

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра агрометеорології та агроєкології

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON AGRO- CLIMATIC CONDITIONS OF SOYBEAN CULTIVATION IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Виконав: студент 2 курсу заочної форми навчання
спеціальності 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма Екологія та
охорона навколишнього середовища

Філіпов Володимир Геннадійович

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник к. геогр. н., доц. Кирнасівська Н.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к. геогр. н., доц. Волошина О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
агрометеорології та агроєкології
№ 5 від 02.12. 2024 р.

Завідувачка кафедри
Оксана ВОЛЬВАЧ
(підпис) (прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 1
протокол № від . .2024 р.

Оцінка / /
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК
Микола СЕРБОВ
(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2024

АНОТАЦІЯ

Філіпов В.Г. «Оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сої в степовій зоні України»

Актуальність. Соя є однією з основних зернобобових та олійних сільськогосподарських культур в Україні, яка вирізняється стабільним попитом і високим рівнем рентабельності на аграрному ринку. Серед інших зернобобових культур вона займає провідне місце завдяки своїй універсальності у використанні, включаючи харчову промисловість, тваринництво та виробництво біодизеля. Залежно від сорту й умов вирощування в її насіння міститься 36-48 % білка і 17-26 % олії. Посівні площі під цією культурою з кожним роком збільшуються. Так, за останні 10 років валовий збір сої в Україні збільшився з 3687,3 до 4742,6 тис. тон, а урожайність - з 22 до 26 ц/га. За даними Державної служби статистики України в 2023 році середня посівна площа становила 1834 тис/га, середня урожайність - 25,9 ц/га.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси стосовно умов формування продуктивності сої в степовій зоні України на прикладі Дніпропетровської області.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити біологічні особливості сої та її вимоги до умов навколишнього середовища;
- проаналізувати сучасний стан вирощування сої в Україні;
- провести розрахунки і аналіз динаміки урожайності сої в умовах Дніпропетровської області та провести оцінку ймовірності урожаю сої;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність сої за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5.

Об'єктом досліджень є: посіви сої в Дніпропетровській області.

Предмет досліджень – вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайності сої в Дніпропетровській області.

Методи дослідження: методи математичного моделювання продукційного процесу рослин.

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сої та її продуктивність в Дніпропетровській області.

Отримані результати можуть бути застосовані для комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів щодо вирощування сої та оптимізації розміщення її посівних площ у Дніпропетровській області з урахуванням сценаріїв зміни клімату за моделями RCP.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи становить 67 сторінки, 8 рисунків, 7 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 33 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: урожай, тренд, сценарії зміни клімату, потенційний урожай, агроекологічні категорії урожайності, продуктивність.

SUMMARY

Filipov V. «Assessment of climate change impact on agro-climatic conditions of soybean cultivation in the Steppe zone of Ukraine»

The relevance Soybean is one of the main legume and oilseed crops in Ukraine, which is characterized by stable demand and high profitability in the agricultural market. Among other legume crops, it occupies a leading place due to its versatility in use, including the food industry, animal husbandry and biodiesel production. Depending on the variety and growing conditions, its seeds contain 36-48% protein and 17-26% oil. The sown areas under this crop are increasing every year. Thus, over the past 10 years, the gross soybean harvest in Ukraine has increased from 3687,3 to 4742,6 thousand tons, and the yield - from 22 to 26 centners/ha. According to the State Statistics Service of Ukraine, in 2023 the average sown area was 1834 thousand/ha, the average yield - 25.9 centners/ha.

The aim of this study is to assess the impact of climate change on agroclimatic resources for the conditions of soybean productivity formation in the steppe zone of Ukraine using the Dnipropetrovsk region as an example.

To achieve these goals, it was necessary to solve the following tasks:

- determine the biological characteristics of soybeans and their requirements for environmental conditions;
- analyze the state of soybean cultivation in Ukraine;
- Calculate and analyze the dynamics of soybean yields in the Dnipropetrovsk region and assess the probability of a soybean harvest;
- determine the impact of possible climate changes on photosynthetic productivity and soybean yields when implementing scenarios RCP4.5 and RCP8.5.

The object of the study is soybean crops in the Dnipropetrovsk region.

The subject of the research is the impact of possible climate changes on agroclimatic conditions for growing and yields in the Dnipropetrovsk region.

Research methods: methods of mathematical modeling of the production process of plants.

For the first time: patterns of climate change impact on agroclimatic conditions for growing soybeans and its productivity in the Dnipropetrovsk region were established.

The results obtained can be used for a comprehensive assessment of agroclimatic resources for soybean cultivation and optimization of the location of its sown areas in the Dnipropetrovsk oblast, taking into account climate change scenarios according to RCP models.

The work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and a list of used literature. The total volume of the work is 67 pages, 8 figures, 7 tables. The list of references contains 33 titles.

KEY WORDS: yield, trend, climate change scenarios, potential yield, agroecological yield categories, productivity.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ ТА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Географічне розташування та особливості території Дніпропетровської області.....	8
1.2 Клімат та агрокліматичні характеристики території дослідження	12
1.3 Агрокліматичне районування території Дніпропетровської області.....	13
2 МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ СОЇ	16
2.1 Морфологічна характеристика культури.....	16
2.2 Вимоги сої до екологічних умов.....	20
2.3 Характеристика сучасних сортів сої в Україні.....	23
2.4 Сучасні зміни в технології вирощування сої.....	25
3 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА СОЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	30
3.1 Динаміка та перспективи виробництва сої на території України	30
3.2 Методи оцінки просторово-часової мінливості урожайності	34
3.3 Дослідження динаміки урожайності сої на території Дніпропетровської області	37
3.4 Ймовірна оцінка урожаїв сої.....	43
4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЇЇ ПОСІВІВ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ... ..	46
4.1 Сучасний стан досліджень впливу змін клімату.....	46
4.2 Методика агрокліматичних оцінок формування врожаїв.....	48
4.3 Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сої .	50
4.4 Вплив змін клімату на продуктивність посіву сої.....	55
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Серед польових культур світового рослинництва соя займає особливе положення. Це культурна рослина являє собою істинний дар природи, так як воно відрізняється виключно високим вмістом біологічно повноцінного білка, масла, вітамінів, мінеральних солей та інших поживних речовин, таких необхідних для забезпечення раціонального харчування людини, а також науково обґрунтованого годування тварин і птиці. За свою цінність і корисність соя давно отримала назви: в Китаї - «рослинна корова», в Японії - «культура великих можливостей» і в США - «культура майбутнього». У зв'язку з гострим дефіцитом білка в світовому продовольчому балансі і низьким рівнем забезпеченості продуктами харчування населення, особливо слаборозвинених країн планети, сою в даний час розглядають як найголовнішу зернову культуру третього тисячоліття. Тому світові посівні площі і валові збори насіння сої неухильно ростуть, на світовому ринку попит на продукти з сої поки перевищує пропозицію.

За останні десятиріччя в Україні зростає інтерес до сої в усіх ґрунтово-кліматичних зонах, розширюється соєве поле, вона повноправно включається в сівозміни основних землеробських регіонів. Тепер наша країна за обсягами виробництва сої займає перше місце в Європі, восьме – у світі. Має великі перспективи нарощування виробництва і формування значних експортних її ресурсів на європейському континенті. «Як біологічний азот-фіксатор, вона є одним з кращих попередників у сівозміні, стабілізуючим фактором росту виробництва зерна і зміцнення економіки господарств» [3, 4].

Вона відрізняється високою екологічною пластичністю і завдяки виконану в багатьох країнах селекційної роботі пішла далеко за межі початкового поширення. За кількістю і якістю містяться в соєвому зерні корисних речовин їй немає рівних серед усіх польових сільськогосподарських культур. У роботах Петриченко В.Ф. [16, 17]

зазначено «насіння сої містить 30-55% білка, 13-26% жиру, 20-32% крохмалю, а також багато вітамінів, макро-та мікроелементів», а також великий набір мінеральних речовин і вітамінів, тому вона відіграє вирішальну роль в зерновому, харчовому і кормовому балансах багатьох великих країн [16, 17].

Сою вирощують у всіх природно-кліматичних зонах України, що підкреслює її адаптивність до різних екологічних умов. В роботах Бабича А.О. зазначено, що «найсприятливіші для культури природно-кліматичні умови, які забезпечують одержання сталих урожаїв зерна на рівні 1,8 т/га і більше, у Чернівецькій, Черкаській, Вінницькій, Київській, Закарпатській, Полтавській, північній частині Кіровоградської і південній Чернігівській та східній частині Хмельницької областей. Умови таких областей як Харківська, Дніпропетровська, Миколаївська, Сумська, Чернігівська і Тернопільська, забезпечують отримання середніх урожаїв зерна – 1,2-1,7 т/га. Малосприятливі для вирощування сої природно-кліматичні умови, де високий рівень врожайності можна забезпечити лише за умов зрошення властиві таким регіонам, як АР Крим, південна частина Одеської, Херсонської, Запорізької, Донецької та Луганської областей» [3, 4].

Посівні площі під цією культурою з кожним роком збільшуються. Так, за останні 10 років валовий збір сої в Україні збільшився з 3687,3 до 4742,6 тис. тон, а урожайність - з 22 до 26 ц/га. За даними Державної служби статистики України в 2023 році середня посівна площа становила 1834 тис/га, середня урожайність - 25,9 ц/га [8].

Не зважаючи на те, що посівні площі вирощування сої в Україні постійно зростають, реальна врожайність значно поступається потенційній. Для отримання стабільних високих врожаїв сої в усіх зонах необхідно суворе дотримання сучасних науково обґрунтованих агрономічних до підбору надійних сортів і прийомів їх обробітку з урахуванням конкретних умов вирощування.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси стосовно умов формування продуктивності сої в степовій зоні України на прикладі Дніпропетровської області.

В даній кваліфікаційній роботі вирішуються наступні питання:

- визначити біологічні особливості сої та її вимоги до умов навколишнього середовища;
- проаналізувати сучасний стан вирощування сої в Україні;
- провести розрахунки і аналіз динаміки урожайності сої в умовах Дніпропетровської області та провести оцінку ймовірності урожаю сої;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність сої за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5.

Для дослідження впливу кліматичних змін на темпи розвитку та формування продуктивності сої в Дніпропетровській області були розглянуті наступні варіанти - базовий (1981-2010 рр.) та кліматичні умови за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 (2021-2050 рр.).

Для виконання роботи використовувались: метеорологічні, фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за соєю, щорічні статистичні дані по виробництву сої по Україні, середньообласна урожайність сої по території Дніпропетровської області за період 1994-2023 рр., а також метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 змін клімату за період 2021-2050 рр [1, 8].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ ТА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Географічне розташування та особливості території Дніпропетровської області

У степовій зоні, в південно-східній частині України розташована Дніпропетровська область, між $49^{\circ} 12'$ і $47^{\circ} 28'$ північної широти та 33° і 37° східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 270 км, з півночі на південь – 200 км. Територія області - 31,92 тис. км², що складає 5,3 % території країни. На сході вона межує з Донецькою, на півдні межує із Запорізькою і Херсонською, на заході - з Миколаївською та Кіровоградською, на півночі - з Полтавською та Харківською областями України. Дніпропетровська область розташована в басейні середньої і нижньої течії Дніпра.

Область поділяється на 22 адміністративні райони, включає в себе 13 міст обласного і 7 – районного підпорядкування, 46 селищ міського типу, 1435 сільських населених пунктів [1].

Геологічна будова. За геологічною будовою територія Дніпропетровської області відноситься до докембрійської та кайнозойської ер. Територія Дніпропетровської області знаходиться на Східно-Європейській платформі. Більшу її частину займає Український щит (65% площі області) та Дніпровсько-Донецька западина (решта 35%).

Український щит займає правобережну частину Дніпропетровщини та південь лівобережної частини. Кристалічний фундамент залягає на глибині від 0 до кількох десятків метрів під денною поверхнею.

Дніпровсько-Донецька западина представлена своїм південним бортом і відділена від щита глибинними розломами. Кристалічні породи занурюються тут на глибину від 100 до 1500 м.

Рельєф. Дніпропетровська область характеризується рівнинним рельєфом, сильно порізаний долинами р. Дніпро, її притоків, ярами та балками. Правобережжя зайняте Придніпровською височиною із середніми висотами 100 – 150 м. над рівнем моря та максимальною відміткою всієї Дніпропетровської області 192 м. у Солонському районі.

В Агрокліматичному довіднику зазначено «лівобережжя Дніпра представлено Придніпровською низовиною. Це лесова слабкорозчленована денудативно-акумулятивна рівнина, яку перетинають знижені долини річок Орелі та Самари. Нижче Дніпропетровська за Дніпром низовина отримує сильнорозчленований підвищений характер через залягання порід Українського щита. Найвища позначка цієї території – 187 м. на північному сході області» [1].

Придніпровська височина «охоплює майже всю правобережну частину Дніпропетровської області, її південні відроги тягнуться з північного заходу паралельно до річки Дніпро, поступово знижуючись і утворюючи крутий уступ у районі порожистої частини річки. Середня висота її поверхні становить 150 м, а найвища точка досягає 192 м. Рельєф розчленований долинами річок на глибину 70-120 м, причому річкові долини часто асиметричні з переважно правостороннім ухилом. На території височини спостерігаються виходи гранітних порід кристалічного щита у вигляді скель, каньйонів та порогів, зокрема затоплених Дніпровських порогів у руслі річки Дніпро. Схили долин розсічені численними ярами та балками» [1].

На південному сході області поступово підвищується поверхня, що є початком відрогів Донецького кряжу та Приазовської височини. Тут розташовані витоки річок Самара, Вовча та їхніх приток, а поблизу села Просяна знаходиться найвища точка області - 211 м.

На південному заході, у Широківському та Апостолівському районах, розташована Причорноморська низовина. Поверхня низовини має загальний нахил із півночі на південь, у напрямку занурення кристалічного щита. Рельєф тут слабо розчленований річковими долинами на глибину 50-70 м. Середня висота низовини становить близько 50 м, а найнижча точка - 16 м, розташована в долині річки Інгулець.

Гідрографія. На території Дніпропетровщини знаходяться «340 річок і балок (які належать до категорії річок) довжиною більше 10 км. З них 74 річки мають довжину більше 25 км і 266 – довжину від 10 до 25 км. Сумарна довжина всіх річок на території області становить понад 7 тис. км. Вся територія Дніпропетровської області відноситься до басейну Дніпра. Головна водна артерія – р. Дніпро перетинає область з півночі на південь, потім протікає вздовж південної межі області зі сходу на захід. Протяжність Дніпра в межах області - 261 км, площа водозбору – 31925 км². Головні притоки Дніпра: лівобережні – Оріль, Самара з Вовчою, Кільчень; правобережні – Мокра Сура, Базавлук, Інгулець з притоками Вісунь і Саксагань (всі вони належать до класу середніх річок). Басейни рік Мокра Сура і Базавлук розташовані повністю в межах області, інші – виходять за її межі» [23].

Озер в області нараховується близько 200, їх загальна площа більше 25 км². Озера розташовані переважно в долинах рік Оріль, Самара, Вовча.

На території області розташовані частини трьох водосховищ Дніпровського каскаду: Дніпродзержинське, Дніпровське і Каховське, які належать до класу надвеликих (об'єм більше 1 млрд. м³). Крім того, в області розташоване одне велике водосховище (Карачунівське на р. Інгулець), 9 середніх і 96 малих. Загальна кількість водосховищ – 109, їх об'єм становить 8,04 млрд.м³, площа водного дзеркала – 1140 км². Ставоків в області нараховується 2,72 тис. шт., загальна площа водного дзеркала 193 км². Ставки і водосховища використовуються для питного і промислового водопостачання, зрошення, риборозведення і рекреації [1, 23].

Ґрунти та напрямки землекористування. В Агрокліматичному довіднику [1] зазначено «ґрунтовий покрив області сформувався в умовах посушливого степового клімату, під впливом переважно степової рослинності – різнотравно-типчаково-ковилових степів на більшій частині області і типчаково-ковилових степів – на крайньому південному заході. Материнською породою для розвитку ґрунтового покриву послужили переважно еолово-делювіальні четвертинні відкладення у вигляді суглинків легкого, середнього і важкого мінерального складу, які вкривають майже всю територію області» [1].

Перелік основних типів ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення наведений в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Експлікація основних типів ґрунтів Дніпропетровської області

Тип ґрунту	Загальна площа	
	тис.га	%
Чорноземи звичайні на лесових породах	1697,8	74,1
Чорноземи південні	246,5	10,8
Чорноземи на щільних глинах	21,5	0,9
Чорноземи на третинних та давньоалювіальних пісках	12,2	0,5
Чорноземи та дернові ґрунти на елювії щільних порід	5,6	0,2
Чорноземи лучні та лучно-чорноземні ґрунти	208,9	9,1
Болотні, лучно-болотні ґрунти	33,0	1,5
Солонці і солончаки, осолоділі ґрунти	9,7	0,4
Подові ґрунти	1,2	0,1
Дернові ґрунти на давньоалювіальних відкладеннях	5,2	0,2
Намиті та рекультивовані ґрунти	46,1	2,0
Розмиті ґрунти і виходи порід	4,8	0,2
Разом	2292,5	100

Джерело: дані Агрокліматичного довідника Дніпропетровської області [1]

Як бачимо з табл 1.1 більшу частину ґрунтового покриву області складають чорноземи звичайні, що відрізняються як за потужністю гумусового шару, так і за механічним складом – від важкосуглинкових до легкоглинистих. Ґрунти мають високу потенційну родючість та здатність забезпечувати сільськогосподарські культури певною кількістю елементів живлення. На правобережжі, на крайньому південному заході області на території Широківського і Апостолівського районів розповсюджені чорноземи південні, з високою родючістю і використовуються під рілля.

Розповсюджені у заплавах річок та на надзаплавних терасах розташовані чорноземи лучні, лучно-чорноземні та лучні ґрунти, які використовуються під рілля, сінокоси, пасовища.

1.2 Клімат та агрокліматичні характеристики території дослідження

Кліматичні фактори, такі як тепло, волога та світло, відіграють вирішальну роль у сільськогосподарському виробництві, визначаючи успішність вирощування сільськогосподарських культур і продуктивність тваринництва. Розуміння і врахування цих факторів дозволяє оптимізувати агротехнічні практики, підвищити врожайність та забезпечити стійкість сільського господарства до змін клімату. Дуже важливим є використання сприятливих агрокліматичних ресурсів та послаблення шкідливої дії несприятливих кліматичних та погодних умов [1].

Дніпропетровщина розташована в зоні помірних широт. Клімат області помірно-континентальний. У цілому він характеризується відносно прохолодною зимою з нестійким сніговим покривом та жарким, посушливим літом. За даними агрокліматичного довідника «середня температура повітря за рік по області становить 8,4-9,8°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 2,3-4,0°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) – плюс 21,4-22,9 °C» [1, 23].

Тривалість вегетаційного періоду (температура повітря 5°C і вище) складає 215-227 днів, починається 26-31 березня і закінчується 1-8 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5°C за цей період змінюється від 3345°C на заході області до 3650°C на півдні.

Середня річна кількість опадів становить 523 мм, змінюючись по території від 460 мм до 607 мм. Відносна вологість повітря коливається по області від 60% у теплий період року до 88% у холодний період року. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області у повітрі становить 164-188 днів, на поверхні ґрунту – 140-165 днів. У вегетаційний період на території області відмічається від 11 до 23 днів із суховіями різної інтенсивності.

«Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

Середня з найбільших значень глибини промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 30 до 40 см. Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму становить мінус 3,0-5,2°C» [1].

1.3 Агрокліматичне районування території Дніпропетровської області

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми активних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта (ГТК)) територію Дніпропетровської області поділено на три агрокліматичних райони: північно-східний; центральний; південний.

Згідно даних Агрокліматичного довідника по Дніпропетровській області [1] було складено картосхема агрокліматичного районування території Дніпропетровщини, яка представлена на рис. 1.1, опис районів представлено в табл. 1.2.

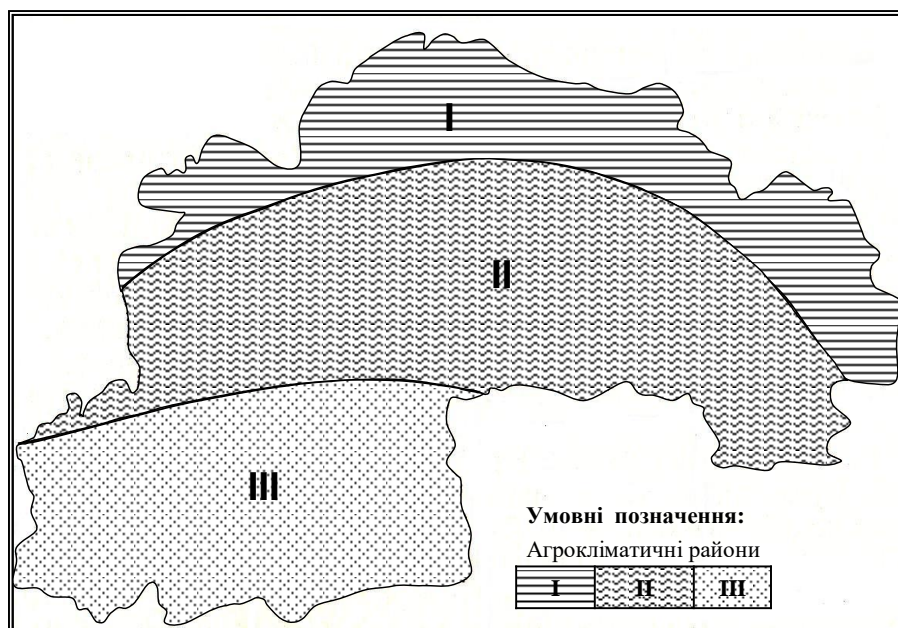


Рисунок 1.1 - Картохема агрокліматичного районування Дніпропетровської області [1]

Таблиця 1.2 – Характеристика агрокліматичних районів Дніпропетровської області [1]

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума активних температур повітря, вище 10°C	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження	3000-3030	350-370	1,0
II. Високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження	3050-3150	320-380	0,9-1,1
III. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	3190-3350	280-320	0,7

I район – Північно-східний - високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження. Кліматичні ресурси цього району характеризуються такими показниками: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,0; кількість опадів за вегетаційний період складають 350-370 мм, а за рік – 545-605 мм. Сума

температур за період із температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить $3000\text{--}3030^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив відмічається не кожний рік.

II район – Центральний – високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження. Кліматичні ресурси цього району характеризуються такими показниками: Величина ГТК становить $0,9\text{--}01,1$; сума опадів за вегетаційний період – $320\text{--}380$ мм, а за рік – $470\text{--}540$ мм. Сума температур за період із температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить $3050\text{--}3150^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив у $20\text{--}40\%$ зим відсутній.

III район – Південний - високого рівня теплозабезпечення, посушливий. Для цього району характерні такі показники: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) становить $0,7$; кількість опадів за період вегетації – $280\text{--}380$ мм; сума активних температур повітря, $^{\circ}\text{C}$ становить $3190\text{--}3350$ $^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив у 65% зим у цьому районі відсутній [1].

2 МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ СОЇ

Серед олійних та зернобобових культур світового землеробства перше місце займає соя. Її успішне просування по світу обумовлено як її величезними можливостями для харчування людини і тварин, так і агрономічними та навіть екологічними перевагами в порівнянні з іншими сільськогосподарськими культурами. Сьогодні світ стурбований ресурсозберігаючими і екологічно стійкими сільськогосподарськими технологіями і соя, поряд з іншими зерновими бобовими культурами, повинна зіграти в них одне з лідируючих місць.

Соя – зернобобова рослина, любить тепло і вологу протягом всього періоду вегетації, формує велику вегетативну масу, дає цінний урожай бобів [12, 24, 29].

2.1 Морфологічна характеристика культури

Культурна соя (*Glycine hispida* Max) – трав'яниста однорічна рослина належить до роду *Glycin* L., який налічує 60 видів. Більша частина цих видів зростає в тропічній частині Африці та Америці, в Індо-Малайзії, у Китаї. Залежно від сорту період вегетації сої від 70 до 250 діб.

Вчені виявили, що «соеві боби на нашій планеті збирали ще в III-V тис. до н.е. Тобто це одна з найдавніших культур. Перші археологічні згадки про обробіток сої належать прадавній китайській літературі. Не дивно, адже Китай і досі «з'їдає» найбільше соєвих бобів. А місце походження сучасної сої - країни південно-східної Азії [3, 4].

На думку вчених культурна соя походить від дикорослої сої.

Коренева система сої проста, стрижнева, добре розвинена. У верхній частині її в шарі ґрунту 0-10 см і в радіусі 6-10 см від головного кореня

формується симбіотичний апарат. Клубеньки кулеподібні, діаметром 2-4 мм, досягають і 8 мм. Сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту. Гіпокотиль зелений або з фіолетовим відтінком. Зелене забарвлення його асоційовано з білим забарвленням квіток, фіолетове – з фіолетовим [21, 22].

Стебло сої прямостояче, гіллясте, товсте або тонке, у деяких форм нутуюче і витке, невилагаюче, заввишки від 20 до 200 см. Більшість сортів мають стебло висотою 60 – 110 см. За характером росту стебла форми сої поділяються на дві групи: 1) недетермінатного типу, у яких верхівкова брунька ростова і при сприятливих умовах стебло довго продовжує рости і утворювати нові генеративні органи; 2) детермінантного типу, у яких стебло закінчується квітковою волоттю, ріст стебла припиняється, як тільки сформувалася верхівкова китиця, вони дружніше, ніж перші, ростуть і плодоносять, більш скоростиглі. При досяганні стебло сої набуває жовтого, буро-жовтого, рудого кольору [7, 17, 24].

Листки сої складні, трійчасті, довгочерешкові з прилистками. Основна форма листків – широколанцетна, овальна, ромбічна, широкояйцеподібна, майже округла. Формі й розмір листків різні. Навіть на однієї рослині форма варіює від овальної до списоподібної. Пластинка листка гладенька або зморшкувата, м'яка або груба, сильно опущена. Листки вкриті притисненими волосками, які на старих листках обламуються й вони стають голими.

Приквітки мають вигляд маленьких пар простих листів, які знаходяться в підставі бокових гілок і в нижній частині квітконіжки кожної квітки. І у них немає черешків і листових подушочок. Колір листків різних відтінків – від світло- до темно-зеленого. До початку збирання, при досягнення зрілості, у більшості форм листки з рослин опадають [7, 17, 24].

Суцвіття – невелика китиця, розміщена в пазухах листків, на верхівці стебла та на бокових гілках. У кожній китиці від 2 до 20 квіток і більше.

Квітки сої звичайного метеликового типу, дуже дрібні, майже не мають запаху (тому комахами відвідуються дуже рідко) зібрані в волоть, розміщені в пазухах листків. У більшості ботанічних форм китиці короткі, з

3-8 квітками, у деяких форм китиці багатоквіткові, з 15-26 і більше квітками. Віночок різнокольоровий: ліловий або білий, іноді малиновий. Його парус червоно-фіолетовий, з темними плямами, а човник світло-фіолетовий. Крильця світліші за парус, часто білого кольору. Квітки самоzapиллюються в закритому стані.

Плід сої – багатогніздний біб, якій складається із двох половинок. Форма боба мечовидної або шаблеподібної форми. *Боби* опушені, вкриті волосками, як і вся рослина. Virізняють дрібні боби розміром 3-4 см, середні - 4-5 см, великі – 6-7 см. Ширина їх від 0,5 до 1,5 см. У бобі міститься дві-три насінини, рідше одна або чотири. Висота прикріплення нижніх бобів від 2 – 3 см, у більшості сортів вона становить 12-17 см. Більш низьке прикріплення призводить до втрат урожаю при збиранні, а більш високе – до недобору біологічного врожаю [7, 17, 24].

В роботах [7, 17, 24] зазначено, що «насіння сої за формою буває кулясте, округло-випукле, овальне, овально-видовжене, овально-плескате. З часом насіння втрачає блиск насінневої оболонки, а забарвлення тьмяніє» [7, 17, 24].

В процесі росту та розвитку сої виділяють шість основних фаз [14, 22]: сходи, галуження, цвітіння, плодоутворення, наливу насіння та дозрівання. Розглянемо кожну фазу розвитку сої окремо.

Фаза сходів – початок її відзначається набуханням насіння, яке триває до розкриття примордіальних листочків. Проростки сої проростає у вигляді щільно зімкнутих і вигнутих вниз сім'ядольних листків, незабаром ці листя випрямляються, швидко розкриваючись. Тривалість фази сходів коливається від 5 до 20 і більше діб в залежності від таких факторів (температура, вологість ґрунту, глибина висівання насіння тощо). Це дуже критична фаза, тому що недолік тепла і вологості викликає у проростків сої бактеріоз, фузаріоз та інші захворювання, які знижують врожайність.

Фаза галуження - ця фаза змінює першу, розкривається другий трійчастий лист, а завершенням її вважається поява перших суцвіть. До

початку розпускання квіток на основному стеблі в'яжеться від 5 до 14 листочків і залежить від циклу вегетації конкретного сорту і факторів навколишнього середовища. Усього на рослині може бути від 16 до 65 листків. Спочатку до появи перших справжніх листків головне стебло розвивається дуже повільно, збільшуючись у висоту лише на 30-70 мм на добу. Потім темпи росту прискорюються, і до моменту цвітіння приріст становить 100-150 мм. У сортів із раннім і середнім терміном дозрівання процес утворення розгалужень активізується через 5-20 днів після появи сходів.

Фаза цвітіння сої розтягнута в часі, тривалість його залежить від сортових особливостей і погодних умов. Першими зацвітають квітки, що розташовані в нижній частині стебла, потім цвітіння розповсюджуються вгору по стеблу. В такому ж порядку проходить плодоутворення і дозрівання плодів. Цвітіння триває 15-40 днів, у деяких сортів 80-100 днів залежно від сорту.

Фаза плодоутворення. «В нижній частині рослини після початку цвітіння, внизу куща через 18-30 днів утворюються боби. Це залежить від темпів дозрівання бобів у того чи іншого сорту при звичайних умовах. Насіння в бобах дозрівають 16-25 днів та залежить від умов навколишнього середовища (температури та вологості)» [14, 24].

Фаза наливу насіння. У даний період ріст вегетативної маси припиняється, починається відмирання нижніх листків. «Більшість сортів з цієї фази починають старіти: листя і боби жовтіють, сім'ядолі і оболонка ще зеленого кольору, рубчик ще не пігментується, насіння можна легко розрізати нігтем, насіння містить багато води» [14, 24].

Фаза дозрівання. Ця фаза одна з найкоротших. Вона триває від 11 до 15 днів. На тривалість дозрівання суттєво впливає надмірна спека або недостатнє тепло. Згідно літературних джерел [14] «фаза дозрівання починається з побуріння деяких бобів внизу куща. Ознака завершення фази – дозрілі боби і швидке пожовтіння та опадання збереженого листя. У сортів із

зеленими сім'ядолями листочки осипаються зеленими. Під час цієї фази утворюється соєве масло і азотисті речовини» [14]. Для збору врожаю бобів необхідна їх повна фізіологічна стиглість, тобто повна стиглість.

2.2 Вимоги сої до екологічних умов

За походженням соя – рослина теплового мусонного клімату, де сформувалися відповідні генетичні основи вимог її до факторів життя і, насамперед, високі потреби до кількості тепла і вологи.

Відношення сої до тепла та до світла. Соя - теплолюбна рослина з тривалим вегетаційним періодом. Для повного розвитку сої залежно від умов вирощування та сорту потрібно від 1700 до 2900 °С при середньодобовій температурі не нижче 15 °С [3].

Біологічний мінімум температури для сої дорівнює 10°C, але в окремі фази він різний. Більше тепла рослини потребують у фазі цвітіння, зав'язування бобів і формування насіння.

В роботах дослідників [3, 4] зазначено «мінімальна температура проростання насінин сої – 10-12°C, а оптимальна - 15-20°C, дружні сходи з'являються на 6-7 день за температури 12-14°C. Сходи рослин сої переносять короткотермінове зниження температури до мінус 2-3°C і навіть нижче, однак в кінці, вегетації рослини дуже чутливі до приморозків. Тривале пониження температури до мінус 2,5°C і нижче негативно впливає на сходи.

Для інтенсивного росту соя потребує порівняно високої температури, але не вище 32-34 °С, причому краще з невеликими коливаннями впродовж доби. За температури 35 °С і вище спостерігається опадання бутонів і квіток.

Найбільшу потребу в теплі соя зазнає, починаючи з формування репродуктивних органів і у фазі цвітіння. Для фази бутонізації сприятлива температура 18-19 °С; для цвітіння мінімальна – 17-20 °С, оптимальна – 22-25 °С, а при температурі нижче 17 °С цвітіння припиняється» [3, 4].

Для утворення бобів і насіння мінімальна температура 13-14 °С, оптимальна - 20-25 °С; для дозрівання насіння відповідно 7-8 °С і 18-20°С. При температурі 10-13 °С налив насіння припиняється, листки поступово жовтіють, дозрівання затягується.

По відношенню до світла соя належить до групи рослин короткого дня, серед яких вона вирізняється високою чутливістю до зміни світлого режиму, особливо її пізньостиглі сорти. При короткому дні прискорюється розвиток сої, скорочується вегетаційний період, формується невелика вегетативна маса, знижується висота рослин. При вирощуванні в умовах довгого світлового дня, тобто північніше місця її походження, вегетація багатьох сортів затягується, а врожайність знижується. Зміна широти на 10 впливає на тривалість вегетації, тому ранньостиглі сорти із степових районів не завжди дозрівають в Лісостепу [13], а пізньостиглі іноземні навіть не завжди цвітуть і формують боби, хоча в південних областях вони дозрівають і дають добрі врожаї. Тому раціональним є таке районування сортів, коли для кожного градуса широти визначені свої сорти.

Вимоги до вологи. «Соя вважається культурою мусонного клімату, тому вона пред'являє високі вимоги до умов зволоження, які також змінюються в залежності від міжфазних періодів. Так, найбільше водоспоживання спостерігається у фазу цвітіння, формування бобів і наливу насіння. За цей період соя споживає 60-70% сумарної витрати води за вегетацію. Тому цей період є критичним за вологоспоживанням, і дефіцит води в цей час може призвести до різкого зниження врожаю» [10].

Сприятливі умови для вирощування високих урожаїв насіння сої створюються тоді, коли протягом трьох теплих місяців випадає 300-350 мм опадів, хмарність становить у середньому 6-7 балів, відносна вологість повітря 70-75 %.

Транспіраційний коефіцієнт коливається у сої в залежності від біологічних особливостей сортів і конкретних умов вирощування від

390-1000. Оптимальна вологість ґрунту при вирощуванні становить не нижче 75-80 % НВ, а у період дозрівання зменшується до 60% НВ.

«Соя не виносить як посуху, так і надмірне зволоження ґрунту, при яких в період, що передує цвітінню, сповільнюється зростання і утворюється менше квіток, а в період цвітіння опадають квітки і молоді зав'язі» [10].

Вимоги до ґрунтів та особливості мінерального живлення. « До ґрунтів соя не висуває високих вимог і може проростати на більшості ґрунтових різновидів з різним механічним складом. Але високі і сталі урожаї вона може давати на родючих чорноземних, каштанових, а також дерново-підзолистих ґрунтах різного механічного складу, з хорошою аерацією. Оптимальна для сої кислотність - рН 6,5-7,0 [22]. На ґрунтах з рН вище 9,6 і нижче 3,9 соя не росте, хоч її насіння проростає. Добрі урожаї сої можна одержати на осушених болотних ґрунтах за умови їхньої нейтралізації, а також на торфовищах» [25].

Особливості мінерального живлення сої «зумовлені здатністю створювати велику вегетативну масу і формування насіння з високим вмістом енергоємних речовин – олії і білка. У зв'язку з цим, вона потребує підвищеного мінерального живлення» [24].

«На утворення 1 ц зерна соя засвоює 7,8-10 кг азоту, 3,7-4 кг фосфору, 6,0-6,5 кг калію, 7-8 кг кальцію. За оптимальних умов живлення, забезпеченості рослин вологою, достатньої кількості тепла і світла соя може формувати до 70 ц/га зерна» [24, 27].

Найбільша кількість *азоту* необхідно в фазу формування і наливу бобів. *Фосфор* необхідний рослинам у перший місяць життя – від сходів до галушення, який відіграє важливу роль при закладанні генеративних органів. Калій є активатором багатьох ферментів і відіграє велику роль в синтезі білка. Найбільше надходження калію в рослини сої зазначалося в період освіти і зростання плодів.

Багаті мінеральними речовинами листя сої, особливо такими елементами, як мідь і залізо. При нестачі заліза у рослин спостерігається

хлороз. Залізо транспортується рослиною у вигляді цитрату заліза. Внесення заліза пригнічує поглинання цинку і його транспорт до втеч, а також надходження фосфору. Ефективність добрив під сою значною мірою залежить від їхньої збалансованості за елементами живлення [27, 28].

Отже, ґрунтово-кліматичні умови України відповідають більшості вимогам рослини і дають змогу «успішно вирощувати сою практично всюди - у зоні Лісостепу і північного Степу без зрошення, а в центральному і південному Степу - на зрошуваних землях» [3, 10].

2.3 Характеристика сучасних сортів сої в Україні

Правильний вибір сорту сої - одна з вирішальних умов одержання максимального врожаю. У кожному господарстві необхідно обробляти 2-3 сорти сої, які розрізняються тривалістю вегетаційного періоду, стійкістю до хвороб, шкідників і несприятливих факторів середовища [4].

Станом на 2016 рік до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, занесено понад 180 сортів, значна частка з яких української селекції. Сорти охоплюють всі ґрунтово-кліматичні зони України і характеризуються високою урожайністю, якістю насіння, придатністю до механізованого збирання [9].

Основна частина сортів української селекції створено провідними науково-дослідними установами: закладами. Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН (м. Одеса) – Аркадія одеська, Берегиня, Донька, Ельдорадо, Ятрань, Симфонія та ін.; Інститут землеробства НААН (с. Чабани) – Анжеліка, Єлена, Київська 27, Київська 98, Устя, Вільшанка та ін.; Інститут зрошуваного землеробства НААН (м. Херсон) – Юг 30, Юг 40, Фаетон, Оксана, Витязь 50, Аполон, Святогор та ін.; Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН (м. Вінниця) – Золотиста, КіВін, Агат, Анатоліївка, Артеміда, Омега вінницька [24].

Розглянемо деякі сорти сої які охоплюють ґрунтово-кліматичні зони України:

Сорт Аркадія одеська - Характеризується оптимальною для Півдня України. Тривалість вегетаційного періоду становить 105–115 днів. Аналіз структури врожаю впродовж кількох років показав, що цей сорт перевершує інші за надземною масою, кількістю вузлів, бобів і насінин на рослині, за масою насіння з рослини і масою 1000 насінин. Дані сортодільниць і виробнича практика свідчать: Аркадія одеська за сприятливої погоди здатна давати врожай 25-26 ц/га в суходільних умовах і 35-36 ц/га — на зрошенні.

Сорт Артеміда – в Реєстрі сортів з 2001 року для Лісостепу та Степу. Сорт ранньостиглий (вегетаційний період 100 – 110 діб). Потенціал урожайності - 3,5–4,0 т/га. Сорт посухостійкий. Властивий високий весняний стартовий ріст.

Сорт Успіх вирізняється високорослістю (85,8 см), стійкістю до вилягання, осипання й посухи; нижні боби прикріплені на висоті 16,2 см, що гарантує істотне зменшення втрат під час збирання. На зрошенні в Степу України середній урожай мали по 19,5 ц/га за олійності насіння 26,8%. Сорт Успіх рекомендовано для вирощування в степовій зоні України.

Сорт Ювілейний - середньостиглий, вегетаційний період 115-125 днів. Стійкий до осипання, посухи, хвороб і шкідників. Вміст сирого білка в насінні 38,0-40,0%, масла - 21,0-22,5%. Сорт характеризується високою врожайністю, технологією і якістю насіння. Урожайність насіння складає 3,82 т / га. Пропонується для вирощування в степовій зоні України.

Сорт Легенда занесений до Державного реєстру сортів рослин з 2009 р. Належить до маньчжурського підвиду, апробаційної групи *sordida*. Маса 1000 насінин 150-155 г. В насінні міститься 40-41 % протеїну і 19-20 % жиру. Стійкий до ураження найбільш поширеними хворобами. Сорт рекомендується для вирощування в Лісостепових та Поліських районах України.

Сорт Монада – в Реєстрі сортів з 2008 року для Лісостепу та Степу. Сорт середньостиглий (вегетаційний період 116 – 125 діб). Потенціал урожайності – 4,5–5,0 т/га. Сорт має оптимальне поєднання холодостійкості та посухостійкості.

Сорт Подяка – сорт зернового напрямку, рекомендований для Лісостепу та Степу. Сорт середньостиглий (вегетаційний період 110 – 115 діб), стійкий до посухи, вилягання, хвороб і шкідників. Потенційна урожайність 3,5–3,8 т/га. Вміст білка в насінні 39-40 %, олії – 21-22 %.

«Описані сорти сої повністю охоплюють «соевий пояс». Лише застосування сучасних зональних технологій їх вирощування на зерно забезпечить збільшення виробництва зерна та зменшення дефіциту білка в Україні» [5, 24].

2.4 Сучасні зміни в технології вирощування сої

Для отримання високих врожаїв будь-яких сільськогосподарських культур необхідно використовувати певні агроприйоми. До яких відносять: обробка ґрунту, строки та спосіб сівби, глибина загортання насіння, густина рослин і їх просторове розташування, мульчування ґрунту, спільне вирощування культур, управління живленням і водними ресурсами, а також боротьба з бур'янами можуть вплинути на величину врожаю.

Місце в сівозміні. Правильне розташування сої в сівозміні дозволяє збільшувати урожай завдяки упередженню захворювань, пошкоджень шкідниками, покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, більш раціональному використанню поживних речовин та зменшенню засміченості поля бур'янами.

Кращими попередниками сої є озимі та ярі колосові культури, а також кукурудза на зелений корм та силос. Гіршими попередниками вважаються соняшник, суданська трава, бобові культури. На думку авторів «розміщення сої після сої хоч і можливе, але не дозволяє ефективно використовувати її у

сівозміні як цінний бобовий попередник для швидкого підвищення продуктивності ріллі. Соя – один з кращих попередників для інших культур. Біологічний азот, який соя засвоює з повітря та залишає після себе, поліпшую структуру ґрунту, посилює активність мікроорганізмів, під чого підвищується родючість ґрунту» [16, 25].

Одна із прийнятих в Україні сівозмін при вирощуванні сої така: «кукурудза-кукурудза-соя-соя. При цьому використовується концепція продовженої (дворічної) сівозміни, де однорічні культури ростуть у послідовності (зазвичай дві), за якими настає тривала перерва. За схожим принципом рослини чергуються у природі» [25].

Обробіток ґрунту проводять для створення сприятливих умов для гарної схожості і зростання рослин, для боротьби з бур'янами, для закладення в ґрунт мінеральних добрив, сидератів. Для гарної передпосівної підготовки ґрунту перед сівбою сої, як правило, достатньо двох-трьох культивацій, боронований або вспашек. Проте інтенсивність і тип обробки ґрунту можуть варіювати в залежності від її типу, наявності або відсутності залишків попереднього врожаю і бур'янів.

Згідно сучасним технологіям, в останні роки «фермери повністю відмовилися від оранки і перейшли на комбінований безвідвально-мінімальний обробіток ґрунту, що передбачає зменшення глибини, кількості видів обробітку за рахунок суміщення операцій, що здійснюються в одному робочому процесі. При цьому глибина обробітку ґрунту часто визначається за вимірюванням цифрового пенетрометра і здійснюється без обороту пласта за допомогою глибокорозпушувача» [25].

Система удобрення. Сьогодні аграрії при вирощування сої часто використовують різні системи удобрення залежно від типу ґрунту та забезпеченості його елементами живлення. «Азотні добрива на сої можуть застосовуватись в невеликій дозі – до 30-50 кг/га, оскільки вони пригнічують фіксацію азоту. Соя задовольняє 65-85% своїх потреб у азоті через симбіотичний процес фіксації азоту. Близько 70-80 кг/га азоту асимілюються

бульбочковими бактеріями. На легких ґрунтах через високий вміст у ґрунті рухомого фосфору вноситься тільки калій хлористий у дозі 120 кг/га і сульфат магнію гранульований у нормі 80 кг/га. На чорноземах типових фосфорно-калійні добрива часто застосовують під депозит на кілька років». [24, 25, 28].

На зрошувальних норми мінеральних добрив збільшують на 20-25 %.

Сівба. Строки посіву визначаються залежно від зони вирощування, вибраних сортів, а також від ґрунтових і погодних умов. У більшості районів України сою починають сіяти, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до +11-12 °С, адже за нижчих температур насіння практичне не проростає, а сходи пошкоджуються навіть незначними весняними заморозками. Починати сівбу треба насінням сортів з тривалішим вегетаційним періодом.

В роботах дослідників, зазначено «оптимальними нормами висіву насіння сої є 400–700 тис./га. Під час встановлення норми висіву треба враховувати вологість ґрунту, забезпеченість рослин поживними речовинами, засміченість ґрунту та площу живлення, яка потрібна для нормального росту й розвитку рослин, а також якість насіння» [3, 4].

При визначенні норму висіву необхідно врахувати такі моменти: генетичний потенціал сорту, тип ґрунту, особливості живлення на певному полі, особливості застосування агротехнологій, якість насінневого матеріалу, групу стиглості, погодні умови до та після сівби, а також загальні кліматичні умови регіону. Правильно підібрана норма висіву є одним із ключових факторів майбутньої урожайності сої. Крім того, оптимальна норма дасть змогу знизити витрати на виробництво.

Глибина закладання може бути від 2 до 6 см. Чим менша глибина посіву, тим швидшим буде стартовий розвиток рослини, активнішим — розростання бокових коренів (можуть становити до 60% всієї кореневої системи). Глибші посіви краще переносять сорти з крупним зерном. Важливим є дотримання сталої глибини закладання. Глибші посіви не такі

шкідливі, як посіви з недотриманою глибиною. Не однакова глибина посіву — це основна причина нерівномірних сходів, дискомфорту слабших рослин та зниження врожайності.

Сою сіють різними сівалками. Рівномірний розподіл насіння у рядку забезпечує сівалка СПЧ-6М. з дисками від 48-68 отворів. Цією сівалкою можна сіяти з міжряддям 70 см. Для висіву сої з міжряддями 4 см застосовують сівалки ССТ-12А [3, 16, 17].

В своїх роботах Бабич А.О. вказує, що «для рядкового способу сівби досить важливою є норма висіву. При звужених міжряддях та звичайних рядкових посівах густина рослин для більшості сортів повинна бути більша, ніж при широкорядних» [3, 4, 5].

Догляд за посівами. Упродовж вегетації на посівах сої здійснюють комплекс заходів з метою знищення бур'янів, боротьби зі шкідниками та хворобами, а в умовах зрошення, крім того, - забезпечення поливами оптимальної вологості ґрунту. Основними заходами боротьби з бур'янами є до- і післясходові боронування та культивації в міжряддях.

Режим зрошення. В умовах посушливого клімату півдня і центральної частини України соя добре реагує на зрошення. Система зрошення сої розробляється з урахуванням потреб рослин у воді в різні фази їх вегетації, а також залежно від обсягів вологи, яка накопичується за зимово-весняний період та від опадів протягом усього вегетаційного періоду.

Споживання води соєю в період сходів мінімальне, далі воно поступово зростає до бутонізації, досягаючи максимуму (40-70 м³/га за добу) в період цвітіння, утворення та розвитку бобів; після наливу насіння потреба у воді зменшується. Коли пересихає верхній шар ґрунту, проводять передпосівний полив – 300-400 м³/га води [24].

Збирання врожаю. Після фізіологічної зрілості насіння настає фаза технічної стиглості, яка супроводжується обпаданням листків, висихання стебла, бобів та насіння сої. Збирання починають, коли в рослини опадуть листки, боби побуріють або приймуть типовий для сорту колір. «Сою

збирають однофазним способом, при вологості насіння 14 %. Якщо вологість насіння нижча 12%, краще взагалі призупинити збирання врожаю, щоб звести до мінімуму розтріскування зерна і пошкодження його оболонки, особливо якщо мова йде про сою, що вирощується для посіву. Для отримання високого врожаю із найменшими втратами, потрібно починати збирання безпосередньо перед початком оптимального періоду. Під час раннього збирання можна додатково пошкодити зерно» [16, 26].

3 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА СОЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Динаміка та перспективи виробництва сої на території України

Сою як стратегічну для українського землеробства культуру можна висівати на великій території соєвого поясу, який включає Лісостеп, північний, центральний і південно-західний Степ, лісостепові райони Полісся та зрошувані землі південного Степу, де можна збільшити площу її посівів до 4 млн. га, виробництво – до 8,5-9,8 млн. тонн. На думку дослідників «без сої як високоінтенсивної зернобобової культури досягти таких обсягів виробництва зерна малоперспективно. Вирощування сої стане стратегічним напрямком розвитку аграрного сектору України, сприятиме зміцненню економіки та допоможе вирішити проблему продовольчої безпеки» [3-5].

Україна володіє сприятливими кліматичними умовами для вирощування сої, що створює підґрунтя для ефективного сільськогосподарського виробництва. Завдяки впровадженню сучасних агротехнологій, адаптованих до локальних умов, а також використанню високопродуктивних сортів, урожайність сої стабільно зростає. Це не лише сприяє підвищенню обсягів виробництва, але й дозволяє задовольняти внутрішній попит і розширювати експортні можливості країни.

Сьогодні сою вирощують у всіх господарствах, як в державній так й приватній формі власності на всій території України. Останніми роками площі під соєю в Україні значно розширилися, тож український соєвий сектор перетворюється на одну з ключових галузей агропромисловості.

За даними Державної служби статистики України [8] нами було проведено дослідження виробництва сої в Україні за 2000 рік та за період з 2005 по 2023 рр.

Динаміка виробництва сої в Україні представлено на рис. 3.1.

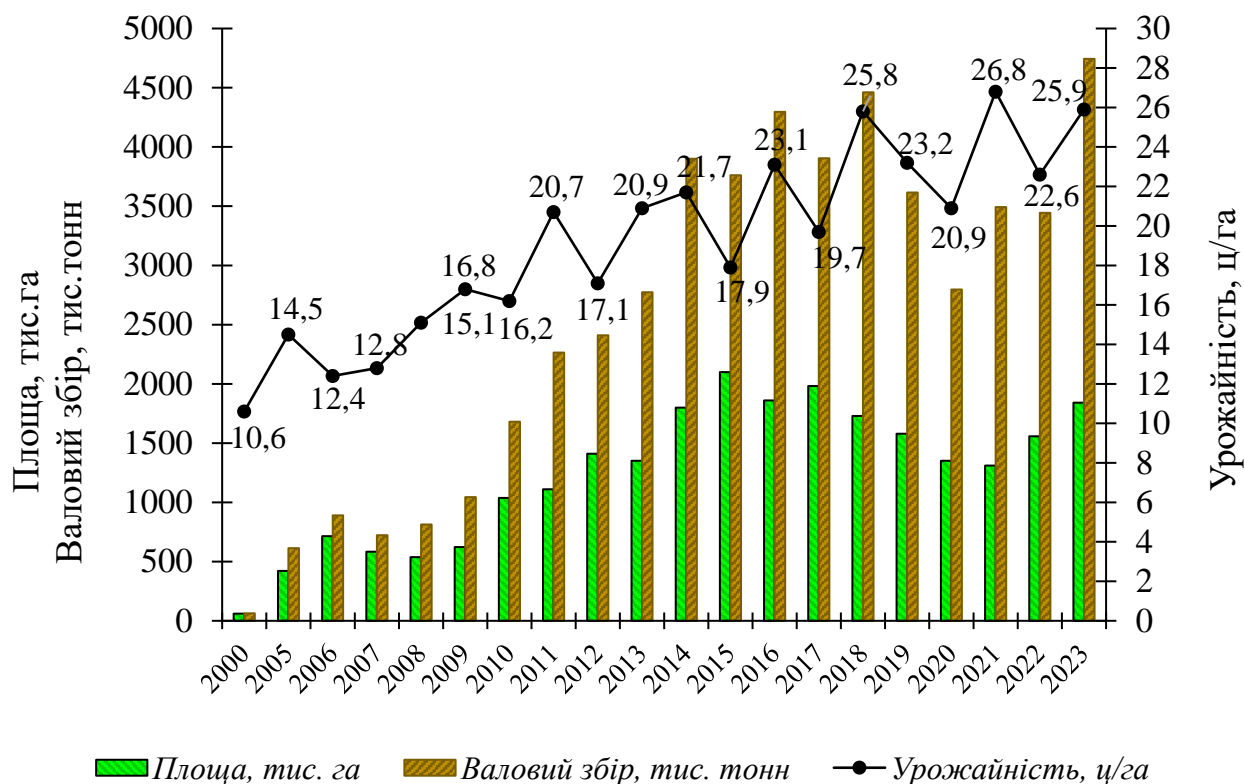


Рисунок 3.1 – Динаміка виробництва сої в Україні

Джерело: побудовано автором на основі даних [8]

Протягом аналізованого періоду найменша посівна площа сої була зафіксована у 2000 році й становила лише 61 тис. га. Натомість у 2015 та у 2017 роках цей показник досягнув максимальних значень 2100 та 1982 тис. га відповідно, що перевищує рівень 2000 року майже в 34 та в 35 рази відповідно. Далі спостерігається зменшення посівних площ до 1310 тис. га (2021 році). У минулому році посівна площа під соєю збільшилась і становила вже 1842 тис. га. Лідерами за обсягом посівних площ, що було зайнято під соєю у минулому році стали: Полтавська (214,3 тис. га), Хмельницька (210,6 тис. га), Житомирська (147,4 тис. га), Вінницька (139,9 тис. га), Київська (138,7 тис. га) та Сумська (136,9 тис. га) області. Найменші площі посівів сої були зафіксовані в таких областях: Дніпропетровська - 6,9 тис. га, що становить 0,4% від загальної площі угідь,

Одеська - 6,7 тис. га (0,4% від загальної площі), Миколаївська - 6,4 тис. га (0,3% від загальної площі) та Запорізька лише 0,2 тис. га (рис. 3.2).

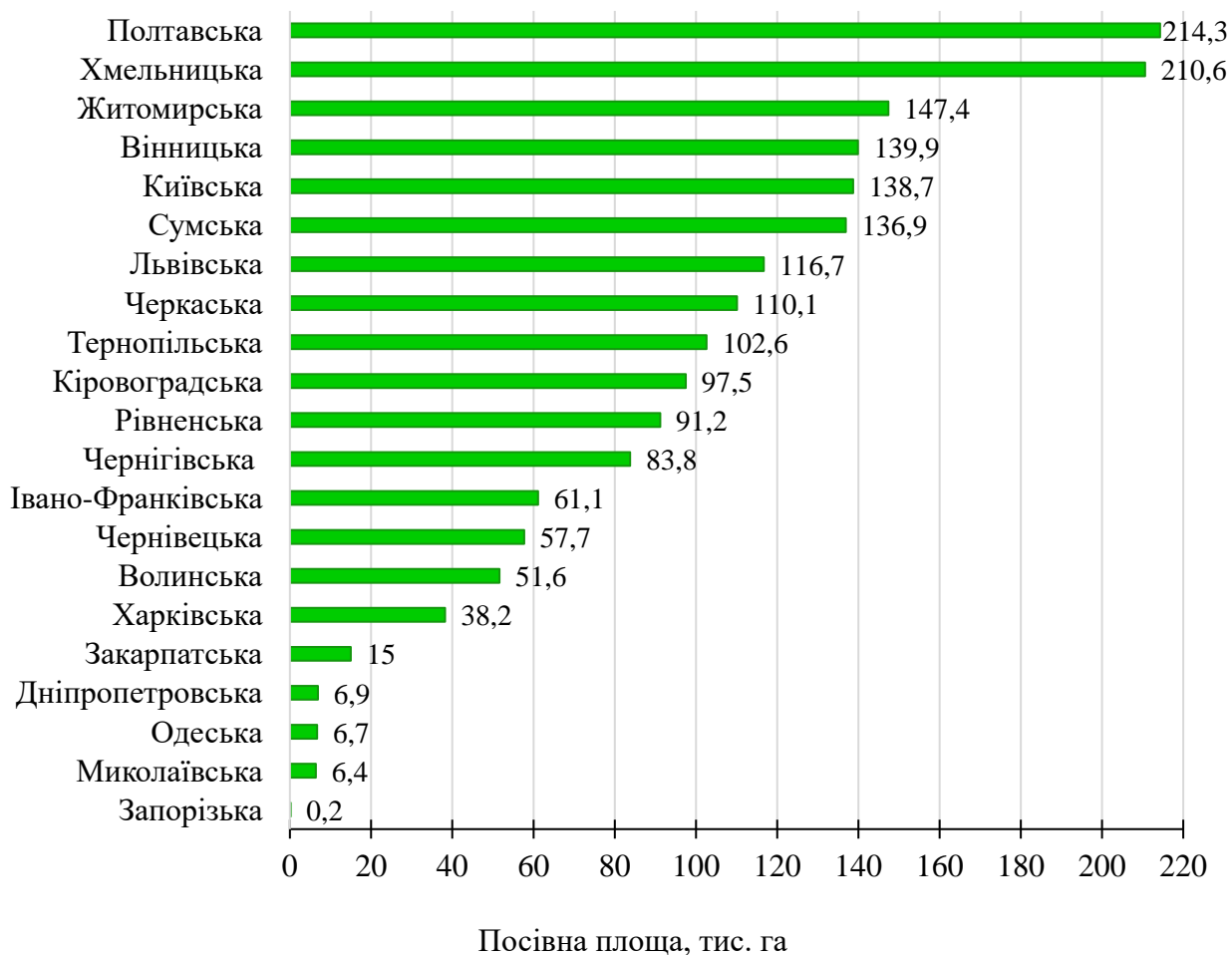


Рисунок 3.2 – Площа під посівами сої по областях за 2023 рік (без урахування Донецької, Луганської, Херсонської областей)

Джерело: побудовано автором на основі даних [8]

Розглянемо, як змінювалась динаміка валового збору сої в Україні за досліджуваний період (рис. 3.1).

Аналізуючи динаміку валового збору сої по Україні, ми бачимо, що на початок досліджуваного періоду (2000 рік) обсяг виробництва становило лише 64 тис. тонн, то за період з 2005 до 2023 рр. він збільшився з 613 до 4743 тис. тонн. Крім цього найвищий валовий збір був зафіксований у 2016 та 2018 роках та становив 4297 та 4461 тис. тонн відповідно.

Урожайність сої, як зазначалося вище, залежить від багатьох факторів, тому і спостерігається значна мінливість. Але за останні двадцять років урожайність сої в цілому по Україні збільшилась майже в тричі, що стало можливим завдяки комплексному впровадженню сучасних агротехнологій та наукових досягнень.

Аналізуючи динаміку зміни урожайності за досліджуваний період (рис. 3.1) встановлено, що найменша урожайність спостерігалась у 2000 році і становила 10,6 ц/га, найбільша у 2021 році і становила 26,8 ц/га. Ми бачимо, що урожайність сої збільшилась на 16,2 ц/га. У минулому році урожайність сої становило 25,9 ц/га, що на 15 % більш ніж у попередньому сезоні.

У 2023 році досягли найвищих показників урожайності сої аграрії в Івано-Франківській (33,7 ц/га), Львівській (31,7 ц/га), Тернопільській (30,1 ц/га), Закарпатській (29,3 ц/га) та Сумській (28,8 ц/га) областях. Найнижчі врожай зібрано в Миколаївській (14,7 ц/га), Запорізькій (20,1 ц/га) областях. А в трьох областях даних зовсім немає (Донецька, Луганська та Херсонська) [8]. Власне, це й не дивно. Окрім того, що ці області прифронтові, то й умови для культури цьогоріч тут були несприятливі.

Динаміка виробництва сої в Україні в розрізі адміністративно-територіальних одиниць станом на 2023 рік представлено на рис 3.3.

Як бачимо з діаграми, лідерами за обсягом виробництва у минулому році були Полтавська, Хмельницька, Рівненська, Львівська, Київська, Вінницька, Житомирська, Сумська та Тернопільська області.

Разом у цих регіонах виробляють 75,0% сої від усього загального обсягу в Україні.

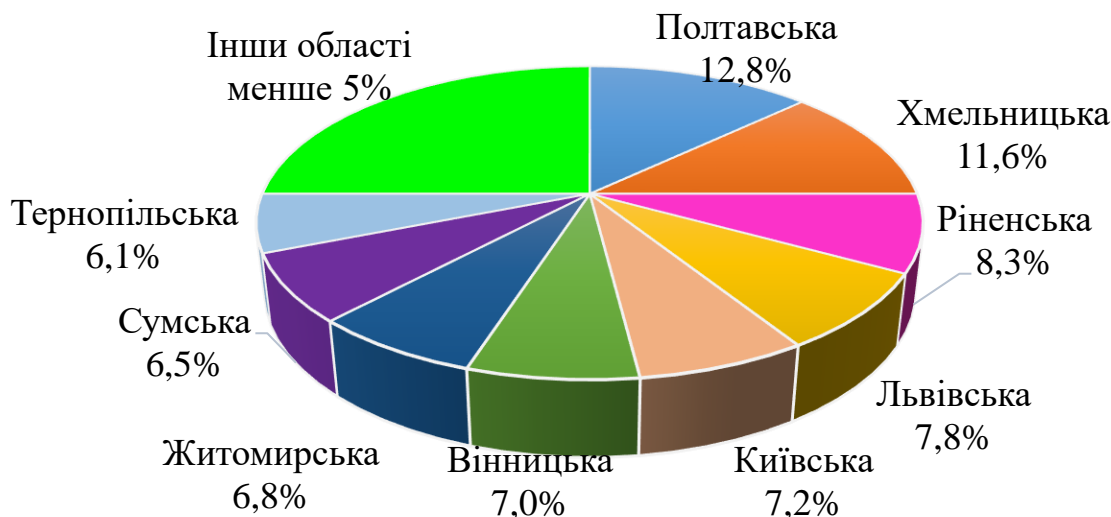


Рисунок 3.3 - Виробництво сої в Україні по областях станом на 2023 рік (%) (без урахування Донецької, Луганської, Херсонської областей)

Джерело: побудовано автором на основі даних [8]

Отже, основним фактором, який вплинув на збільшення валового збору є урожайність. Причиною збільшення урожайності є забезпеченість якісним засівним матеріалом, впровадження систем моніторингу кліматичних умов і прогнозування погоди допомогло аграріям ефективніше планувати строки сівби, догляду за посівами та збору врожаю, що також сприяло зростанню продуктивності сої.

3.2 Методи оцінки просторово-часової мінливості урожайності

Основною метою землеробства є отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур, у тому числі і сої. Незважаючи на загальне зростання урожайності сої, коливання її по роках залишаються значними. Чим вище середня урожайність, тим більше коливання.

Для досягнення запланованих показників урожаїв необхідно досліджувати часову мінливість урожайності, яка в окремі роки залежить від багатьох факторів і поділяють на дві основні групи.

«До першої група відносять фактори, що обумовлюють рівень культури землеробства. Сюди входять успіхи в галузі генетики та селекції, вдосконалення технологій вирощування, забезпечення належного рівня удобрення, меліоративні заходи для поліпшення земель, а також доступність енергетичних ресурсів для сільськогосподарського виробництва.

Друга група включає кліматичні та метеорологічні умови, які спричиняють істотні відхилення урожайності в різні роки від середнього рівня. Формування урожайності в конкретний рік є результатом впливу комплексу природних факторів, які можуть як сприяти так і стримувати розвиток культури» [18, 19].

В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова «про можливість розкладання тимчасового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну та випадкову» [18].

«Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни урожайності в аналізованому періоді. Вона визначає загальну тенденцію зміни урожайності за даний період і представляється плавною лінією, яка отримана в результаті згладжування ряду, називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку.

Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування урожайності та представляється відхиленнями від лінії тренду. Тому лінія тренду досить точно характеризує середній рівень урожайності, який обумовлений рівнем культури землеробства, економічними та природними особливостями даного району» [18].

Для оцінки урожайності сільськогосподарських культур в різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки використовують два методи, до яких відноситься: метод найменших квадратів та метод гармонійних зважувань [2, 18, 19].

Метод гармонійних зважувань спочатку був запропонований З. Хельвігом, а вже пізніше цей метод отримав подальший розвиток в

дослідженнях професора А.М. Польового [18]. Основна ідея методу гармонійних зважувань (МГЗ) полягає у тому, що «значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх» [18].

«Для визначення окремих фаз руху ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. За допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (3.1)$$

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

для $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$;

для $i = 2, t = 2, 3, \dots, k + 1$;

для $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n$.

Параметри a_i і b_i рівняння (3.1) визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції $Y_i(t)$ в точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (3.2)$$

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

Значення, що прогнозується

$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1} \quad (3.3)$$

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

При їх обчисленні зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більша вага. Найраніше спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \quad (3.7)$$

В наступний момент вага інформації m_3 визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (3.8)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.9)$$

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.8)» [18, 19].

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду урожайності за МГЗ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1 - 2 роки. Тренд урожайності визначимо за допомогою методу гармонійного зважування. Часові ряди врожайності сої будемо аналізувати за таким алгоритмом: спочатку визначимо загальну тенденцію зміни врожайності, потім - оцінку правильності вибору тренду.

3.3 Дослідження динаміки урожайності сої на території Дніпропетровської області

В останнє десятиліття зміни клімату, впливають на умови вирощування всіх сільськогосподарських культур у тому числі і на сою, а це в значній мірі відбивається на рівні врожайності. Для отримання високих врожаїв сої важливо забезпечити рослини необхідними умовами тепла та вологості протягом усього періоду вегетації. Ця культура потребує оптимального поєднання температурного режиму й рівня зволоження, що є ключовими факторами її продуктивності. Завдяки адаптивним властивостям, соя культивується практично на всій території України, що свідчить про її

здатність пристосовуватися до різних кліматичних умов і ґрунтових особливостей.

За даними Державної статистичної служби України [8] нами був проведений аналіз динаміки урожайності сої в Дніпропетровській області за 30 років з 1994 по 2023 роки. Розрахунок трендів здійснювався за допомогою методу гармонічних зважувань і була проведена оцінка правильності вибору тренду урожайності сої.

Результати цієї роботи представлені на рис. 3.4 та 3.5. На рисунках плавна лінія характеризує тренд урожайності, а ламана лінія – щорічні коливання урожайності за рахунок кліматичних факторів.

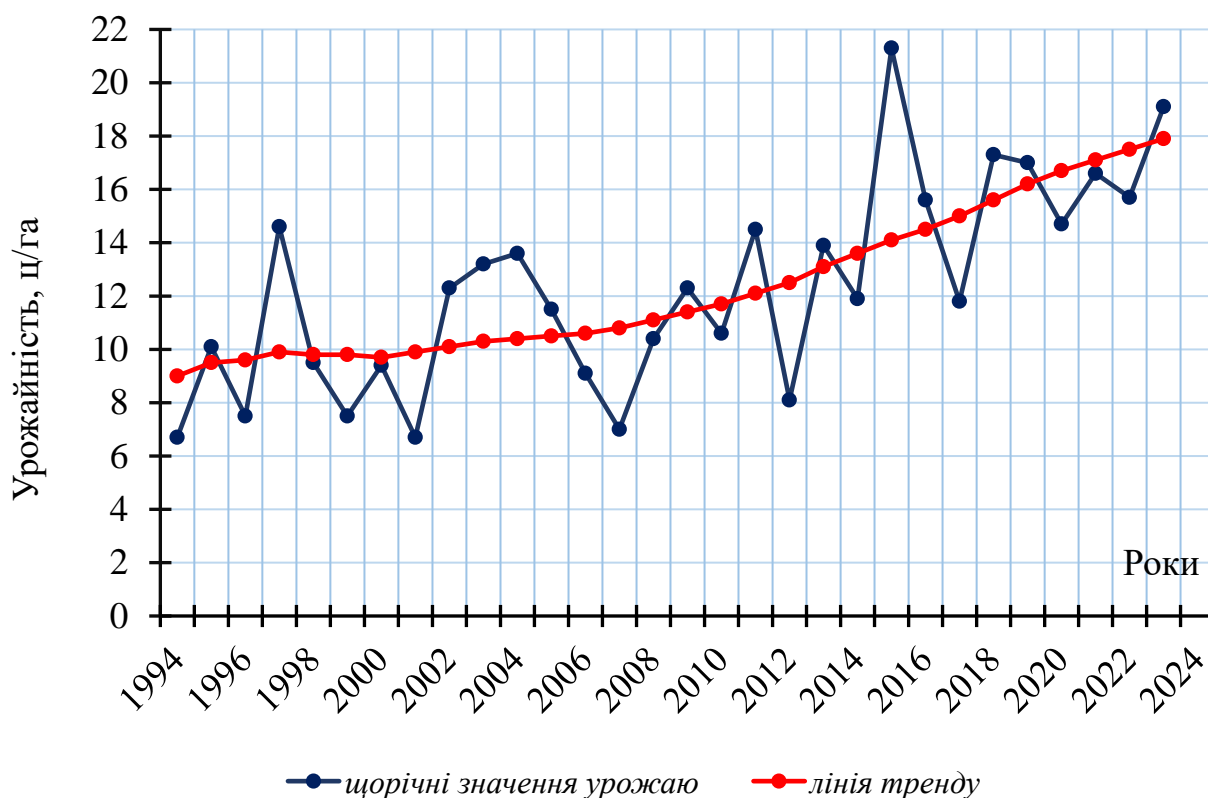


Рисунок 3.4 – Динаміка урожайності сої та лінія тренду в Дніпропетровській області

Аналіз рис. 3.4 показав, що на протязі всього періоду дослідження спостерігається прямолінійне збільшення значення компоненти тренда, що

вказує на помітне покращення рівня агротехнічних практик та загальної культури землеробства за аналізований період.

На початку періоду дослідження урожайність сої в Дніпропетровській області становила 6,7 ц/га. Наприкінці досліджуваного періоду урожай сої збільшився майже в тричі і становив 19,1 ц/га. В середньому за розрахунковий період урожайність сої на даній території становила 12,3 ц/га.

Найбільші урожаї сої були зібрані у 1997 році (14,6 ц/га), 2004 році (13,6 ц/га), 2011 році (14,5 ц/га), 2013 році (13,9 ц/га), 2015 році (21,3 ц/га) та 2016 році (15,6 ц/га) та наприкінці досліджуваного періоду з 2018 по 2023 рр. урожай коливався від 14,7 до 19,1 ц/га.

Найменші урожаї сої були зібрані на початку періоду дослідження 1994 та 1996 роки і становили 6,7 та 7,5 ц/га відповідно. А також в 1999, 2001 та 2012 роках і становив 7,5, 6,7 та 8,1 ц/га відповідно. З усіх розглянутих років найбільший урожай сої був зібраний у 2015 році і становив 21,3 ц/га, найменший - до 6,7 ц/га у 1994 році.

Під впливом погодно-кліматичних умов в окремих роках урожай сої значно варіював. Розглянемо як змінювалась урожайність за трендом (рис. 3.4).

Аналіз показав, що з 1994 по 1997 рр. відбулося поступово збільшення трендової компоненти, так урожайність за трендом змінювалась від 9,0 до 9,9 ц/га. За період з 1998 по 2001 рр. відбулося невелике зменшення трендової компоненти, що свідчать про зменшення рівня культури землеробства за цей період. А вже з 2001 року і до кінця періоду дослідження відбувається поступово майже прямолінійне збільшення трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за цей період. Цей відрізок лінії тренду має параболічну форму і зростання трендової компоненти відбулося з 9,9 до 17,9 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю сої були розглянути відхилення розрахункових трендових значень від фактичних урожаїв (табл. 3.1 та рис. 3.5).

Таблиця 3.1 – Оцінка випадковості відхилень урожайності сої від тренда в Дніпропетровській області

Рік	ε	ε_{\downarrow}	Серії	Рік	ε	ε_{\downarrow}	Серії
1994	-2,3	7,2	+	2009	0,9	-0,5	-
1995	0,6	4,7	-	2010	-1,1	-0,6	+
1996	-2,1	3,2	+	2011	2,4	-0,7	-
1997	4,7	2,9	-	2012	-4,4	-1,1	+
1998	-0,3	2,4	-	2013	0,8	-1,5	-
1999	-2,3	2,2	+	2014	-1,7	-1,7	+
2000	-0,3	1,7	-	2015	7,2	-1,8	-
2001	-3,2	1,2	+	2016	1,1	-2,0	-
2002	2,2	1,1	-	2017	-3,2	-2,1	+
2003	2,9	1,0	-	2018	1,7	-2,3	-
2004	3,2	0,9	-	2019	0,8	-2,3	-
2005	1,0	0,8	-	2020	-2,0	-3,2	+
2006	-1,5	0,8	+	2021	-0,5	-3,2	+
2007	-3,8	0,6	+	2022	-1,8	-3,8	+
2008	-0,7	-0,3	+	2023	1,2	-4,4	-
$\varepsilon_{\text{med}} = -0,4$							

Аналіз таблиці и рисунку показав, що у 14 випадках з 30 років спостерігаються сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,6 до 7,2 ц/га. Найбільш сприятливими для вирощування сої був 2015 рік, коли додатне відхилення від лінії тренду склало 7,2 ц/га. В інші роки погодні умови виявилися несприятливими, що виразилося в негативному відхиленню від -0,3 до -4,4 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування сої були 2001, 2007, 2012 та 2017 рр. саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 3,2; -3,8; -4,4 та -43,2 ц/га відповідно. Це свідчить про несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

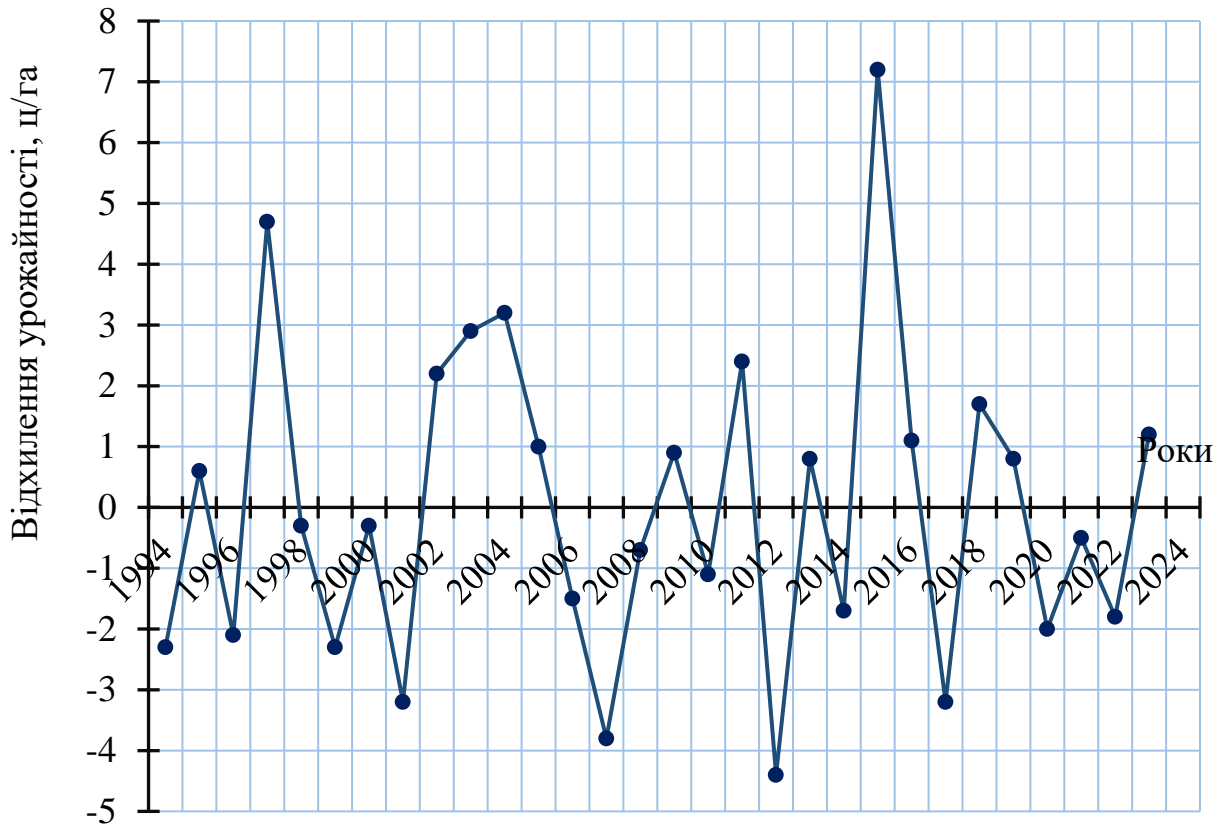


Рисунок 3.5 – Відхилення урожайності сої від лінії тренду в Дніпропетровській області

Таким чином, Дніпропетровську область можна віднести до території не стабільних урожаїв.

Для правильності вибору виду тренду була проведена її оцінка. Скористуємось критерієм серій, заснованих на медіані ε_{med} вибірки, для перевірки даної гіпотези.

«Для того щоб вхідний ряд представляв випадкову вибірку, протяжність $[K_m(n)]$ найдовшої серії (послідовність плюсів чи мінусів, отриманих шляхом зіставлення кожного члена ряду з медіаною) не повинна бути занадто великою, а загальне число серій $\nu(n)$ – занадто маленьким. Вибірка визнається випадковою, якщо виконується наступна нерівність (для 5%-ного рівня значущості):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (3.10)$$

де $K_m(n)$ – протяжність самої довгої серії; $V(n)$ – загальна кількість серій для кожного регіону.

Щоб одержати ліві частини нерівностей (3.10) з відхилень від тренда $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, створюємо для кожного з даних економічних районів варіаційний ряд, $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$, де $\varepsilon^{(1)}$ – найменше зі всіх відхилень, а ε_{med} – медіана цього варіаційного ряду. Далі одержуємо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i -му місці ($i = 1, 2, \dots, n$) ставиться знак плюс, якщо i -е спостереження в початковому ряду перевершує медіану, і знак мінус, якщо воно менше за медіану. Якщо i -е спостереження рівне медіані, воно знижується. Потім підраховуємо протяжність найдовшої серії $K_m(n)$ і загальне число серій $v(n)$ для кожного економічного району» [19].

Таблиця 3.2 - Оцінка правильності вибору тренду урожайності сої

Область	$K_{max}(n)$	$v(n)$	$3,3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1})$
Дніпропетровська	4	20	8,2	10,2

Аналіз табл. 3.2 показує, що обидві нерівності справедливі. В результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів тимчасового ряду урожайності від тренда.

На основі аналізу часових рядів урожайності сої в Дніпропетровській області за період 1994-2023 рр., була розрахована лінія тренда методом гармонійних зважувань і проведена оцінка правильності вибору виду тренду.

3.5 Ймовірнісна оцінка урожаїв сої

«Для повної оцінки урожайності будь-якої сільськогосподарської культури на будь-якій території недостатньо обмежуватися лише середніми показниками урожайності. Для аналізу просторово-часових закономірностей урожайності в агрометеорології широко застосовуються методи математичної статистики. Особливо важливим є не тільки визначення середніх значень, але й оцінка частоти повторюваності різних рівнів урожайності. З цією метою для виявлення просторово-часової мінливості широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва, який для подібних досліджень є ефективним» [18, 19].

Виходячи з теоретичних і практичних міркувань Алексєєв запропонував «для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

де $P_{(x_m)}$ - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають, $m = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення, n – число років або спостережень в ряді» [18, 19].

Вказаний метод ми застосовували для визначення міжрічної мінливості урожаю сої для Дніпропетровської області. Для аналізу використовувалися щорічні дані про врожайність за період з 1994 до 2023 року, результати цих розрахунків представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати ймовірнісних урожаїв сої в Дніпропетровській області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %	Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %
		У	У с.п. (ранж.ряд)				У	У с.п. (ранж.ряд)	
1994	1	6,7	21,3	2	2009	16	12,3	11,9	52
1995	2	10,1	19,1	6	2010	17	10,6	11,8	55
1996	3	7,5	17,3	9	2011	18	14,5	11,5	58
1997	4	14,6	17	12	2012	19	8,1	10,6	61
1998	5	9,5	16,6	16	2013	20	13,9	10,4	65
1999	6	7,5	15,7	19	2014	21	11,9	10,1	68
2000	7	9,4	15,6	22	2015	22	21,3	9,5	71
2001	8	6,7	14,7	25	2016	23	15,6	9,4	75
2002	9	12,3	14,6	29	2017	24	11,8	9,1	78
2003	10	13,2	14,5	32	2018	25	17,3	8,1	81
2004	11	13,6	13,9	35	2019	26	17,0	7,5	84
2005	12	11,5	13,6	39	2020	27	14,7	7,5	88
2006	13	9,1	13,2	42	2021	28	16,6	7	91
2007	14	7,0	12,3	45	2022	29	15,7	6,7	94
2008	15	10,4	12,3	48	2023	30	19,1	6,7	98
Середня урожайність: 12,3 ц/га									

За отриманими даними побудовано криву сумарної ймовірності можливих урожаїв сої стосовно середніх багаторічних значень урожайності (рис. 3.6).

Також, ми визначили особливості розподілу можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною.

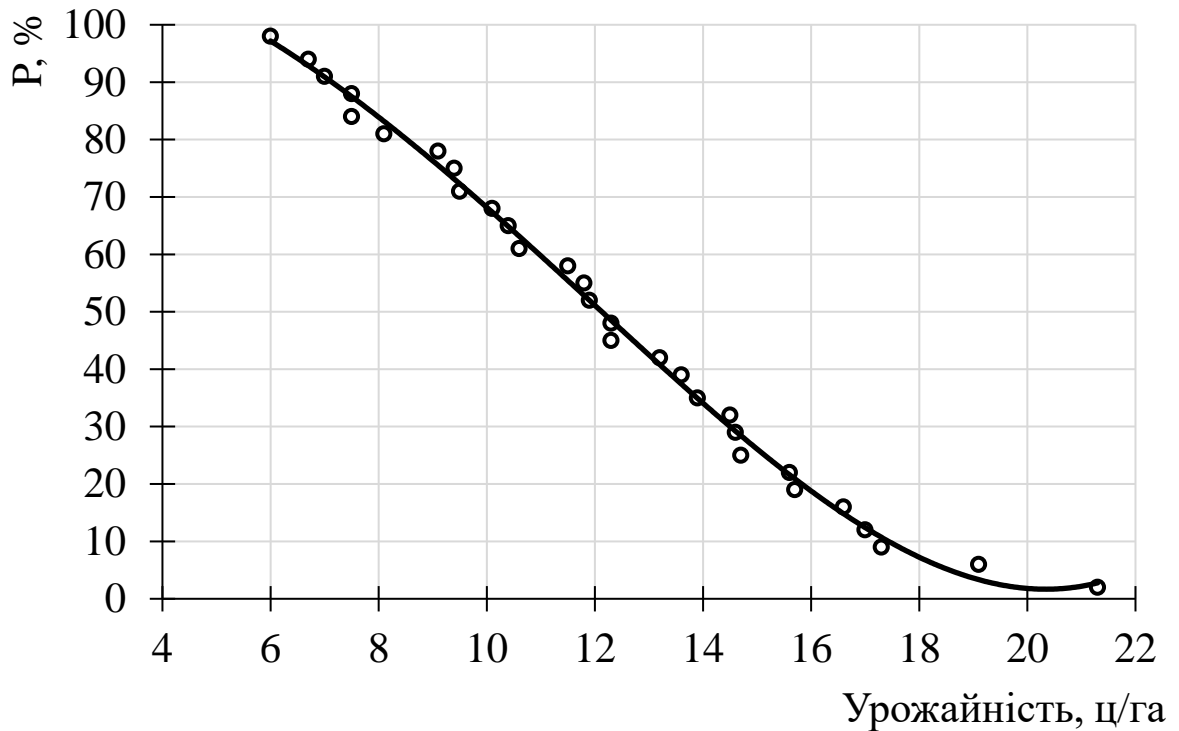


Рисунок 3.6 – Крива ймовірності урожаїв сої в Дніпропетровській області

Крива забезпеченості дає можливість зняти значення урожаю сої різної забезпеченості. Результати представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Забезпеченість урожаїв сої на території Дніпропетровської області

\bar{y} , ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
12,3	18	17,5	16	14,5	13	12	11	10	8,5	7	6

У Дніпропетровській області урожаї сої порядку 17,5 ц/га отримають з ймовірністю 10%, тобто раз в десять років, урожай порядку 10 ц/га отримають з ймовірністю 70 % (тобто 7 раз в десять років) і лише 6 ц/га можна отримати щорічно.

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЇЇ ПОСІВІВ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Сучасний стан досліджень впливу змін клімату

Глобальна зміна клімату – це один із найсерйозніших викликів, з яким зіткнулося людство за всю історію свого існування. Це проблема, яка вже впливає на наше сучасне життя і створює загрози для майбутніх поколінь. Кліматичні зміни стали очевидною реальністю: планета нагрівається швидше, ніж будь-коли за останні дві тисячі років, а кліматичні умови стають дедалі непередбачуванішими. Якщо найближчим часом не буде вжито заходів для зміни нинішніх тенденцій, до кінця століття глобальна температура може досягти критичних рівнів.

Багато науковців стверджують, що «основною причиною цих змін є діяльність людини. Забруднення атмосфери, вирубка лісів, надмірне використання природних ресурсів і вплив на екосистеми порушили природний кліматичний баланс. Відповідальність за ці процеси лежить на людстві, і лише спільними зусиллями можливо зменшити негативні наслідки, зберігши планету для майбутніх поколінь» [6, 11, 26].

Зміна клімату, у свою чергу, завдає суттєвої шкоди сільському господарству, зокрема знижуючи врожайність культур, погіршуючи кількість і якість харчових продуктів. Таким чином, існує тісний взаємозв'язок між сільським господарством і змінами клімату, який створює замкнене коло: діяльність людини у цій галузі впливає на клімат, а негативні кліматичні зміни, у свою чергу, ускладнюють умови для ведення аграрного виробництва. Це вимагає впровадження екологічно безпечних технологій і адаптаційних заходів для зменшення впливу на довкілля та пом'якшення наслідків кліматичних змін [22, 26].

Для дослідження змін клімату зазвичай використовуються кліматичні моделі, які є ключовими інструментами для прогнозування тривалості та інтенсивності кліматичних змін у майбутньому. Ці моделі мають різні рівні складності: від простих кліматичних моделей до моделей перехідної складності, повноцінних кліматичних моделей і комплексних моделей усієї кліматичної системи Землі [15, 30].

Такі моделі базуються на аналізі різноманітних сценаріїв змін антропогенних факторів і дозволяють розраховувати майбутні кліматичні режими. Вони дають можливість не лише оцінювати глобальні кліматичні зміни, але й детально аналізувати їх регіональні прояви, враховуючи специфіку певних територій.

Міжнародною Робочою групою міжнародних експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних сюжетних лінії для послідовного виявлення зв'язків між факторами викидів газів у атмосферу та їх розвитком. Кожна сюжетна лінія має декілька різних сценаріїв з використанням різних концепцій моделювання можливої зміни клімату. Ці сценарії уявляють собою прогнози можливого розвитку подій у майбутньому у зв'язку зі збільшенням викидів газів з парниковим ефектом.

В роботах дослідників зазначено «для прогнозування змін клімату за різними сценаріями використовуються різні моделі. У рамках проекту Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) Всесвітньої програми досліджень клімату (World Climate Research Programme), використовується оновлений набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Сценарії RCP ґрунтуються на комбінації комплексних оціночних моделей, простих кліматичних моделей та моделей атмосферної хімії і глобального вуглецевого циклу. В наукових дослідженнях вказано, що «розроблено чотири сценарії RCP. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5). Згідно RCP6.0 і

RCP8.5, радіаційний вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в RCP2.6 цей вплив досягає максимуму і потім знижується і в RCP4.5 він стабілізується до 2100 р» [11, 21, 30].

При виконання кваліфікаційної роботи, для визначення впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сої ми виконали порівняння даних за двома кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5. За базовий період були використані середньобогаторічні дані метеорологічних та агрометеорологічних показників за період 1981 – 2010 рр. Очікувані за сценаріями показники визначалися за період 2021 – 2050 рр. Він називається кліматичним або сценарним періодом.

4.2 Методика агрокліматичних оцінок формування врожаїв

На основі математичного моделювання була створена методика агрокліматичних оцінок формування врожаїв. Як теоретична основа для дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність сої була використана модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, розроблена А.М. Польовим, яка передбачає розрахунки агроекологічних категорій врожаїв сільськогосподарських культур. Польовий А.М. в своїх дослідженнях визначав, що «базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів, побудована на принципах максимальної продуктивності рослин і має блочну структуру (вхідної інформації, показників сонячної інформації, водного режиму, зрошення, родючості ґрунту, агроекологічних категорій, блок дозрівання зерна, яке проходить трьома етапами та блок узагальнюючих оціночних характеристик)» [20].

Не зупиняючись на допоміжних блоках, розглянемо розрахунок агроекологічних категорій урожайності. Було визначено «приріст потенційної урожайності за декаду визначається залежно від суми ФАР і

біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації.

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi ap}^j \cdot dv^j}{q}, \quad (4.1)$$

де $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.; η – КПД посівів, відн. од.; $Q_{\phi ap}$ – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см² доба; q – калорійність, кал/г; dv – кількість днів у розрахунковій декаді» [20].

«Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (4.2)$$

де $\frac{\Delta ММУ}{\Delta t}$ - приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; FTW_2 – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од» [20].

«Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту та внесенням мінеральних добрив.

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (4.3)$$

де $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$ - приріст дійсно можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; B_{nl} – бал ґрунтового бонітету, відн. од» [20].

«Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив.

$$\frac{\Delta UB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (4.4)$$

де $\frac{\Delta UB}{\Delta t}$ – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м²;

$k_{земл}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.; FWM_{ef} – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од» [20].

4.3 Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сої

В табл. 4.1 представлені результати визначення дат основних фаз розвитку сої за базовими та за сценарними даними.

Сівба сої за базовими даними починається у другій декаді квітня (18.04), за сценарними даними RCP4.5 та RCP8.5 сіяти сою будуть пізніше на 5 та 3 дні - відповідно 23 та 21 квітня.

Сходи за базовими даними з'являться 27 квітня, за умовами реалізації обох сценаріїв сходи очікуються трохи пізніше, так за сценарієм RCP4.5 через 4 дні, тобто 1 травня, а за сценарієм RCP8.5 через 1 день – 28 квітня.

Наступна фаза розвитку сої - 3-й лист. Настання цієї фази за базових умов в Дніпропетровській області спостерігається 6 травня, за сценарієм RCP4.5 дана фаза очікується 9 травня, тобто через 3 дні, а за сценарієм RCP8.5 очікується на 2 дні раніше, тобто 4 травня. Тривалість міжфазного періоду сходи -3-й лист становить: за базовим періодом 9 днів, за першим сценарним періодом – 9 днів і за другим сценарним періодом – 6 днів.

Утворення бічних пагонів сої спостерігається за базовим періодом через 17 днів після фази 3-го листа - 23 травня, за сценарієм RCP4.5 –

25 травня, тобто через 16 днів після фази 3-й лист і за сценарієм RCP8.5 – 21 травня, тобто через 17 днів після фази 3-го листа.

Таблиця 4.1 – Дати настання основних фаз розвитку сої в порівняння базових (1981-2010 рр) і сценарних дат (2021-2050 рр) у Дніпропетровській області

Період, сценарій	Сівба	Сходи	3-й лист	Утворення бічних пагонів	Цвітіння	Плодоутворення	Дозрівання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
За умов реалізації сценарію RCP4.5								
Базовий 1981-2010 рр.	18.04	27.04	6.05	23.05	15.06	25.06	18.08	122
Сценарний 2021-2050 рр.	23.04	1.05	9.05	25.05	18.06	28.06	20.08	119
<i>Різниця</i>	5	4	3	2	3	3	2	-3
За умов реалізації сценарію RCP8.5								
Базовий 1981-2010 рр.	18.04	27.04	6.05	23.05	15.06	25.06	18.08	122
Сценарний 2021-2050 рр.	21.04	28.04	4.05	21.05	11.06	20.06	10.08	111
<i>Різниця</i>	3	1	-2	-2	-4	-5	-10	-11

Наступна важлива фаза розвитку сої – цвітіння. Настання цієї фази за базовим варіантом спостерігається 15 червня. За першим сценарієм цвітіння очікується через 3 дні, тобто 18 червня, за другим сценарієм зсувається на 4 дні раніше за базовий – 11 червня. Тривалість міжфазного періоду утворення бічних пагонів-цвітіння становить за базовим 23 дні, за сценарієм RCP4.5 – 24 дні і за сценарієм RCP8.5 - 21 днів.

Плодоутворення сої спостерігається за базовими даними 25 червня, за умовами реалізації першого сценарію плодоутворення сої очікується 28 травня, за умовами другого сценарію зсувається на 45 дні раніше за базовий – 20 червня. Період цвітіння-плодоутворення вважається критичним по відношенню до вологи, якщо в даний період буде нестача води урожай сої буде значно знижений.

Останній міжфазний період, це плодоутворення-дозрівання. За базовим варіантом дозрівання сої настає 18 серпня, тобто через 54 дні після фази плодоутворення. За першим сценарієм RCP4.5 майже за два місяці очікується дозрівання, тобто 20 серпня. А за другим сценарієм RCP8.5 на території Дніпропетровської області дозрівання у сої очікується 10 серпня, що на 10 днів раніше у порівнянні з базовим періодом.

Тривалість всього вегетаційного періоду сої за базових умов становить 122 днів, за іншими сценаріями вегетаційний період зменшиться. Так за сценарієм RCP4.5 тривалість періоду складе 119 днів, за другим сценарієм RCP8.5 - 111 днів.

Агrometeorологічні умови є критично важливими для успішного вирощування сої, особливо в період сівби, який закладає основу для подальшого розвитку рослин. Основні фактори, що впливають на цей період, включають температуру, вологість ґрунту, кількість опадів, сума ФАР. Під впливом змін клімату агrometeorологічні умови сої зміняться.

В даній роботі розглядалися показники характеристик температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду сої: середні температури повітря за вегетаційний період, суми опадів за період вегетації, випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість за період вегетації.

В таблиці 4.2 представлені результати дослідження агрокліматичних умов вирощування сої в Дніпропетровській області за умов реалізації двох сценаріїв у порівнянні з базовими значеннями.

Таблиця 4.2 – Агрокліматичні умови вирощування сої за базовими даними (1981-2010 рр) та за сценаріями зміни клімату в Дніпропетровській області

Період, сценарій	Сходи	Дозрівання	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), %	Сума ФАР, кДж/см ² за період
Базовий період								
1981-2010 рр.	27.04	18.08	20,5	203	276	486	57	125,3
Сценарій RCP4.5								
2021–2050 рр.	1.05	20.08	20,6	156	255	576	44	142,3
Різниця	4	2	0,1	-47	-21	90	-13	17,0
Сценарій RCP8.5								
2021–2050 рр	28.04	10.08	21,8	148	205	545	38	143,2
Різниця	1	-8	1,3	-55	-71	59	-19	17,9

Тривалість періоду сходи-дозрівання за базовим (середньобагаторічними) даними становить 113 днів. У порівнянні з базовим періодом тривалість за сценарними варіантами зменшиться на 2 та 8 днів і становитиме 111 днів (сценарій RCP4.5), 105 днів (сценарій RCP8.5).

Середня температура повітря за період вегетації становить за базовим варіантом 20,5°C, за сценарними варіантами вона збільшиться. Так, за умов реалізації сценарії RCP4.5 середня температура збільшиться на 0,1°C становить 20,6°C, за умов реалізації сценарії RCP8.5 збільшиться на 1,3°C (21,8°C).

Прихід фотосинтетично-активної радіації (ФАР) за вегетаційний період сої за середніми багаторічними даними складає 125,3 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 очікується досить суттєве збільшення приходу ФАР до 143,3 кДж/см², тобто більше на 17 кДж/см². У відсотковому співвідношенні таке збільшення становить 13,6% від величини базового приходу ФАР. За умов реалізації сценарії RCP8.5 також очікується збільшення приходу ФАР до 143,1 кДж/см², тобто на 17,9 кДж/см² більш за базового періоду. У відсотковому співвідношенні таке збільшення становить 14,3% від величини базового приходу ФАР (табл. 4.2).

За середньобагаторічними даними у розглянутий період випадає 203 мм опадів. За сценарними періодами RCP4.5 та RCP8.5 очікується деяке зменшення опадів за вегетацію. Так протягом 2021-20225 сума опадів за перший сценарій становитиме 156 мм, що на 47 мм менше за базову і за другий сценарій становитиме 148 мм, що на 55 мм менше за базову.

Таке зменшення кількості опадів погіршить показники вологозабезпеченості сої. Базова величина сумарного випаровування сої становить 276 мм. Також за умов реалізації першого сценарію RCP4.5 спостерігається зменшення сумарного випаровування до 255 мм, що на 21 мм нижче базового. За сценарієм RCP8.5 сумарне випаровування зменшиться до 205 мм, що на 71 мм нижче базового періоду.

Випаровуваність в період сходи-дозрівання сої за середньобагаторічних даних становить 486 мм. За сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 збільшиться до 576 та 545 мм, тобто на 90 та 59 мм більше базового періоду відповідно.

Також був розглянутий показник вологозабезпеченість вегетаційного періоду сої. Це відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

Відносна вологозабезпеченість сої на території Дніпропетровської області за базовий період становить 57 %, за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 вологозабезпеченість суттєво зменшиться і становитиме 44 та 38 %, що зменшиться на 13 та 19 % від базового періоду.

Таким чином, як можна бачити, температурні умови вегетаційного періоду сої за умов реалізації всіх двох досліджених сценаріїв RCP зміняться не більше ніж на 1,3°C. Таким чином, вегетація буде проходити в температурних умовах, що близькі до середньобагаторічних даних.

4.4 Вплив змін клімату на продуктивність посівів сої

Зміни агрокліматичних умов вирощування сої в зв'язку з очікуваними змінами клімату у Дніпропетровській області зумовлять і зміни показників фотосинтетичної продуктивності посівів сої. Зміняться динаміка формування площі листової поверхні та величини фотосинтетичного потенціалу посівів (ФСП), чистої продуктивності фотосинтезу та приростів біомаси.

Зміна цих складових формування урожаю призведе до зміни величини загальної сухої біомаси урожаїв сої різних агроекологічних категорій: потенційного (ПУ), метеорологічно-можливого (ММУ), дійсно можливого (ДМУ) та урожаю бобів сої у виробництві (УВ).

Розглянемо, як зміниться декадний хід ФАР на протязі періоду вегетації сої (рис. 4.1).

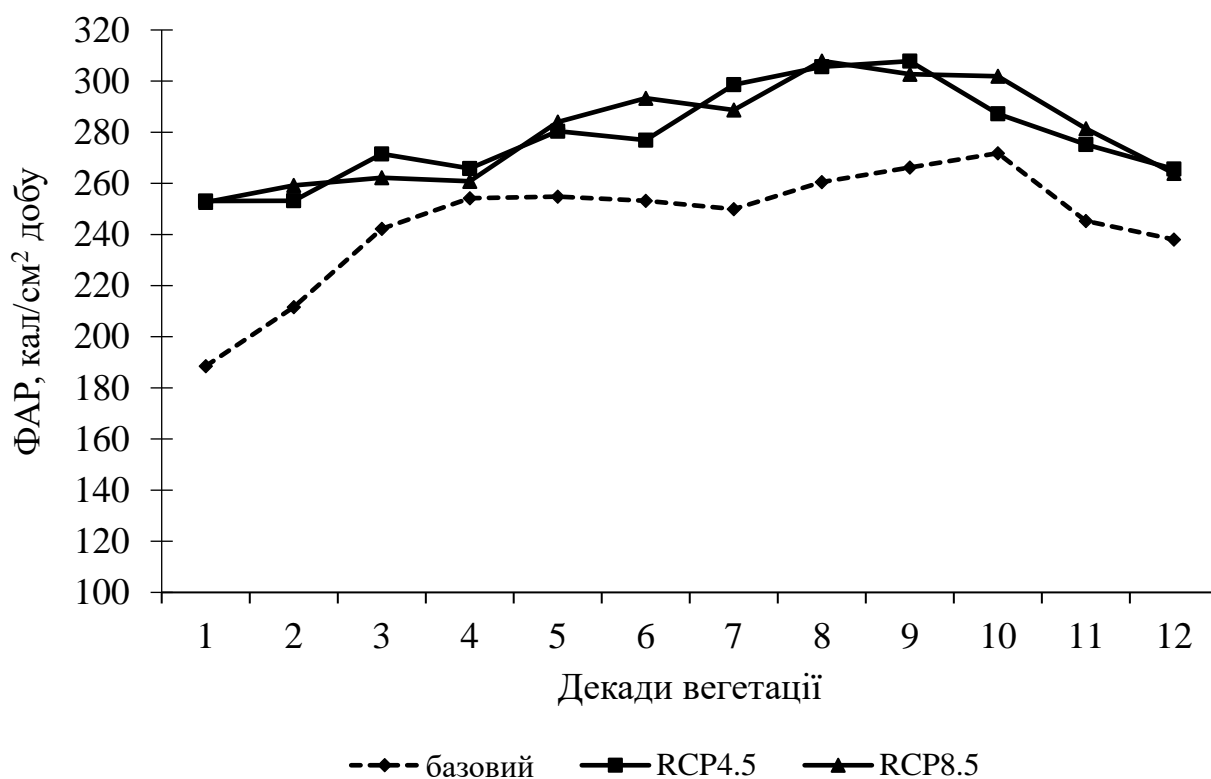


Рисунок 4.1 - Декадний хід ФАР сої за вегетаційний період в порівнянні середньобогаторічних (1981-2010 рр) та сценарних розрахункових даних (2021-2050 рр) в Дніпропетровській області

За середньобогаторічними даними (1981-2010 рр) максимальне значення надходження ФАР припадає на десяту декаду вегетації, тобто на кінець липня та складає 271,8 кал/см² добу.

За сценарним періодом RCP4.5 максимальні значення приходу ФАР очікуються в дев'яту декаду (друга декада липня) і складатимуть 307,8 кал/см² добу, за другим сценарним періодом RCP8.5 очікується у восьму декаду вегетації, тобто у першу декаду липня і складатимуть 307,9 кал/см² добу.

Оскільки саме потенційний урожай (ПУ) будь-якої сільськогосподарської культури визначається величиною ФАР, збільшення приходу ФАР, яке очікується за усіма сценарними варіантами, обумовить

відповідне збільшення величин ПУ загальної сухої біомаси посівів сої (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Формування урожаю сої за середньобогаторічними даними (1981-2010 рр) та за сценаріями зміни клімату (2021-2050 рр) на території Дніпропетровської області

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ²			Фотосин- тетичний потенціал, м ² /м ² за період	Урожай бобів сої при вологості 14 %, ц/га
	потенційного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю		
За умов реалізації сценарію RCP4.5					
Базовий період 1981-2010 рр.	1993	1057	664	252	30,3
Сценарний 2021–2050 рр	2276	1042	651	245	29,9
Різниця	283	-15	-13	-7	-0,4
За умов реалізації сценарію RCP8.5					
Базовий період 1981-2010 рр.	1993	1057	664	252	30,3
Сценарний 2021–2050 рр	2286	1040	649	233	29,1
Різниця	293	-17	-15	-19	-1,2

При середньобогаторічних даних потенційний урожай складає 1993 г/м², в той час за першим сценарним періодом RCP4.5 очікується збільшення ПУ на 283 г/м² – до 2276 г/м². За умовами реалізації другого сценарію RCP8.5 очікується суттєво збільшення потенційного урожаю сої, він збільшиться на 293 ц/га і складатиме 2286 г/м².

На рисунку 4.2 представлена динаміка площі листя у Дніпропетровській області в умовах зміни клімату за двома сценаріями RCP в порівнянні з базовим періодом (1981-2010 рр).

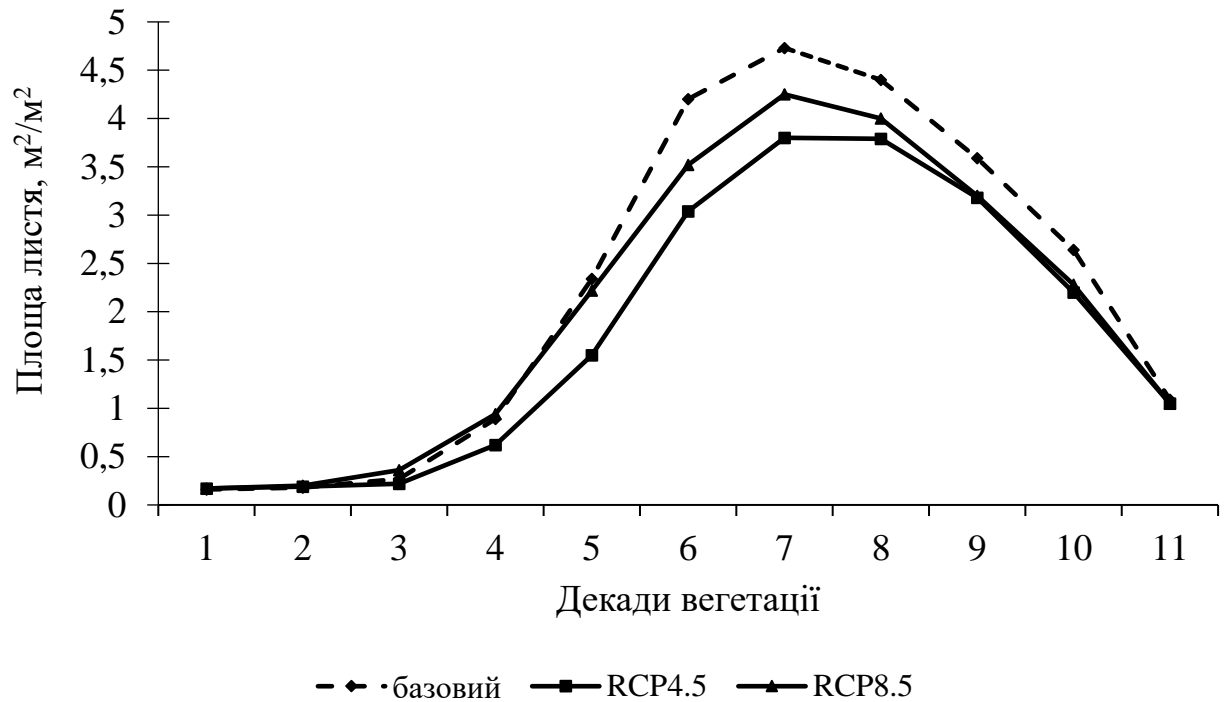


Рисунок 4.2 - Динаміка площі листя сої за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Дніпропетровській області

Динаміка площі за сценарними даними буде подібною до базової, але значення листової поверхні будуть дещо іншими. У період максимального розвитку сої (фаза плодоутворення) за умов середньобагаторічних показників площа листя досягатиме таких величин – $4,73 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у сьому декаду вегетації (тобто 3 декада червня). Для періоду 2021-2050 рр. найбільша площа листя сої очікується за сценарієм RCP8.5 і становитиме $4,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найменша площа листя буде за другим сценарним періодом RCP4.5, але вона буде також більше за базовим періодом і становитиме $3,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Як видно з табл. 4.3, значення фотосинтетичного потенціалу посів сої за період вегетації за середньобагаторічними даними становить $252 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За першим сценарним періодом RCP4.5 він буде на $7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ менше ніж за базовим періодом і становитиме $245 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За другим сценарним періодом RCP8.5 фотосинтетичний потенціал буде суттєво меншим на $19 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і становитиме $233 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

У зв'язку зі зниженням вологозабезпеченості посівів сої в 2021-20250 рр. за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 обумовлює зниження рівня метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) загальної сухої маси. Так за першим сценарієм очікується значення ММУ до 1042 г/м^2 , що на 15 г/м^2 нижче за базовим періодом. Так за другим сценарієм очікується значення ММУ до 1040 г/м^2 , що на 17 г/м^2 нижче за базовим періодом.

За середньобагаторічним періодом з урахуванням природної родючості ґрунту рівень дійсно можливого урожаю всієї сухої маси сої (ДМУ) становить 664 г/м^2 . За сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 він складатиме $651\text{-}649 \text{ г/м}^2$, що на $13\text{-}15 \text{ г/м}^2$ менше за базовий.

Урожай бобів сої при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах у Дніпропетровській області становить $30,3 \text{ ц/га}$. При реалізації всіх сценаріїв він буде дещо менше за базовий. Причому це зменшення буде не дуже суттєвим для сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 – урожаї становитимуть $29,9$ та $29,1 \text{ ц/га}$ відповідно, що на $0,4$ та $1,2 \text{ ц/га}$ менше за базовий відповідно. Тобто можна сказати, що сценарні урожаї практично дорівнюють базовому.

Таким чином, агрокліматичні умови Дніпропетровської області підходять для вирощування сої, але для сталих і високих врожаїв сої необхідно вирощувати при зрошенні.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Вивчені природні умови та ресурсний потенціал Дніпропетровської області.

2. Вивчені основні морфологічні та агроекологічні особливості сої. Наведена характеристика сучасних сортів сої, які районовані в Україні та в Дніпропетровській області, а також досліджені сучасні зміни в технології вирощування сої.

3. Проведено дослідження виробництва сої на території України за 2000 рік та за період з 2005 по 2023 рр.

Лідерами за обсягом посівних площ, у 2023 році стали: Полтавська (214,3 тис. га), Хмельницька (210,6 тис. га), Житомирська (147,4 тис. га), Вінницька (139,9 тис. га), Київська (138,7 тис. га) та Сумська (136,9 тис. га) області. Найменші площі посівів сої зафіксовані у Дніпропетровській (6,9 тис. га), Одеській (6,7 тис. га), Миколаївській (6,4 тис. га) та Запорізькій (лише 0,2 тис. га) областях.

Лідерами по урожайності сої стали Івано-Франківська (33,7 ц/га), Львівська (31,7 ц/га), Тернопільська (30,1 ц/га), Закарпатська (29,3 ц/га) та Сумська (28,8 ц/га) області. Найнижчі врожаї сої зібрано в Миколаївській (14,7 ц/га), Запорізькій (20,1 ц/га) областях.

За обсягами виробництва у лідерах стали такі області: Полтавська, Хмельницька, Рівненська, Львівська, Київська, Вінницька, Житомирська, Сумська та Тернопільська області.

4. Проаналізовані часові ряди урожайності сої на території Дніпропетровській області за період з 1994 по 2023 рр. за допомогою методу гармонійних зважувань. Протягом періоду досліджень відбувалося суттєве зростання виробничої урожайності. За досліджуваний період середня

урожайність сої склала 12,3 ц/га. Найбільший урожай сої був зібраний в 2015 році і становив 21,3 ц/га, найменший у 1994 році - 6,7 ц/га.

5. Проведено аналіз відхилень від тренду, який показав, що найбільш сприятливим для вирощування сої був 2015 рік, коли додатне відхилення від лінії тренду склало 7,2 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування сої були 2001, 2007, 2012 та 2017 рр. саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 3,2; -3,8; -4,4 та -43,2 ц/га відповідно. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

5. Оцінка вибору тренду показала, що Дніпропетровська область належить до зон із відносно стабільними врожайми сої.

6. Проведено ймовірну оцінку урожайності сої, яка показала, що урожай сої порядку 17,5 ц/га отримують з ймовірністю 10%, тобто раз в десять років, урожай порядку 10 ц/га отримують з ймовірністю 70 % (тобто 7 раз в десять років) і лише 6 ц/га можна отримати щорічно.

7. Проведена порівняльна оцінка дат настання фаз розвитку сої за середніми багаторічними даними (базовими) та за умовами сценарних змін RCP4.5 та RCP8.5. За сценарними умовами очікується скорочення проходження соєю міжфазних періодів, відповідно й скорочення періоду вегетації на 3 та 11 днів відповідно.

8. Аналіз агрокліматичних умов вирощування сої в Дніпропетровській області за умов реалізації двох сценаріїв у порівнянні з базовими значеннями показав, що тривалість періоду сходи-дозрівання за базовим періодом становить 113 днів. За сценарними даними RCP4.5 та RCP8.5 – 111 та 105 днів відповідно.

Прихід ФАР за вегетаційний період сої за базовим періодом складає 125,3 кДж/см². За сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 очікується досить суттєве збільшення приходу ФАР - 143,3 та 143,1 кДж/см² відповідно. У відсотковому співвідношенні таке збільшення становить 13,6 та 14,3% від величини базового приходу ФАР відповідно.

В цілому, можна зазначити, що за період 2021–2050 рр. на території Дніпропетровської області умови теплозабезпечення вегетаційного періоду сої залишаться майже незмінними і посіви даної культури будуть забезпечені теплом повністю.

Проведено аналіз вологозабезпеченості сої. Так за базовий період випадає 203 мм опадів. За сценарними даними RCP4.5 та RCP8.5 очікується деяке зменшення опадів за вегетацію - 156 та 148 мм відповідно.

Проведено аналіз сумарного випаровування, випаровуваності та вологозабезпеченості. Зміни показників зволоження вегетаційного періоду сої на території Дніпропетровської області будуть дуже суттєвими, тому величини вологозабезпеченості, що очікуються, будуть набагато менше за базове значення, яке також не є високим.

9. Проведено аналіз впливу агрокліматичних умов на продуктивність сої. Аналіз змін клімату здійснювався шляхом порівняння даних кліматичних сценарних даних RCP4.5 та RCP8.5 із середньобогаторічними значеннями. У дослідженні застосовувалась базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів для визначення продуктивності сільськогосподарських культур, розроблена А.М. Польовим.

Найвищі значення ФАР за базовим періодом (1981-2010 рр) припадає на десяту декаду вегетації і становить 271,8 кал/см² добу. За першим сценарним періодом RCP4.5 максимальні значення спостерігаються в 9 декаду і складатимуть 307,8 271,8 кал/см² добу, за другим RCP8.5 - в 8 декаду і складатимуть 271,8 кал/см² добу.

Потенційний урожай (ПУ) за середньобогаторічними даними складає 1993 г/м², за сценарієм RCP4.5 ПУ збільшиться до 2276 г/м², за сценарієм RCP8.5 також збільшиться до 2286 г/м².

Динаміка площі за сценарними даними буде подібною до базової, але значення LL будуть дещо іншими. У період максимального розвитку сої за базовим періодом площа листя досягатиме – 4,73 м²/м², для першого

сценарного періоду - $4,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за другим сценарієм зменшиться суттєво до $3,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Проведено аналіз фотосинтетичного потенціалу (ФП) посів сої за період вегетації, так за базовий період становить $252 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За сценарними періодами RCP4.5 та RCP8.5 він буде менше ніж за базовим періодом і становитиме 245 та $19 \text{ м}^2/\text{м}^2$ відповідно.

У зв'язку зі зниженням вологозабезпеченості посівів сої у 2021-20250 рр. за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 спостерігається зниження рівня ММУ загальної сухої маси. Так за першим сценарієм очікується ММУ - $1042 \text{ г}/\text{м}^2$, що на $15 \text{ г}/\text{м}^2$ нижче за базовим періодом, за другим сценарієм - $1040 \text{ г}/\text{м}^2$, що на $17 \text{ г}/\text{м}^2$ нижче базового періоду.

Дійсно можливий урожай за базовий період становить $664 \text{ г}/\text{м}^2$. За сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 буде нижче і складатиме 651-649 $\text{ г}/\text{м}^2$, що на 13-15 $\text{ г}/\text{м}^2$ менше за базовий відповідно.

Урожай бобів сої при 14%-й вологості при базових значень за період 1981-2010 рр. становить 30,3 ц/га. При реалізації всіх сценаріїв урожай бобів буде нижче за базовим. Так для сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 – урожаї становитимуть 29,9 та 29,1 ц/га відповідно, що на 0,4 та 1,2 ц/га менше за базовий відповідно. Тобто можна сказати, що сценарні урожаї практично дорівнюють базовому.

Отже, з виконаного дослідження, на території Дніпропетровської області в умовах зміни клімату очікуються задовільні умови для вирощування сої. Значне підвищення температури повітря на фоні незначного збільшення кількості опадів призведе до значного зменшення урожаю сої. Агрокліматичні умови Дніпропетровської області підходять для вирощування сої, для отримання високих та сталих врожаїв сої, потрібно вирощувати при зрошенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області: (1986–2005 рр). М-во надзвичайних ситуацій України / за ред. О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко та ін . Дніпро, 2010. 170 с.
2. Агрометеорологічні прогнози: навчальний посібник / Польовий А.М., Божко Л.Ю., Шебанін В.С., Новіков О.Є., Федорчук М.І., Коваленко О.А., Федорчук В.Г. / Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2019. 382 с.
3. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 432 с.
4. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Селекція і виробництво сої в Україні. Вінниця. 2008. 215 с.
5. Бабич А.О. Нові сорти сої і перспективи виробництва їх в Україні. *Пропозиція*. 2007. № 4. С. 46-49.
6. Глобальні зміни клімату: економіко-правові механізми імплементації Кіотського протоколу в Україні / В.Я. Шевчук, Н.П. Іваненко, С.Х. Кубланов та ін. Київ : Геопринт, 2005. 150 с.
7. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 597 с.
8. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. [Електронний ресурс]: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 4.11.2023 р.)
9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні / Український інститут експертизи сортів рослин. [Електронний ресурс]: <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr> (дата звернення 12.12.2023)

10. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Гресь С.А. Значення погодно-кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. Корми і кормовиробництво. 2004. Вип. 53. С. 38-48.
11. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.
12. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Рослинництво : навчальний посібник. 2 частина. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 284 с.
13. Огурцов Є.М., Міхєєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України. Харків: ХНАУ, 2016. 272 с.
14. Основні фази розвитку сої. [Електронний ресурс]: <https://agroperspectiva.com.ua/uk/osnovni-fazy-vehetatsiyi-soyi> (дата звернення 22.11.2023)
15. Паризька угода. [Електронний ресурс]: <http://zakon0.rada.gov.ua> (дата звернення 12.02.2024)
16. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посібник. Львів: НВФ Українські технології, 2014. 1040 с.
17. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іванюк С.В. та ін. Соя: монографія. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с
18. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 400 с.
19. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса, 2012. 629 с.
20. Польовий А.М. Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. Одеса, 2004. Вип. 48. С. 195-205.

21. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вегетаційного періоду основних сільськогосподарських культур. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса. 2017. №20. С. 61-70.

22. Прокопенко К.О., Удова Л.О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка сільського господарства*. 2017. № 1. С. 92-107.

23. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Дніпропетровській області за 2015 рік. Дніпропетровськ, 2016 255 с. [Електронний ресурс]: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/ekodopovid2015.pdf> (дата звернення 2.11.2023)

24. Соя: монографія / В.В. Кириченко та ін. НААН. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2016. 400 с.

25. Сучасні технології вирощування сої. *Агроном*, 2022. [Електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/suchasni-zminy-v-tehnologiyi-vyroshhuvannya-soyi> (дата звернення 12.02.2024)

26. Удова Л.О., Прокопенко К.О., Дідковська Л.І. Вплив зміни клімату на розвиток аграрного виробництва. *Економіка і прогнозування*. 2014. № 3. С. 107-120.

27. Шепілова Т.П., Курцев В.О. Вплив мікродобрив на продуктивність рослин сої. *Корми і кормовиробництво*. 2010. №66. С. 115–119.

28. Ямковський В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 66–70.

29. Dencescu S., Micles E., Butica A. Cultura soia. București. Ed. Ceres, 1982. Pp. 97-102.

30. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1585 p. [Електронний ресурс]: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата звернення 12.02.2024)

31. Penalba O.C., Bettolli M.L., Vargas W.M. The impact of climate variability on soybean yields in Argentina. Multivariate regression. *Meteorol. Appl.* 2007, 14, 3-14.

32. Wenbo Zhu., Jiasheng Li, Tingyu Xie Impact of climate change on soybean production: Research progress and response strategies. *Advances in Resources Research*. 2024. Vol. 4, No. 3. Pp. 474-496.

33. Sonntag N.O. The Future of Soybean Utilization: Growth Potential in Industrial Uses. Soybean Utilization Alternatives. *Symposium*. USA: University of Minnesota, 1988. P. 399-406.