3	i	40.9	i	65.1	i	0.6	i	0.304	i	
i	6	i	59	i	17.9	i	28.0	i	53.1	i	64.1	i	0.6	i	0.299	i	
i	7	i	69	i	9.4	i	27.8	i	64.3	i	68.6	i	0.6	i	0.321	i	
i	8	i	79	i	8.7	i	23.2	i	71.7	i	67.6	i	0.6	i	0.321	i	
i	9	i	90	i	5.8	i	18.8	i	81.0	i	74.0	i	0.6	i	0.328	i	
i	10	i	100	i	7.2	i	12.5	i	69.2	i	62.4	i	0.6	i	0.315	i	
i	11	i	110	i	7.6	i	11.6	i	57.0	i	58.2	i	0.6	i	0.305	i	
i	12	i	116	i	11.2	i	6.5	i	29.2	i	32.4	i	0.6	i	0.293	i	

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

i	1	i	8	i	11.0	i	19.8	i	0.721	i	0.982	i	112.0	i	11.0	i	
i	2	i	18	i	15.2	i	23.0	i	0.763	i	0.981	i	267.0	i	26.2	i	
i	3	i	29	i	21.6	i	26.5	i	0.772	i	1.102	i	448.5	i	47.8	i	
i	4	i	39	i	18.9	i	26.7	i	0.698	i	1.080	i	620.5	i	66.7	i	
i	5	i	49	i	14.3	i	24.3	i	0.720	i	0.953	i	810.5	i	81.0	i	
i	6	i	59	i	17.9	i	28.0	i	0.527	i	0.971	i	1006.5	i	98.9	i	
i	7	i	69	i	9.4	i	27.8	i	0.435	i	0.826	i	1215.5	i	108.3	i	
i	8	i	79	i	8.7	i	23.2	i	0.343	i	0.755	i	1440.5	i	117.0	i	
i	9	i	90	i	5.8	i	18.8	i	0.279	i	0.664	i	1689.1	i	122.8	i	
i	10	i	100	i	7.2	i	12.5	i	0.263	i	0.640	i	1917.1	i	130.0	i	
i	11	i	110	i	7.6	i	11.6	i	0.281	i	0.618	i	2133.1	i	137.6	i	
i	12	i	116	i	11.2	i	6.5	i	0.274	i	0.675	i	2251.3	i	148.8	i	

srednee GTK za vegetazijy = 0.6752479672