

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та агроекології

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: Агроекологічні умови формування продуктивності сої на
Півдні України

Виконала студентка 3 року заочної форми
навчання, групи АЕ-3 (інтегровані)
Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія,
охорона навколишнього середовища та
збалансоване природокористування
(Агроекологія)

(шифр і назва напрямку підготовки)

Стецюра Тетяна Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.

Толмачова Алла Вікторівна

Консультант _____ - _____

Рецензент к.геогр.н., доцент

Волошина Олена Вікторівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти

Кафедра агрометеорології та агроекології

Рівень вищої освіти бакалавр

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Агроекологія)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 20 » квітня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Стецюрі Тетяні Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Агроекологічні умови формування продуктивності сої на Півдні України

керівник роботи Толмачова Алла Вікторівна, к.геогр.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 23 » березня 2020 року № 35 - С

2. Строк подання студентом роботи 1 червня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали середньобагаторічних, агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за соєю в Миколаївській області; Дані про щорічну середньообласну урожайність сої по Миколаївській області за період 1990 по 2019 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості території Миколаївської області; 2. Вивчити ботанічну характеристику та біоекологічні особливості сої та її вимоги до погодних умов; 3. За методом гармонійних вагів провести аналіз динаміки урожайності сої; 4. Вивчити методику моделювання формування продуктивності сої; 5. Проаналізувати рівень потенційного урожаю прирізних значеннях коефіцієнтів корисної дії (ККД); 6. Дати оцінку агроекологічним категоріям урожайності сої у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Миколаївської області.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Динаміка урожайності сої та лінія тренду; графік відхилень від лінії тренду; графіки динаміки потенційного урожаю сої при різних значеннях ККД; графіки динаміки середньо декадних приростів агроекологічних категорій урожайності сої в умовах Миколаївської області.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2020 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою бакалаврської кваліфікаційної роботи.	20.04.2020 р. - 24.04.2020 р.	90	5 (відмінно)
2.	Написання першого та другого розділів роботи.	25.04.2020 р. - 03.05.2020 р.	90	5 (відмінно)
3.	Розрахунки та аналіз динаміки урожайності сої за методом гармонійних зважувань. Оформлення текстової частини третього розділу кваліфікаційної роботи.	04.05.2020 р. - 10.05.2020 р.	90	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	11.05.2020 р. 16.05.2020 р.	90	5 (відмінно)
4.	Розрахунки та аналіз приростів агроекологічних категорій урожайності сої та аналіз рівня потенційного урожаю сої прирізних значеннях ККД.	17.05.2020 р. - 22.05.2020 р.	90	5 (відмінно)
5.	Оформлення четвертого розділу роботи. Написання висновків.	23.05.2020 р. - 28.05.2020 р.	90	5 (відмінно)
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	29.05.2020 р. - 01.06.2020 р.	90	5 (відмінно)
	Презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	90,0	-

Студентка _____ Стецюра Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ Толмачова А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Стецюра Т.М. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Агроекологічні умови формування продуктивності сої на Півдні України»

Актуальність – Серед польових культур світового рослинництва соя займає особливе положення. Це культурна рослина являє собою істинний дар природи, так як зерно сої має унікальний хімічний склад: в ньому міститься 35-45% білка, 19-25% – жиру, 20-30% екстрактивних речовин, 4,5–6,8% – зольних елементів заліза, фосфору, кальцію, вітаміни А1, В1, В2, В3, В6, Е, К, РР, фолієва кислота, інозит, багато ферментів, тобто – всі життєво важливі для людини і тварини речовини. Посівні площі під цією культурою з кожним роком збільшуються. Так, за останні 10 років валовий збір сої в Україні збільшився з 722,6 до 3758,1 тис. тон, а урожайність - з 12,4 до 30 ц /га. За даними Міністерства аграрної політики і продовольства України в 2019 році середня посівна площа становила 1616,2 тис/га, середня урожайність – 22,9 ц/га

Метою роботи є оцінка агроекологічних умов формування продуктивності сої на Півдні України на прикладі Миколаївської області.

Основні задачі:

- провести розрахунки та аналіз динаміки урожайності сої в умовах Миколаївської області;
- провести розрахунки та оцінити рівень потенційного урожаю при різних значеннях коефіцієнтів корисної дії (ККД);
- провести та оцінити рівні агроекологічних категорій урожайності сої у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Миколаївської області.

Об'єкт дослідження. Агроекологічні умови вирощування сої в Миколаївській області.

Предмет досліджень. Вплив агроекологічних умов на формування урожайності сої на території Миколаївської області.

Методи дослідження. Робота виконувалась на підставі комплексного підходу з використанням методу гармонійних зважувань та апарату математичного моделювання формування урожайності сої.

Для виконання розрахунків були використані метеорологічні та фенологічні дані середньобогаторічних спостережень за соєю на території Миколаївської області та середньообласна урожайність сої за 30 років.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи викладений на 60 сторінках, містить 4 таблиці та 6 рисунків. Список використаної літератури містить 32 найменувань на 3 сторінках.

Ключові слова: соя, урожай бобів, тренд, коефіцієнт корисної дії, прирости агроекологічних категорій урожайності, потенційний урожай.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Фізико-географічне положення Миколаївської області.....	9
1.2 Рельєф і гідрографічна характеристика.....	9
1.3 Кліматичні та агрокліматичні умови.....	11
1.4 Ґрунти та рослинність	13
2 БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СОЇ	15
2.1 Коротка ботанічна характеристика культури сої.....	15
2.2 Етапи органогенезу сої.....	19
2.3 Відношення сої до екологічних умов.....	20
2.3.1 Вимоги сої до тепла та до світла.....	20
2.3.2 Вимоги сої до вологи.....	22
2.3.3 Вимоги сої до ґрунтів та особливості мінерального живлення.....	23
2.4 Шкідники і хвороби сої.....	25
2.5 Характеристика сортів сої в Україні.....	27
2.6 Особливості технології вирощування сої та її збирання	30
3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	34
3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур.....	34
3.2 Дослідження динаміки урожайності сої в Миколаївській області.....	38
4 АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ НА ПВДНІ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ).....	43
4.1 Концепція моделювання.....	43

4.2 Оцінка приростів агроекологічних категорій урожайності сої в Миколаївській області	46
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58

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.

Зерно сої має унікальний хімічний склад: в ньому міститься 35-45% білка, 19-25% – жиру, 20-30% екстрактивних речовин, 4,5–6,8% – зольних елементів заліза, фосфору, кальцію, вітаміни А1, В1, В2, В3, В6, Е, К, РР, фолієва кислота, інозит, багато ферментів, тобто – всі життєво важливі для людини і тварини речовини. Зерно сої можна використовувати для кормових, продовольчих та технічних цілей. З насіння сої виготовляють соуси, молоко, сир, котлети, кондитерські вироби, ковбаси, харчове борошно, сурогати кави та ін. У світовому землеробстві соя – провідна культура і за площами посіву займає четверте місце, поступаючись лише пшениці, рису і кукурудзі [20, 25].

Соя – важлива технічна культура. Вона займає перше місце у світовому виробництві харчової рослинної олії. Як кормову культуру сою використовують на зелений корм, сінаж, для виробництва трав'яного

борошна, на силос (в сумішах з кукурудзою), монокорм. Соя збагачує ґрунт на азот, тому, як і інші бобові культури, є цінним попередником для різних сільськогосподарських культур.

В Україні відмічається підвищений інтерес до цієї культури і явно намітилась тенденція до збільшення її виробництва. А це, в свою чергу, вимагає створення і впровадження у виробництво нових більш урожайних сортів, стійких до екстремальних факторів довкілля і придатних до вирощування за інтенсивними технологіями. При цьому велике значення приділяється скоростиглим сортам, які дозволяють значно розширити ареал цієї культури і вирощувати її практично в усіх регіонах [2, 3].

Посівні площі під цією культурою з кожним роком збільшуються. Так, за останні 10 років валовий збір сої в Україні збільшився з 722,6 до 3758,1 тис. тон, а урожайність - з 12,4 до 30 ц /га. За даними Міністерства аграрної політики і продовольства України в 2019 році середня посівна площа становила 1616,2 тис/га, середня урожайність – 22,9 ц/га [30].

Метою роботи є оцінка агроекологічних умов формування продуктивності сої на Півдні України на прикладі Миколаївської області.

Основні задачі: вивчення фізико-географічних та агрокліматичних особливостей території Миколаївської області; вивчити ботанічну характеристику та біоекологічні особливості сої та її вимоги до погодних умов; вивчити методіку гармонійних зважувань та проаналізувати динаміку урожайності сої; проаналізувати рівень потенційного урожаю при різних значеннях коефіцієнтів корисної дії (ККД); дати оцінку агроекологічним категоріям урожайності сої у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Миколаївської області.

Об'єкт дослідження. Агроекологічні умови вирощування сої в Миколаївській області.

Предмет досліджень. Вплив агроекологічних умов на формування урожайності сої на території Миколаївської області.

Методи дослідження. Робота виконувалась на підставі комплексного підходу з використанням методу гармонійних зважувань та апарату математичного моделювання формування урожайності сої.

Для виконання роботи були використані метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за соєю на території Миколаївської області. Також використовувались дані про середньообласну урожайність сої за 1990-2019 рр. [1, 30, 32].

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Фізико-географічне положення Миколаївської області

Миколаївська область розташована на півдні України, у степовій фізико-географічній зоні, переважно в межах Причорноморської низовини. Територія області становить 24,6 тис.кв.км. (4,1 % території України), протяжність із півночі на південь 194, із заходу на схід – 204 кілометрів.

Площа області дорівнює 24,6 тис. км², що становить 4,6 % території України. Щодо розмірів території Миколаївська область займає 14 місце серед областей України.

Миколаївська область межує на південному заході і заході з Одеською областю, на півночі – з Кіровоградською, на сході і південному сході – з Дніпропетровською і Херсонською областями, а на півдні омивається водами Чорного моря [1].

1.2 Рельєф і гідрографічна характеристика

Докембрійським фундаментом території Миколаївської області є Український кристалічний щит (великий виступ Руської платформи) і Причорноморська тектонічна западина (частина Руської платформи, що опустилась). Український кристалічний щит – головний елемент в геологічній структурі України, який простягається з північного заходу (Рівненська і Житомирська області) на південний схід близько 1000 км у довжину і від 100 до 200 км у ширину через центральну частину України і майже досягає Азовського моря.

У північній частині області Український кристалічний щит доходить по Бугу до Вознесенська.

Щит складається з твердих докембрійських порід (гранітів, гнейсів, кварцитів і ін.). Протягом мільйонів років на цій території була суша, і тільки окремі частини щита на окраїнах вкривали неглибокі моря. Південна частина щита, що заходить на територію області, теж була затоплена морем, про що свідчать відкладення крейдяного, палеогенового і неогенового періодів.

Велика порізаність рельєфу і щільність річкової мережі на Придніпровській височині пояснюються тим, що ця територія раніше від південної частини стала сушею, бо Понтичне море заливало тільки Причорноморську западину. Зовнішні сили природи почали свою роботу на півночі раніше, ніж на півдні, та й опадів у підвищеній північній частині випадало (і випадає) більше, ніж на півдні.

На півдні Причорноморської низовини суша поступово опускалась (і опускається досі). В результаті опускання суші і підняття рівня Чорного моря та з'єднання його з Середземним морем в недавню геологічну епоху гирлові річкові долини залило море (морська інгресія) і утворилися сучасні причорноморські лимани. В межах Причорноморської низовини найбільш поширені четвертинні відкладення. Вони вкривають всю поверхню Миколаївської області і представлені червоно-бурими глинами, лесовидними суглинками, що лежать на понті, алювіальними морськими і дюнними еоловими відкладеннями.

На території Миколаївської області в багатьох районах, особливо на півночі, водними потоками розмило гірські породи і утворились, переважно біля річок, яри та балки.

На північному заході і півночі області поверхня порізана багатьма ярами, великими і малими балками з пологими схилами. Територія області має загальний похил з північного заходу на південний схід, а також до долини Південного Бугу. На півночі області найбільші висоти досягають до 240 м, а на крайньому півдні вони не перевищують 20–40 м.

На півдні, приблизно від лінії с. Мостового на заході і від Нового Буга на сході, поверхня менш розчленована, кількість балок і їх величина

зменшуються, поверхня стає більш рівнинною і, нарешті, переходить у горизонтальну рівнину – степ.

Рівнинність рельєфу сприяє кращому обробітку поверхні ґрунту під час весняних польових робіт та збереженню вологи в ньому. При рівнинному рельєфі ерозійні процеси відбуваються повільніше, ніж при гористому.

По території області протікають 110 великих, середніх та малих річок загальною довжиною 34380 км. Серед них р. Південний Буг (257 км в межах області), її притоки – середні річки: Інгул (179 км), Чичикля (86 км), Кодима (59 км), Чорний Ташлик (41 км), Синюха (24 км), а також середні річки басейну р. Дніпро : Інгулець (96 км) з притокою Висунь (195 км). В області нараховується 18 озер, їх загальна площа становить 11,6 км². Площі, зайняті водними об'єктами, становлять 150,5 тис. га (6,1 % території області).

В області побудовано 45 водосховищ і 933 ставків загальною площею 15,8 тис. га, серед водосховищ найбільші Ташлицьке, Софіївське, Октябрьське, Олександрівське, Щербанівське, Степовське, Катеринівське [1].

1.3 Кліматичні та агрокліматичні умови

Клімат Миколаївської області помірно-континентальний. Зима малосніжна, порівняно тепла, а літо спекотне, з частими суховіями. Середня температура повітря за рік по області становить 9,3-10,4 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 1,3-2,7 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 21,9-23,4 °С.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°С і вище) триває 232-235 днів, починається в середньому по області 21-22 березня і закінчується 9-11 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 3555 °С на півночі області до 3835 °С на півдні. Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 186-191 днів, змінюючись в окремі роки від 163 до 219 днів, починається 13-15 квітня і закінчується

17-21 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3255 °С на півночі області до 3540 °С на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2970 °С до 3805 °С.

Середня кількість опадів по області за рік становить 469 мм, змінюючись по території від 404 до 578 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 246 до 777 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Помірна атмосферна засуха, яка часто поєднується з ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0,3-0,7), має ймовірність 90 % по всій території області.

Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень–жовтень) по області коливається від 66 % весною до 73 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 32–41 день.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Миколаївської області поділено на три агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення і недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення посушливий; високого рівня теплозабезпечення дуже посушливий).

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються в кінці другої декади жовтня, останні весняні – в середині другої декади квітня. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 179–203 дні, на поверхні ґрунту – 157–179 днів.

У вегетаційний період на території області спостерігається від 16 до 28 днів із суховіями різної інтенсивності. Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

Сніговий покрив утворюється на більшій частині території області в першій декаді січня, а в північно-західних районах – в другій декаді грудня, а

руйнується в північній половині області в першій декаді березня, а в південній – в третій декаді січня. Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 16 см до 31 см.

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень – лютий по області коливається від 39 до 55. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років [1].

1.4 Ґрунти та рослинність

Ґрунти утворюються в результаті взаємодії клімату, материнської гірської породи, рослинних і тваринних організмів, а також діяльності людини. Вплив господарської діяльності людини на утворення ґрунту дуже великий. В окультурених ґрунтах знижується кислотність в результаті внесення мінеральних і органічних добрив, збільшується кількість поживних речовин, поліпшується структура і підвищується їх родючість.

На північному заході, в північній, байрачній, степовій зоні, ґрунти – звичайні середньогумусні чорноземи з глибиною гумусових горизонтів 60-70 см і з 5-5,5 % перегною. Ці ґрунти характеризуються високою родючістю. На південь, південний схід і схід від звичайних середньогумусних чорноземів, залягають звичайні малогумусні чорноземи, які охоплюють центральну степову зону області. Глибина гумусового горизонту їх досягає 55-60 см, а кількість гумусу – 4,5-5 %. Родючість їх висока, але дещо менша, ніж у середньогумусних.

На південь від району поширення чорноземів звичайних малогумусних залягають чорноземи південні, які бідніші, ніж чорноземи звичайні, на гумус

і поживні речовини. Чорноземи південні малогумусні на півдні змінюються чорноземами південними солонцюватими із вмістом гумусу 1–3 %. Водно-фізичні властивості несприятливі для вирощування с.-г. культур.

Основними агротехнічними заходами по підвищенню родючості цих ґрунтів є нагромадження вологи, внесення органічних і мінеральних добрив, своєчасний обробіток, захист від водної та вітрової ерозії.

На узбережжі Чорного моря чорноземи південні переходять у темно-каштанові ґрунти та їх солонцюваті відміни. Ці ґрунти бідніші за чорноземи південні. Головною умовою підвищення їх родючості є висока агротехніка богарного та зрошувального землеробства в поєднанні із внесенням добрив, у першу чергу фосфорних і азотних.

На надрічкових терасах Південного Бугу та Інгулу розвинуті лучно-чорноземні, лучні та їх солонцюваті відміни, сформовані на сучасних алювіальних відкладеннях.

На призаплавних терасах Бузького лиману та Південного Бугу, Інгулу та Інгульця, зустрічаються дернові супіщані ґрунти та виходи піщаних порід. На схилах балок сформувалися еродовані ґрунти різного ступеню змитості та з малою кількістю гумусу [1].

Рослинність переважно типчаково-ковилових степів, в долинах річок - лучна. Майже вся територія розорана. Природна степова рослинність збереглася лише по схилах ярів та балок. Під лісами та чагарниками зайнято близько 2 % території області (в основному дуб, осика, клен, чорна тополя, берест, сосна). Площа полезахисних лісових смуг близько 29,3 тис.га. Під державною охороною перебувають Катеринівський та Вознесенський ліси [1].

2 БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СОЇ

Серед зернобобових та олійних культур, вирощуваних на нашій планеті, соя дійсно займає перше місце. 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. Останнє надзвичайно важливо, оскільки світ зараз 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, формує велику вегетативну масу, дає цінний урожай бобів [4, 8, 10].

2.1 Коротка ботанічна характеристика культури сої

Соя відноситься до родини бобових – Leguminosae Juss., роду *Glycine* L. У сучасній класифікації між цими таксонами виділяють ще порядок – метеликових (Lepilionatae Faub), трубу – квасолевих (Phaseolae Bronn).

Рід *Glycine* великий, нараховує понад 40 видів *Glycine*; половина цих видів зростає в тропічній Африці, в тропічній Америці, в Індонезії, в Індонезії, в Східній Азії є лише один дикорослий вид, що зростає в Приморському краї.

Що ж до культурної сої, то вона в дикому стані невідома. Вчені дотримуються думки, що культурна соя походить від дикорослої сої усурійської. Вперше поглиблену систематизацію культурної сої створив Єнкен В.Б. з доповненням Базилевської Н.О. і Дагаєвої В.К., які розробили

класифікацію та поділили на шість основних підвидів сої: маньчжурський, слов'янський, китайський, індійський, японський, корейський [5, 8, 11, 20].

В процесі росту та розвитку сої виділяють такі фази росту [31]: сходи, галушення, бутонізація, цвітіння і дозрівання. Розглянемо більш детальне кожен етап розвитку. *Сходи* – початок її відзначається набуханням насіння і 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 різних факторів (температура, вологість ґрунту, глибина висівання насіння і т.п.). Це дуже критична фаза, тому що недолік тепла і вологості викликає у проростків сої бактеріоз, фузаріоз та інші захворювання, сильно зріджуються і послаблюють сходи і знижують врожайність.

Галушення - ця фаза змінює першу, коли розкривається перший або другий трійчастий лист, а завершенням її вважається поява перших суцвіть. До початку розпускання квіток на основному стеблі в'яжеться від 5 до 14 листочків (це залежить від вегетаційного циклу конкретного сорту і факторів навколишнього середовища). Вся рослина може мати від 16 до 65 листків. Перш, ніж з'являться перші справжні листки, головний стебло росте вкрай повільно, додаючи в зростанні приблизно по 30-70 мм за добу. Потім приріст збільшується і до моменту зацвітання становить вже 100-150 мм. Процес розгалуження у сортів раннього і середнього дозрівання активізується на 5-20-у добу після сходів.

Бутонізація - початок цвітіння сої залежить від сортових особливостей. У скоростиглих сортів цвітіння починається з появою 5-6 листка, тобто на початку галушення рослин, (через 14-20 днів після сходів), а у пізньостиглих – через 30-40 і більше днів після сходів.

Цвітіння сої розтягнуте 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. Залежно від сорту цвітіння триває 15-40 днів, у деяких сортів 80-100 днів.

Після початку цвітіння через 10-15 днів в нижній частині рослини утворюються боби. У період наливу насіння ріст вегетативної маси припиняється, починається відмирання нижніх листків. Від цвітіння до початку дозрівання бобів проходить 40-60 днів, а період дозрівання триває 11-20 днів [11, 20, 23, 31].

Соя – однорічна трав'яниста рослина.

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 [5, 8, 11, 25].

Стебло заввишки 20 до 200 см, прямостояче, гіллясте, товсте або тонке, у деяких форм нутуюче і витке, невилагаюче. 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 [5, 8, 11, 25].

Листки сої складні, трійчасті, довгочерешкові з прилистками. Основна форма листків – широколанцентна, овальна, ромбічна, широкояйцеподібна, майже округла. Формі й розмір листків різні. Навіть на одній 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.

За дослідженнями Хикса, 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. На листках, стеблах, пелюстках та бобах можна спостерігати трихоми. За дослідженнями Карлсона, продихи присутні як на верхній так і на нижній поверхні листка, зі значно більшою кількістю продихів на абоксіальній поверхні. Колір листків різних відтінків – від світло- до темно-зеленого. До початку збирання, при досягнення зрілості, у більшості форм листки з рослин опадають [5, 8, 11, 25].

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 самозапилюються в закритому стані.

Соя – самозапилювач, але зустрічаються і перехресне запилення, що використовується для створення гібридів.

Плід сої – біб мечовидної або шаблеподібної форми. *Боби* опушені, вкриті волосками, як і вся рослина. Вирізняють 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.

За формою насіння буває шароподібне, якщо відношення довжини до ширини дорівнює 1:1; овальне – при відношенні 1:2,5. Колір насіння коричневий, зелений, чорний, жовтий з різними відтінками [5, 8, 11, 20].

2.2 Етапи органогенезу сої

Соя проходить 12 основних етапів органогенезу. *Перший етап* - формування конуса наростання і перших зародкових листків. Верхній конус наростання головного пагона ще не диференційований, закритий двома зародковими листочками і має напівкулясту форму.

Другий етап - в основі конуса наростання закладаються справжні листки, міжвузля. Верхній конус наростання головного і бокових пагонів впродовж майже всього онтогенезу залишається на другому етапі органогенезу, а суцвіття і квітки формуються із конусів пазушних бруньок.

Третій етап у ранніх сортів співпадає з розкриттям третього трійчастого листка. В основі конуса наростання головного і бокових пагонів розвиваються конуси наростання другого порядку. Диференціюються всі суцвіття.

Четвертий етап - закладання і диференціація лопатей суцвіття. Розвиток генеративних органів на цьому етапі відбувається у закритій бруньці. На осі суцвіть формуються три горбочки, із яких пізніше утворюються квітки.

П'ятий етап - послідовне формування органів квітки.

Шостий етап - ріст всіх частин квітки і проходження мікро- та мегаспорогенезу у закритому і ще малопомітному бутоні.

Сьомий етап - формування пилку, гаметогенез, інтенсивний ріст чашолистків і пелюсток. Бутони добре помітні.

Восьмий та дев'ятий етапи - продовження гаметогенезу. В цей період інтенсивно ростуть верхні міжвузля стебла. Восьмий і дев'ятий етап проходять майже одночасно.

Десятий етап - запліднення, формування насінин, бобів. Інтенсивний ріст боба в довжину і ширину.

Одинадцятий етап — значне збільшення розмірів насіння і нагромадження поживних речовин. *Дванадцятий етап* - досягання насіння,

закінчення нагромадження поживних речовин. Прості речовини внаслідок біохімічних процесів перетворюються в складні запасні [5, 8, 11, 20].

2.3 Відношення 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.

2.3.1 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 [8].

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.

Мінімальна температура проростання насінин сої - 6-7°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 [8, 10, 19].

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 [6, 10, 13].

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.

Для накопичення олії в насінні сприятлива температура 21-26 °С. За підвищеної температури та оптимальних умов вологозабезпечення і фосфорно-азотного живлення у другій половині вегетації підсилюється синтез жирів, знижується вміст вуглеводів.

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. Єнкен В. Є. [5] виділяє 4 групи сортів за ступенем реакції на зміну світлового режиму: ледь реагуючі, малореагуючі, середньореагуючі і дуже реагуючі.

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, 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 [21].

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].

2.3.2 Вимоги сої до вологи

Соя вимоглива до умов вологозабезпеченості. На значній території України волога є фактором, який визначає рівень урожайності цієї культури. 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 %.

За даними А.М. Алпатєєва 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. Якщо під час цвітіння та формування бобів розвинулася міцна вегетативна маса, а потім настала посуха, то у сої спостерігається абортівність квіток. Опадання частини листків і бобів, слабе наливання насіння та зниження врожаю.

Транспіраційний коефіцієнт як показник витрати води на формування одиниці сухої речовини коливається у сої в залежності від біологічних особливостей сортів і конкретних умов вирощування від 390-1000. Коефіцієнт водоспоживання, що характеризує загальні витрати води на одиницю врожаю насіння, дорівнює від 1124 до 3714.

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.

Ріст і розвиток сої залежать і від відносної вологості повітря, особливо в період цвітіння. Оптимальна вологість повітря становить 75-80%. Поєднання високої температури повітря і низькій відносній вологості (менше 60%) призводить до значного опадання квіток і молодих бобів. Таким чином, для отримання високого врожаю сої важлива не тільки оптимальна вологість ґрунту, але і достатній вміст водяної пари в повітрі [5, 8, 20, 23].

2.3.3 Вимоги сої до ґрунтів та особливості мінерального живлення

До ґрунтів соя не висуває високих вимог і може проростати на більшості ґрунтових різновидів з різним механічним складом і досить близьким заляганням ґрунтових вод. 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 6-7. Непридатні для її обробітку солонці і солончаки, заболочені і кислі ґрунти з рН нижче 5. Для отримання високих врожаїв сої найбільш придатні окультурені, багаті гумусом і вапном, добре удобрені, пухкі. Пухкий ґрунт забезпечує кращий повітряний і тепловий режим, створює сприятливі умови для розвитку азотфіксуючих бактерій. Добрі урожаї сої можна одержати на осушених болотних ґрунтах за умови їхньої нейтралізації, а також на торфовищах [10, 11].

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.

За даними А.К. Лещенко [8], 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. За результатами дослідження В.Б. Енкіна [5], А.К. Лещенко [8] виділяє три періоди по інтенсивності споживання поживних речовин і відзначають, що найбільше споживання азоту, фосфору, калію соєю приходить в період цвітіння-формування бобів-наливу насіння.

Найбільша кількість азоту необхідно в фазу формування і наливу бобів. Недолік азоту в період цвітіння веде до зниження врожайності сої і не може компенсуватися внесенням азотних добрив в більш пізні фази зростання і розвитку рослин, а в період зростання через нестачу азоту

змінюється забарвлення листя і сповільнюється темп росту рослин. Листя набувають жовто-зелене забарвлення, і вони дрібні.

Фосфор необхідний рослинам у перший місяць життя – від сходів до галушення, який відіграє важливу роль при закладанні генеративних органів. У сої фосфор сприяє збільшенню вмісту білка і зниження жиру. Цей елемент може також прискорювати старіння рослин, регулюючи транспорт вуглецю з хлоропластів. Нестача фосфору призводить до пригнічення росту рослин, листя дрібне, подовжені, при цьому вони рано відмирають, стаючи повністю бурими.

Калій відіграє важливу роль в азотному обміні і перерозподілі вуглеводів, регулює водний баланс і синтез білка, підвищує стійкість до захворювань, низькою температурою і вилягання. 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. При калійному голодуванні рослині сої також розвиваються слабше. Краї листя закручуються, відмерла тканина випадає.

Кальцій відіграє важливу роль у мінеральному живленні зернобобових. Поглинання кальцію у сої на початкових етапах розвитку рослин протікає з низькою швидкістю, а потім, поступово збільшуючись, досягає максимуму (2,7 кг/га на добу) на 73-80-й день після проростання. Максимальна швидкість поглинання магнію соєю спостерігається в період повного цвітіння і початку зав'язування бобів.

Цинк - це фактор багатьох ферментів. У багатьох дослідах доведено, що цинк легко перерозподіляється в рослинах, причому ознаки голодування по цьому елементу найбільш чітко виражені у старого листя. Дефіцит цинку проявляється в жовто-зеленому забарвленню листя і гальмуванні зростання. Соя порівняно стійка до високих доз цинку (11 кг/га). При його внесення спостерігається гальмування поглинання заліза. Внесення цинку не впливає на вміст фосфору, калію, кальцію, магнію і міді в плодах.

Багаті мінеральними речовинами листя сої, особливо такими елементами, як мідь і залізо. При нестачі заліза у рослин спостерігається хлороз. При поглинанні залізо інтенсивно транспортується до активно розвиваються молодим тканинам. У сої відновлення заліза в корені відбувається в клітинах ендодерми і епідерми. Найбільшою відновлювальною здатністю володіють молоді корені другого порядку. 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 [10, 11, 14, 20].

2.4 Шкідники і хвороби сої

Для вирощування високих і сталих урожаїв сої одночасно з технологічними процесами потрібно забезпечити захист її посівів від хвороб і шкідників, які можуть завдати значної шкоди, вплинути на показники продуктивності та якості насіння. Серед *хвороб* сої найбільшу шкоду причиняють фузаріоз, пероноспороз, аскохітоз, бактеріоз, вірус мозаїки та інш. [7, 11, 20].

Фузаріоз пошкоджує сім'ядолі, стебла, коріння, боби, насіння; призводить до в'янення розвинених рослин. Ураження насіння стає плоским і деформованим, дає слабкі проростки, на сім'ядолях утворюються коричневі загнилі плями, рослини в'януть, а сходи зріджуються.

Пероноспороз уражує сходи до 30 % і більше, особливо в прохолодну дощову погоду. Найбільше уражуються листя, на ньому з'являються блідно-зелені кутасті плями, які збільшуються і мають буро-коричневий колір.

Аскохітоз уражує листки, стебла і боби. На листках виникають сірувато-коричневі плями з бурою облямівкою. На протязі вегетації ураження рослин відбувається спорами - конідіями, що формуються у

плодових тілах гриба (пикніках) та разносяться вітром і дощем. Зберігається патоген у ґрунті, рослинних рештках і насінні у вигляді грибниці і пикнід з конідіями, передається з насінням.

Бактеріоз уражує насіння, на ньому з'являються вдавлення різних розмірів, воно втрачає блиск. Таке насіння після набрякання загниває. На сім'ядолях уражених проростків зверху і знизу з'являються жовті, бурі або темно-коричневі маслянисті або сухі плями різної форми і розмірів, а стебла потовщуються і скручуються, не з'являючись на поверхні.

Вірус мозаїки сої передається насінням, тому перші ознаки ураження можна спостерігати на перших листках, які скручуються і стають зморшкуватими. Боби уражуються менше, але насіння в них стає пігментованим. В уражених рослин урожай зерна зменшується на 34-40 %. Вміст білка – на 10-12 %, жиру – на 1,5-2 %.

Сіра гниль відмічається в усіх районах України де вирощується соя. Найбільшого поширення вона набуває у районах з прохолодною та вологою погодою в другій половині вегетації сої. Полягає в зниженні врожаю зерна та посівних якостей насіння. Місця ураження набувають буро-зеленого забарвлення і у вологу погоду загнивають. У посушливий період вони мають вигляд буруватих сухих виразок. Джерелом інфекції є уражене насіння, рослинні рештки та ґрунт.

З розширенням посівних площ сої збільшується і кількість шкідників. Зараз відомо 114 їхніх видів. Найвищу шкоду посівам сої причиняють вогнівка акацієва, павутинний кліщ, клопи-сліпники, тютюновий трипс, бульбочкові довгоносики, люцернові совки, смугасті та степові ковалики, паросткові мухи, луговий метелик.

Розглянемо більш детально деяких шкідників сої:

Вогнівка акацієва. Самки відкладають поодинокі яйця на зав'язь і на молоді боби. Шкодять гусениці другого покоління. Молоді гусениці проникають усередину бобів і пошкоджують зерно протягом приблизно місяць. За цей період одна гусениця може пошкодити один-два боби.

Паросткова муха. Личинки пошкоджують набубнявіле посівне зерно, проростки, точку росту, сім'ядолі або стебло. Від пошкоджень рослини викривляються або гинуть. Урожай зерна знижується через зріджування посівів і зменшення продуктивності пошкоджених рослин.

Довгоносик бульбочковий пошкоджує сім'ядолі й перші справжні листки, вигризаючи на них напівколові ямки. Личинки пошкоджують азотфіксувальні бульбочки та корінці. Від пошкоджень личинками знижуються вміст азоту у ґрунті й урожайність. Від сильного пошкодження листя жуками рослини можуть загинути.

Люцернова совка. Гусениці пошкоджують листя й генеративні органи. Молоді гусениці скелетують листя, об'їдають бутони та квітки, гусениці старших віків гризуть листя, але головним чином виїдають насіння в плодах.

У період вегетації для боротьби з різними видами шкідниками посіви сої обробляють препаратами БІ-58, карате, фастак. Своєчасне виявлення шкідників і проведення проти них хімічних обробок забезпечує надійний захист посівів сої [7, 11, 20].

2.5 Характеристика 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 (знижені температури, ґрунтові і повітряні посухи, перезволоження і ін.) [2, 3, 27].

На даний час щороку відбувається оновлення сортових ресурсів сої, так станом на 12 вересня 2018 року до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні занесено 236 сортів із них 130 вітчизняної селекції та 106 іноземної. Розглянемо деякі сорти сої які розповсюджені на території України [29]:

Сорт Аркадія одеська. Сорт одержали способом впливу мутагена диметилсульфату в газовій фазі на насіння сорту ВНИИМК 9186. Один із найбільш високобілкових районованих у нашій країні сортів. Характеризується оптимальною для Півдня України тривалістю вегетаційного періоду, що в Одеській області, наприклад, 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. Він також має вищий збиральний індекс і підвищену висоту прикріплення нижніх бобів.

Значну перевагу показав сорт і в Миколаївській, Херсонській та Запорізькій областях. 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.

Основні апробаційні й ботанічні особливості такі. Листки - трійчасті, середнього розміру, темно-зелені, із загостреним кінчиком. Боби - бурі, злегка зігнуті, по 2–3 насінини. Насіння - овальне, жовте, без пігментації, рубчик великий, темно-коричневий, з білим вічком. Маса 1000 насінин – 160–190 г. Висота прикріплення нижніх бобів - 10–12 см. Стійкість проти ураження фузаріозом, пероноспорозом та іншими грибними хворобами вища за середню. Сівбу треба проводити із шириною міжрядь 45 см, нормою висіву 600–700 тис. схожих насінин на гектар. Перед сівбою насіння обов'язково обробити Нітрагіном, на бідних ґрунтах вносити по 60 кг/га азоту і 30 кг/га калію. Рекомендується обробляти в Степовій зоні України.

Сорт Одеська 124 отримано при впливі гамма-променями в дозі 5 кради на насіння сої сорту Перемога. Підвид слов'янський, Апробаційні група флавіда. Характеризується недетермінантним типом росту, інтенсивним рудим опушенням стебел і стулок бобів, фіолетовим забарвленням квіток, середнім розміром листя з загостреними кінчиками, високорослі, гладенькою насінневою шкіркою. Сорт скоростиглий, тривалість вегетаційного періоду 107–118 днів. Врожаї на сортодільницях склали 23,6 -

34,1 ц / га при зрошенні і 40,7 ц / га в суходільних умовах. Рекомендується обробляти в Степовій зоні України.

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%. У 1995 р. на Кримській дослідній сільськогосподарській станції в екологічному випробуванні сорт зайняв перше місце з урожайністю 39,4 ц/га. На Одеській дослідній сільськогосподарській станції, де сорт Успіх дав по 40 ц/га. У КСП “Зоря” Братського району Миколаївської області за 1994–1997 рр. у суходільних умовах його насіння збирали по 20,5 ц/га. Сорт вирізняється фіолетовим забарвленням квіток, сірим опушенням стебла й стулок бобів. Форма листочків яйцеподібна, розмір середній, облистяність висока. Рослини стійкі до вилягання. Форма бобів пряма, насіння жовтого кольору, рубчик сірий, середнього розміру. Сорт Успіх рекомендовано для вирощування в степовій зоні України.

Сорт Ювілейний - це зерновий напрям. Висота нижнього бобу кріплення становить 18-20 см. 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, придатних до поширення в Україні з 2009 р., з 2011 р. внесений до Реєстру в Англії. Належить до маньчжурського підвиду, апробаційної групи *sordida*. Висота рослини 70-75 см. Висота прикріплення нижніх бобів 11-12 см. Насіння овальне, жовте, рубчик коричневий, середній. 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 [27, 28, 29].

2.6 Особливості технології вирощування сої та її збирання

Існує безліч різних сільськогосподарських культур з різним періодом дозрівання, розміром насіння та інш. Не тільки різні сільськогосподарські культури, а й різні сорти культур можуть вимагати використання певних агроприйомів для отримання високих врожаїв. Такі агрономічні прийоми, як 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, зменшенню засміченості поля бур'янами, покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, більш раціональному використанню поживних речовин.

Кращими попередниками сої є озимі та ярі колосові культури, а також кукурудза на зелений корм та силос. Непоганими попередниками є овочеві, кормові культури, картопля, кукурудза на зерно. Гіршими попередниками вважаються соняшник, суданська трава, бобові культури. 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 [2, 6, 11, 20].

Обробіток ґрунту - це фізичні маніпуляції з ґрунтом. Її 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. Якщо бур'яни не являються серйозною проблемою, то сою можна сіяти без передпосівної підготовки ґрунту.

Літньо-осінній обробіток ґрунту під сою складається із післязбирального лушення дисковими та плоскоризними знаряддями. Оранки плугом з передплужниками на глибину орного шару та вирівнювання зябу. Після стерньових попередників при наявності однорічних бур'янів використовують лушильники ЛДГ-10, ЛДГ-15 на глибину 6-8 см і зяблеву оранку плугами ППА-10-25 на глибину на 12-14 см, після чого орють на 28-30 см в поєднанні з обприскуванням відростаючих бур'янів гербіцидами – раундапом.

Останній осінній обробіток зябу проводять на глибину 10-12 см для кращого накопичення вологи в зимово-весняний період.

Весняний допосівний обробіток ґрунту залежить від якості основного обробітку та стану забур'яненості поля.

Система удобрення. Соя добре реагує на пряме внесення добрив на всіх різновидах ґрунтів України, але найкраще на малородючих ґрунтах: чим вище рівень агротехніки і забезпеченість водою, тим ефективніше використання добрива рослинами. Мінеральні добрива вносять з урахуванням вмісту в орному шарі елементів живлення. Під зяблеву оранку на чорноземах вносять 45-60 кг/га азотних, 60-90 фосфорних і 45-60 кг/га калійних добрив; на опідзолених ґрунтах – по 45-60 кг фосфорних і калійних під зяблеву оранку і 60 кг азотних весною; на каштанових – по 45 кг азотних і фосфорних. 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 +12-14 °С. При більш ранньому посіві в непрогрітий ґрунт насіння уражається хворобами і зазвичай сходи є зрідженими і недружними. Запізнення з сівбою також призводить до зниження польової схожості насіння через пересихання верхнього шару ґрунту. Починати сівбу треба насінням сортів з тривалішим вегетаційним періодом.

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). Бульбочкові бактерії розвиваються на глибині до 15 см. Глибші посіви варто практикувати лише при більшій глибині вологи в ґрунті (на 2 см вологи нема, а на 4 см є — значить, варто посіяти на 4 см). 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. Треба проводити необхідний технічний огляд посівної техніки, щоб забезпечити сталу глибину посіву.

Сіяти сою можна 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 [6, 11, 20].

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 досить добре реагує на зрошення. Режим зрошення сої будують з урахуванням вимог рослин до волого-забезпечення по періодах вегетації, запасів вологи від зимово-весняних опадів та від опадів упродовж

періоду вегетації. 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. В окремі роки. Коли пересихає верхній шар ґрунту, проводять передпосівний полив – 300-400 40-70 м³/га води [11].

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. Перевага раннього збирання сої полягає в меншому виляганні посівів від сильних вітрів, гнитті стебла, меншому осипанні насіння, а також нижчій вірогідності підвищення вологості. Щоб зібрати більший врожай із найменшими втратами, потрібно починати збирання безпосередньо перед початком оптимального періоду. Під час раннього збирання можна додатково пошкодити зерно. Також потрібно більше енергії для його сушіння [2, 11, 20].

3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур

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. Тому для отримання планованих урожаїв необхідно досліджувати часову мінливість урожайності.

Мінливість врожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки зумовлена впливом значної кількості факторів, які поділяють на дві групи [13, 15, 26].

Перша група включає ряд факторів, що зумовлюють рівень культури землеробства. Фактори цієї групи дуже різноманітні. Це і досягнення генетики та селекції, технологія обробітку культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також енергоозброєність сільського господарства. Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення врожайності в окремі роки від середнього рівня.

Однак при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова [12] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову.

У такій постановці ряд урожайності ($Y_t = 1, 2, \dots, n$) можна представити у вигляді загальної статистичної моделі такого роду

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

де $f(t)$ – стаціонарна послідовність; U_t – випадкова послідовність.

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 зумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування урожайності та представляється відхиленнями від лінії тренду. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства виявляє помітний вплив на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренду досить точно характеризує середній рівень урожайності, який обумовлений рівнем культури землеробства, економічними та природними особливостями конкретного району.

Для оцінки врожайності сільськогосподарських культур в різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонійних зважувань [12, 15].

Метод гармонійних зважувань вперше був запропонований З. Хельвігом. Пізніше цей метод отримав подальший розвиток у дослідженнях А.А. Френкеля [24], А.М. Польового [15] та інших. Основна ідея методу гармонійних зважувань (МГЗ) полягає в тому, що в результаті

зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженням часового ряду надаються більші ваги.

Для визначення окремих фаз руху ковзаного тренда вибираємо число років, що утворюють окрему фазу, причому $k < n$, і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

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

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:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (3.3)$$

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

Значення, що прогнозується

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

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

$$\bar{w} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (3.5)$$

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

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

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

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

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

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

В наступний момент вага інформації m_3 визначатиметься:

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

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

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

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9). 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 [15].

3.2 Дослідження динаміки урожайності сої в Миколаївській області

Для отримання високих урожаїв сої необхідна достатня кількість тепла та вологи. Соя вирощується майже на всій території України. Нами був проведений аналіз динаміки урожайності сої в Миколаївській області за 30 років з 1990 по 2019 роки, за даними Державної статистичної служби України [30]. Розрахунок трендів здійснювався за допомогою методу гармонічних зважувань і була проведена оцінка правильності вибору тренду урожайності сої.

Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1 та 3.2. На рисунках плавна лінія характеризує тренд урожайності, а ламана лінія – щорічні коливання урожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить кліматичні умови.

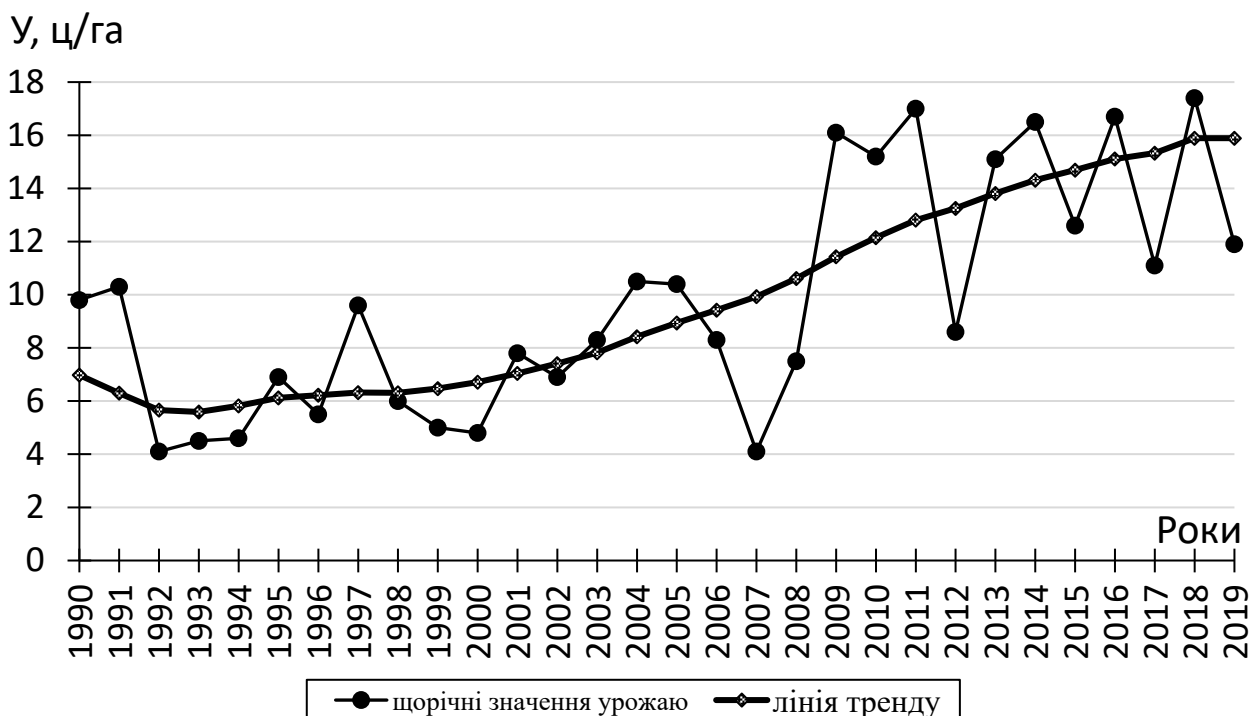


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності сої та лінія тренду в Миколаївській області

Як видно з рис. 3.1, на початку цього періоду урожайність сої в Миколаївській області складала 9,1 ц/га. Наприкінці досліджуваного періоду урожай сої збільшився на 2,1 ц/га і склав 11,9 ц/га. В середньому за розрахунковий період урожайність сої на даній території становила 12,1 ц/га. У 1992, 1993, 1994, 2000 та 2007 рр. було зібрано найменші урожаї сої – 4,1; 4,5; 4,6; 4,8 та 4,1 ц/га відповідно.

Під впливом погодних умов окремих років урожай значно варіював. Розглянемо як змінювалась урожайність за трендом (табл. 3.1).

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

Рік	ε	ε_{\downarrow}	Серії	Рік	ε	ε_{\downarrow}	Серії
1990	2,82	4,67	+	2005	1,46	-0,31	+
1991	4,0	4,19	+	2006	-1,12	-0,51	-
1992	-1,56	4	-	2007	-5,83	-0,72	-
1993	-1,09	3,28	-	2008	-3,11	-1,09	-
1994	-1,22	3,05	-	2009	4,67	-1,12	+
1995	0,78	2,82	-	2010	3,05	-1,22	+
1996	-0,72	2,19	-	2011	4,19	-1,47	+
1997	3,28	2,08	+	2012	-4,65	-1,56	-
1998	-0,31	1,59	-	2013	1,29	-1,91	+
1999	-1,47	1,51	-	2014	2,19	-2,09	+
2000	-1,91	1,46	-	2015	-2,09	-3,11	-
2001	0,76	1,29	-	2016	1,59	-3,99	+
2002	-0,51	0,78	-	2017	-4,23	-4,23	-
2003	0,48	0,76	-	2018	1,51	-4,65	+
2004	2,08	0,48	+	2019	-3,99	-5,83	-
$\varepsilon_{med} = 0,08$							

Як видно з рис. 3.1, з 1990 до 1993 року відбулося поступово зменшення трендової компоненти, що свідчать про зменшення рівня культури землеробства за цей період. Так, на початку періоду дослідження урожайність за трендом склала 6,98 ц/га, а до 1993 року впала до 5,59 ц/га. З 1993 року і до кінця періоду досліджень 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 5,82 до 15,89 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування урожаю сої в Миколаївській області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2).

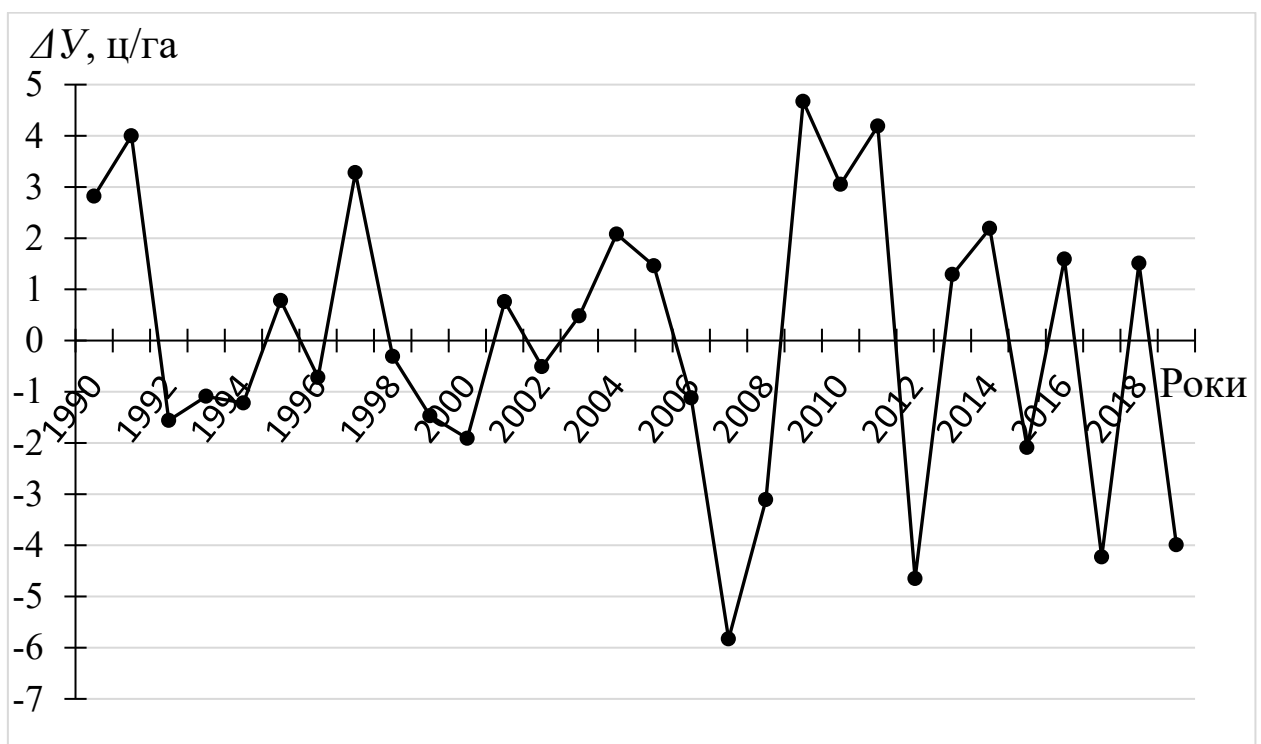


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності сої від лінії тренду в Миколаївській області

У 15 випадках з 30 років спостерігалися сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,5 до 4,7 ц/га. Сприятливими для вирощування сої був 2009 та 2011 роки, коли додатне відхилення від лінії тренду склало 4,7 та 4,2 ц/га відповідно. В інші роки погодні умови виявилися несприятливими, що виразилося в негативному відхиленню від -0,3 до -5,8 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування

сої були 2007, 2012, 2017, 2019 рр, саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 5,8; -4,7; -4,2 -4,0 ц/га відповідно. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. Таким чином Миколаївську область можна віднести до території дуже не стабільних урожаїв.

При правильному виборі виду тренду відхилення від нього, будуть носити випадковий характер. Для перевірки основної гіпотези (зміна випадкової величини ε_t не пов'язано зі зміною часу) ми скористалися критерієм серій, заснованих на медіані ε_{med} вибірки. 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):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ \nu(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (3.11)$$

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

Щоб одержати ліві частини нерівностей (3.11) 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 ряді 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 $\nu(n)$ для кожного економічного району.

Таблиця 3.2 - Оцінка правильності вибору тренду урожайності сої в Миколаївській області

Область	$K_{max}(n)$	$\nu(n)$	$3,3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
Миколаївська	6	14	8,2	10,2

Порівняння лівих і правих частин нерівностей (табл. 3.4) 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 Миколаївській області за період 1990-2019 рр., була розрахована лінія тренда методом гармонійних зважувань і проведена оцінка правильності вибору виду тренду.

4 АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

4.1 Концепція моделювання

Найбільш висока урожайність досягається за умов максимально більш повного використання рослиною кліматичних ресурсів. Максимум продуктивності може бути досягнуто за рахунок зміни структури посівних площ досліджуваної культури з метою отримання кращої відповідності кліматичних умов їх біологічним вимогам.

За допомогою моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сої в Україні А.В. Толмачової [16], яка була розроблена на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [16, 17], заснована на концепції Х.Г. Тоомінга [22] про максимальну продуктивності посівів, нами виконана оцінка агроекологічних рівнів урожайності сої в умовах Миколаївської області.

Модель має блокову систему і вміщує вісім блоків:

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації;
- блок водного режиму;
- блок зрошення;
- блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням;
- блок агроекологічних категорій урожайності;
- блок дозрівання зерна (виходячи з біологічних особливостей культури сої, дозрівання якої проходить трьома етапами, нами розглядались три фази дозрівання насіння сої);

- блок узагальнюючих оціночних характеристик [15, 17].

Перший блок – блок вхідної інформації – складається з початкових та щодаєкадних даних і мікрокліматичних особливостей. Цей блок містить дані стандартних метеорологічних і агроєкологічних спостережень. Цей блок містить дані стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і включає в себе всі необхідні для виконання розрахунків характеристики.

Не зупиняючись на допоміжних блоках, розглянемо розрахунок агроєкологічних категорій урожайності.

Приріст потенційної урожайності за декаду ($\Delta ПУ/\Delta t$) визначається залежно від суми ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

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

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.; $Q_{\text{фар}}$ – середньодаєкадна за добу сума ФАР, кал/см² доба; q – калорійність, кал/г; dv – кількість днів у розрахунковій декаді.

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 $\frac{\Delta MMU}{\Delta t}$ – 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.

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту

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

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

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

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

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.

Різні агроекологічні категорії врожаю зерна при його стандартній 14 %-ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ^i_{зерна} = k_{дозр}^i ПУ \cdot K_{зосп}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (4.5)$$

де $ПУ^i_{зерна}$ – потенційний урожай зерна, який формується за i -ту фазу дозрівання зерна в волоті, ц/га; $K_{зосп}^{ПУ}$ – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий $ММУ_{зерна..}$, дійсно можливий $ДМУ_{зерна}$ і урожай у виробництві $УВ_{зерна}$ зерна.

На основі розрахованих агроекологічних категорій урожайності визначаються комплексні оцінки ступеня сприятливості метеорологічних умов для розвитку культури і рівня використання агрокліматичних ресурсів.

4.2 Оцінка приростів агроекологічних категорій урожайності сої в Миколаївській області

В якості вихідної інформації використовувалися середньообласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічної та агрометеорологічної станції Миколаївській області.

При оптимальній забезпеченості вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальні урожаї фітомаси посівів сої, визначаються приходом за їх вегетаційний період фотосинтетичної активної радіації (ФАР), коефіцієнтом її використання і вмістом вуглекислого газу в атмосфері.

Перед нами ставилася задача дати оцінку приросту рівня потенційного урожаю сої при різних значеннях коефіцієнта корисної дії (ККД) в Миколаївській області. ККД посівів залежить від строків і густоти посіву, від кількості внесених мінеральних добрив, погодних умов і т.п. Потенційний

урожай залежить не тільки від ходу потенційного *ККД* посіву, але і від інтенсивності *ФАР*.

Розглянемо як змінювалась динаміка приростів потенційного урожаю сухої маси сої по декадам вегетації при різних значеннях *ККД* : при базовій величині *ККД*, при збільшення *ККД* на 10, 20 та 30 % (табл. 4.1 та рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Розподіл приросту рівня потенційного урожаю (*ПУ*) сої при різних значеннях коефіцієнта корисної дії (*ККД*), Миколаївська область

Декади вегетації	Сума <i>ФАР</i> за декаду, кДж/см ² дек	Приріст потенційного урожаю (<i>ПУ</i>) при різних значеннях <i>ККД</i>			
		При базовій величині <i>ККД</i>	При збільшення <i>ККД</i> на:		
			10 %	20%	30 %
1	5,73	66,9	71,0	77,6	80,6
2	12,29	156,2	166,9	181,1	188,2
3	10,83	152,9	163,4	177,3	184,3
4	11,06	171,9	183,7	199,3	207,1
5	11,10	185,5	198,2	215,0	223,4
6	11,77	204,2	218,1	236,7	245,9
7	11,63	200,1	213,7	231,9	240,9
8	14,01	225,3	240,7	261,2	271,4
9	11,64	165,9	177,3	192,4	200,0
10	10,64	129,8	138,7	150,5	156,4

Аналізуючи результати табл. 4.1 видно, що надходження *ФАР* за вегетаційний період коливалось від 5,73 до 14,01 кДж/см²дек. На початок вегетації сума *ФАР* складає 5,73 кДж/см²дек, поволі підвищується і досягає максимуму в восьму декаду вегетації і становить 14,01 кДж/см²дек, потім

поступово зменшується і наприкінці вегетаційного періоду становить 10,64 кДж/см²дек.

Розглянемо динаміку приростів потенційної урожайності сої за вегетаційний період при різних значеннях *ККД* в Миколаївській області (рис. 4.1).

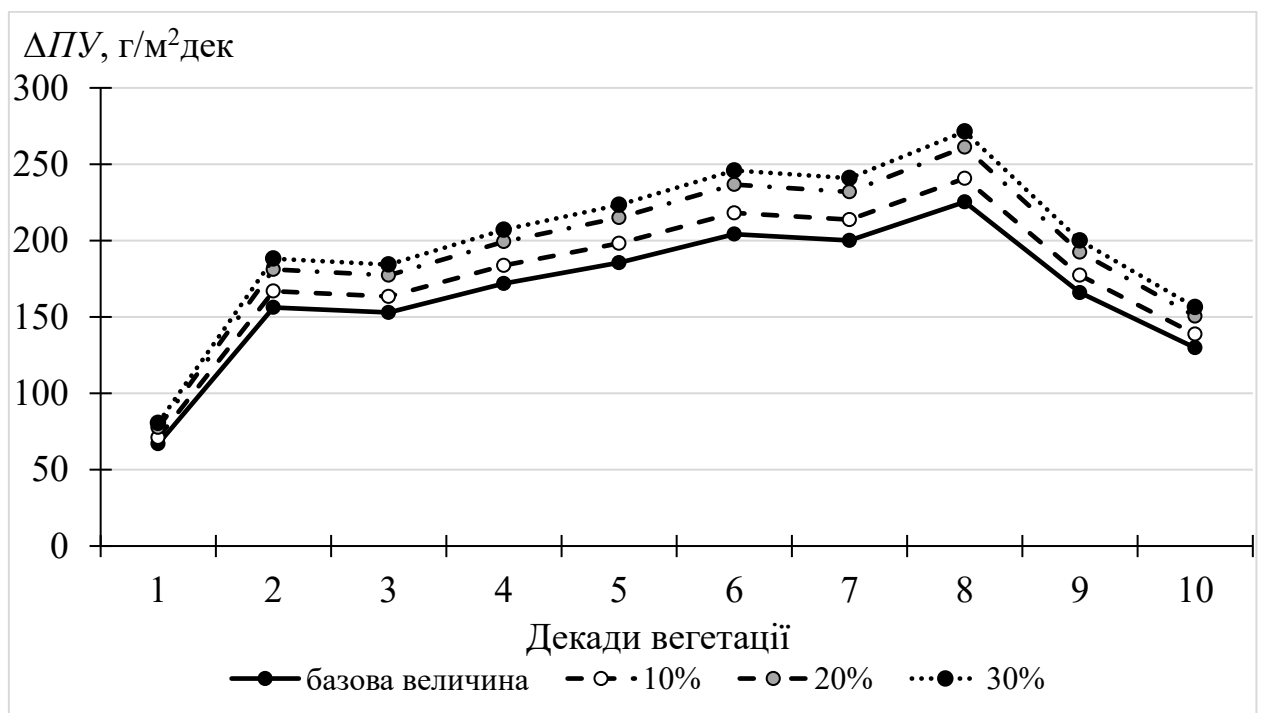


Рисунок 4.1 – Динаміка декадних приростів потенційного урожаю сої в Миколаївській області при різних значеннях *ККД*

Як видно із табл. 4.1 та рис. 4.1, у базовий період крива приростів потенційного урожаю ($\Delta ПУ$) починається з 66,9 г/м²дек. З другої декади вегетації прирости сухої маси $ПУ$ різко зростають і досягають максимального значення 225,3 г/м²дек у восьму декаду вегетації, потім поступово знижуються і в останню декаду вегетації становлять 129,8 г/м²дек.

При *ККД* використання сонячної радіації 10 % потенційний урожай сої в Миколаївській області починається з відмітки 71 г/м²дек, потім поступово

збільшується і восьму декаду вегетації досягає максимальної позначки 240,7 г/м²дек і на кінець періоду становить 138,7 г/м²дек.

При збільшені *ККД* на 20 та 30 % спостерігається аналогічна картина. На початок першої декади *ПУ* починається з відмітка 77,6 та 80,6 г/м²дек відповідно, поступово підвищують у восьму декаду досягає максимального значення 261,2 та 271,4 г/м²дек відповідно. Після цього поступово знижується і наприкінці вегетації становить відповідно 150,5 та 156,4 г/м²дек.

В залежності від величини урожаю сухої маси рослин формується і різний урожай бобів сої. Так при базовій величині *ККД* потенційний урожай бобів становить 75,6 ц/га, при збільшені *ККД* на 10 % - 80,4 ц/га, при збільшені *ККД* на 20% - 87,6 ц/га, а при збільшенні *ККД* до 30 % - урожай бобів зростає до 91,1 ц/га.

Як уже раніше зазначалося рівень *ПУ* лімітується фактором тепла і вологи. Ці два фактори визначають рівень наступної агроєкологічної категорії врожайності – метеорологічно-можливий урожай.

Розглянемо умови вирощування сої в Миколаївській області. В даній області вирощуються ранньостиглі, середньостиглі та скоростиглі сорти сої. Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (*T_{opt}*). Ця температура має нижню (*T_{opt1}*) та верхню межу (*T_{opt2}*).

Як видно із табл. 4.2 різниця між нижньою (*T_{opt1}*) та верхньою (*T_{opt2}*) межами температурного оптимуму становить 3,4 °С. Нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу цієї культури починається з температури 11,9 °С, поступово підвищується, досягає максимуму у сьому декаду вегетації – 19,7 °С, потім поступово знижується і на десяту декаду вегетації становить 18,4 °С.

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності сої в Миколаївській області

Декади вегетації	Сума ΦAP за декаду, кДж/см ² дек	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °С			Сумарне випаро- вування, мм	Випаро- вува- ність, мм	Відносне волого- забезпечення, відн. од.	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа (T_{opt1})	верхня межа (T_{opt2})	середня (T_{opt})				<i>ПУ</i>	<i>ММУ</i>	<i>ДМУ</i>	<i>УВ</i>
1	5,73	11,9	15,3	16,4	17,8	21,9	0,81	66,9	64,6	41,3	14,1
2	12,29	14,0	16,9	17,4	31,5	42,9	0,73	156,2	149,6	95,7	32,7
3	10,83	15,8	18,5	18,8	27,6	43,9	0,63	152,9	145,6	93,2	31,9
4	11,06	17,5	20,0	20,6	26,1	48,8	0,53	171,9	158,1	101,2	34,6
5	11,10	18,6	2,2	20,7	20,8	43,9	0,47	185,5	168,7	108,0	32,8
6	11,77	19,4	22,2	22,7	23,8	58,5	0,41	204,2	165,9	106,1	32,3
7	11,63	19,7	22,9	22,6	20,7	58,5	0,35	200,1	159,9	102,4	31,1
8	14,00	19,4	22,6	23,3	20,7	64,3	0,32	225,3	156,4	100,1	30,4
9	11,64	18,9	22,3	23,3	17,6	63,4	0,28	165,9	105,0	67,2	20,4
10	10,64	18,4	21,6	22,2	13,9	52,6	0,26	129,8	85,2	54,5	16,6

Верхня межа на початку вегетації становить 15,3 °С, досягає максимальних значень 22,9 °С у сьому декаду, коли спостерігається максимальний приріст рослинної маси, і на кінець вегетації знижується до 21,6 °С.

Середня за декаду температура повітря коливалась від 16,4 до 23,3 °С. В першу декаду вегетації середня за декаду температура повітря становить 16,4 °С (табл. 4.2 та рис. 4.2), далі плавно підіймається, досягає максимуму в восьмій та дев'ятій декаді вегетації – 23,3 °С поступово знижується до позначки 22,2 °С.

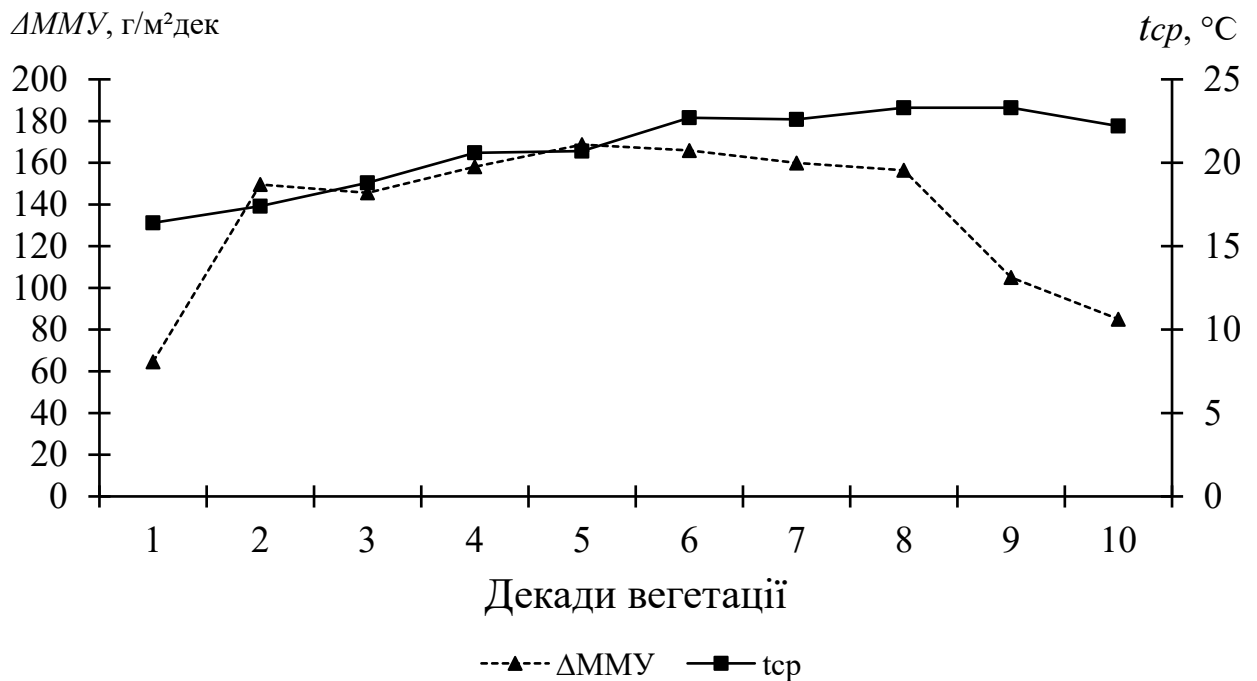


Рисунок 4.2 – Динаміка температурного режиму (t_{cp}) та приростів метеорологічно-можливого урожаю ($\Delta M M U$) сої в Миколаївській області

Метеорологічно-можливий урожай ($\Delta M M U$) відображує комплексний вплив основних метеорологічних чинників і являє собою інтегральну характеристику агрометеорологічних ресурсів даної території. Аналіз кривої приростів ММУ сої показав, що вона починається з позначки 64,6 г/м²дек. (рис. 4.2). Далі крива різко зростає до позначки 149,6 г/м²дек. У наступні

періоди спостерігається її плавний ріст. Максимальне значення спостерігається в п'ятій декаді вегетації, тобто II декаді червня (період цвітіння-утворення бобів) і складає 168,7 г/м²дек. Потім прирости ММУ поступово знижуються і на кінець вегетації становлять 85,2 г/м² дек.

Соя висуває підвищені вимоги до вологи, хоча і не однакові в усі періоди вегетації. Вона досить посухостійка в початковий період росту до цвітіння, але недолік вологи в цей час знижує продуктивність рослин сої та розвиток нижніх бобів. З фази цвітіння потреба у волозі дуже різко зростає, що пов'язано з інтенсивним розвитком зеленої маси і збільшенням поверхні випаровування.

Розглянемо динаміку показників водного режиму посівів сої протягом вегетації (рис. 4.3).

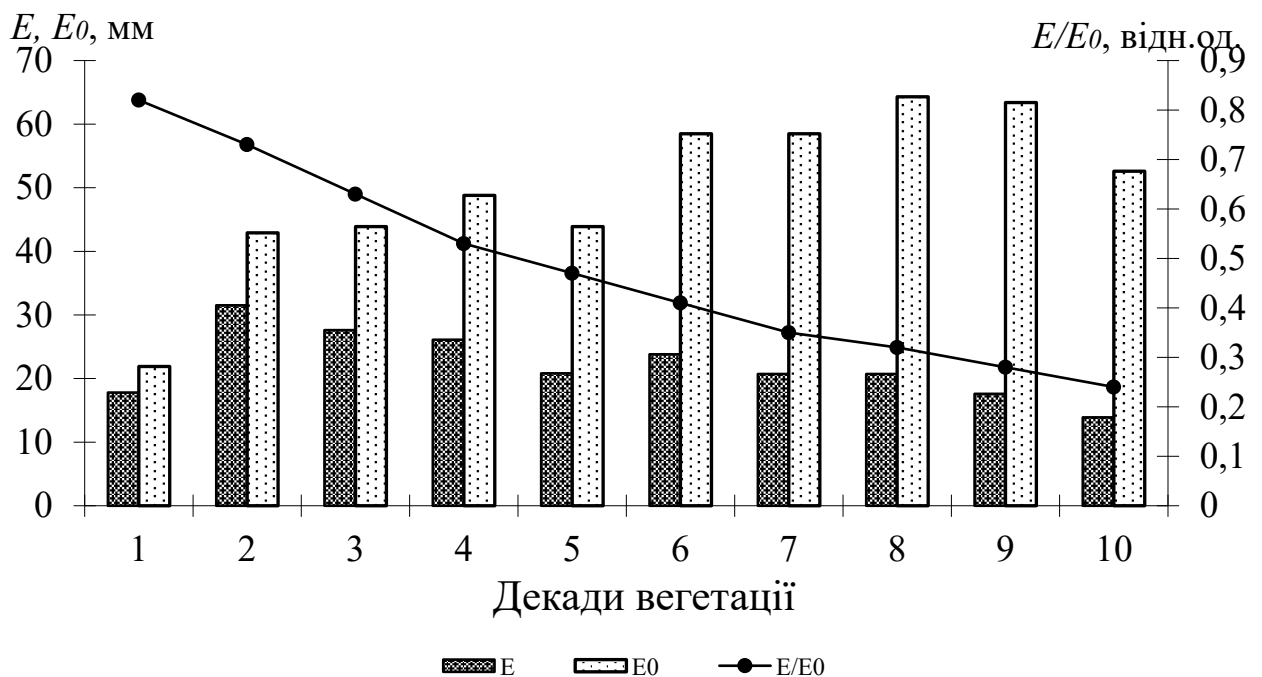


Рисунок 4.3 – Декадний хід характеристик водного режиму посівів сої в Миколаївській області: E – сумарне випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Як видно з рис. 4.3 і табл. 4.2 сумарне випаровування (E) в першій декаді вегетації від сходів становить 17,8 мм, потім у міру зростання температури

повітря сумарне випаровування зростає до 31,5 мм у другій декаді вегетації. Потім повільно знижується і до кінця вегетації відбувається різке зниження до позначки 13,9 мм.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетації сої складає 21,9 мм, потім поступово збільшується і досягає максимуму в восьму декаді до позначки 64,3 мм. Далі починає зменшуватись і в останню декаду вегетації становить 52,6 мм.

Крива відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів. Відношення E/E_0 (рис. 4.3), починається з відмітки 0,81 відн. од. В наступні декади поступово знижується, досягає найнижчих значень і на кінець вегетації становить 0,26 відн. од.

Хід динаміки приростів дійсно-можливого урожаю ($\Delta ДМУ$) представлений на рис. 4.4.

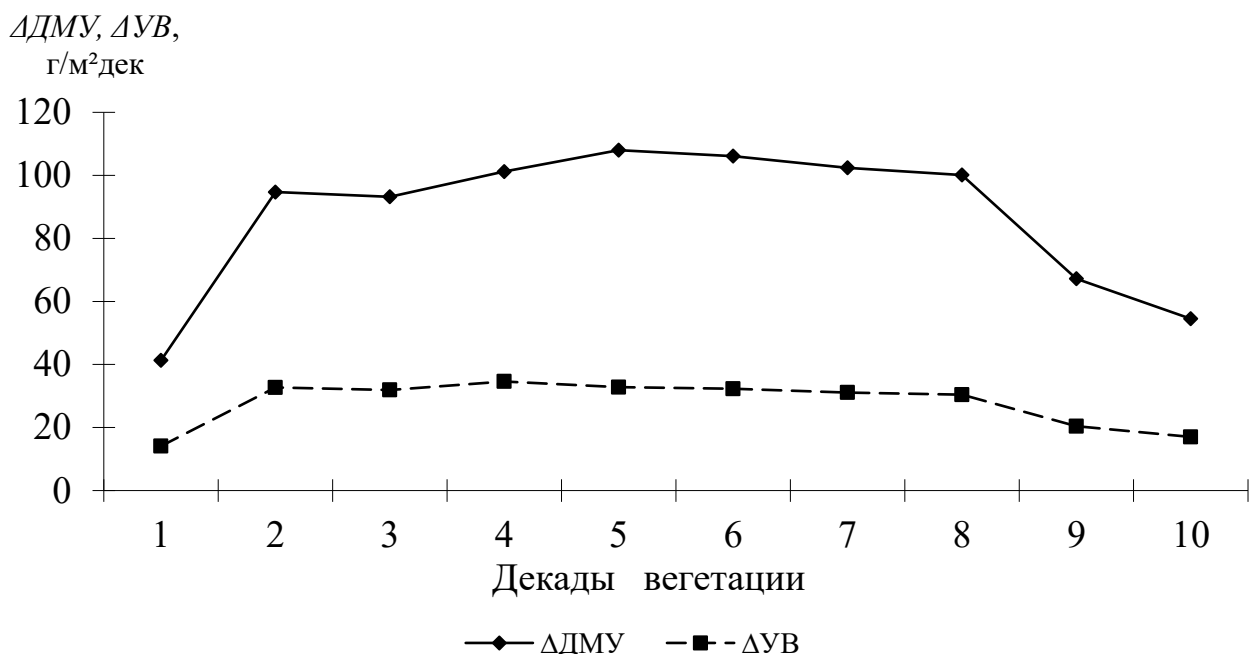


Рисунок 4.4 – Динаміка приростів дійсно-можливого урожаю ($\Delta ДМУ$) та урожаю в виробництві ($\Delta УВ$) сої в Миколаївській області

Як видно з рис. 4.4 крива приростів *ДМУ* починаються з позначки 41,3 г/м² дек, далі різко зростає і в п'ятій декаді вегетації досягає максимальної позначки 108,0 г/м² дек. Після п'ятої декади вегетації прирости *ДМУ* поступово зменшуються і в останню декаду вегетації прирости *ДМУ* становлять 54,5 г/м² дек.

Крива приростів урожаїв у виробництві (*ДУВ*) починається з 14,1 г/м² дек (рис. 4.4). Після чого різко зростають у другій декаді вегетації і складають 32,7 г/м² дек. Найбільші значення приростів *УВ* спостерігається в середині періоду (в п'ятій декаді вегетації) і досягли максимуму 32,8 г/м² дек. Після цього зменшення приростів *УВ* йде досить плавно до кінця вегетації і становить 16,6 г/м² дек.

На підставі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик агрокліматичних умов вирощування та продуктивності сої в Миколаївській області, значення представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності сої в Миколаївській області

№	Загальні показники за період вегетації	Миколаївська область
1	Сума ФАР, кДж/см ²	110
2	Сума опадів, мм	169
3	Потреба рослин у волозі, мм	503
4	Оцінка ступеня сприятливості метеорологічних умов, відн.од. (Км)	0,82
5	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.(Какл)	0,30
6	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од. (Кагро пот)	0,45
7	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од. (Кземл)	0,31

Продовження таблиці 4.3

8	<i>ПУ</i> бобів, ц/га	75,6
9	<i>ММУ</i> бобів, ц/га	61,9
10	<i>ДМУ</i> бобів, ц/га	39,6
11	<i>УВ</i> бобів, ц/га	12,5

Як видно із табл. 4.3 видно, що сума ФАР за вегетаційний період сої в Миколаївській області склала 110 кДж/см², опадів за це період спостерігалось 169 мм, це дуже мало, тому що волога є важливим фактором для розвитку сої, тому і потреба сої у волозі склала 503 мм.

Були розглянуті загальні характеристики агрокліматичних умов вирощування сої. А саме: ступінь сприятливості метеорологічних умов (*Км*) вирощування сої характеризує співвідношення *ММУ* і *ПУ*, який склав 0,82 відн.од.

Співвідношення *УВ* і *ММУ* дає можливість оцінити ефективність використання агрокліматичних ресурсів (*Какл*), який склав 0,30 відн.од.

Співвідношення *УВ* до *ПУ* характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу (*Кагро пот*) та становить 0,45 відн.од.

Співвідношення *УВ* і *ДМУ* в реальних умовах можна розглядати як показник умов використання агротехніки. Оцінка культури землеробства (*Кземл*) сої становить 0,31 відн. од.

Розраховані значення дозволили оцінити розподіл різних агроекологічних категорій бобів при його стандартної 14%-ній вологості. Як бачимо з табл. 4.3 потенційний урожай бобів сої склав 75,6 ц/га, метеорологічно-можливий урожай бобів сої – 61,9 ц/га, дійсно-можливий урожай бобів сої – 39,6 ц/га та урожай бобів сої у виробництві склав 12,5 ц/га.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної бакалаврської кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Вивчені фізико-географічні та агрокліматичні особливості Миколаївської області.

2. Вивчені ботанічні характеристики та біоекологічні особливості сої. Наведена характеристика сучасних сортів сої, які районовані в Україні та в Миколаївській області, а також досліджена технологія вирощування сої.

3. Проаналізовані часові ряди урожайності сої на території Миколаївської області за період 1990-2019 рр. за допомогою методу гармонійних зважувань. Протягом останніх років на досліджуваній території відбувалося суттєве збільшення урожайності сої. Аналіз трендової компоненти урожайності свідчить про покращення рівня культури землеробства в Миколаївській області.

Середня урожайність бобів сої по області склала 12,1 ц/га. Найменший урожай спостерігався в 1992 та 2007 році – 4,1 ц/га відповідно, а найбільший у 2018 році - 17,4 ц/га.

Аналіз відхилень урожайності від тренду показав, що найбільш несприятливим для вирощування сої був 2007 р., а саме в цьому році спостерігалися найбільш від'ємні відхилення від лінії тренду – 5,83 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. Найбільш сприятливим для вирощування сої був 2009 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 4,67 ц/га.

4. Виконана оцінка агрокліматичних умов формування агроєкологічних рівнів урожайності сої в умовах Миколаївської області. Оскільки в умовах достатньої тепло та вологозабезпеченості потенційний врожай (ПУ) визначається надходженням сумарної радіації і її використання рослинами

прирізних значеннях коефіцієнта корисної дії (*ККД*) були розраховані значення *ПУ* прирізних значеннях *ККД*: 10 , 20 та 30 %. Виявлено, що, максимальний приріст потенційного урожаю сої при збільшені *ККД* на 10 % спостерігається в восьму декаду вегетації і становить 240,7 г/м²дек при сумі *ФАР* – 14,0 кДж/см²дек. При збільшені *ККД* на 20 та 30 % максимальний приріст потенційного урожаю становить 261,2 та 271,4 г/м²дек відповідно, при сумі *ФАР* – 14,0 кДж/см²дек.

5. Були розраховані показники вологозабезпеченості вегетаційного періоду сої (E_f/E_o). З врахуванням показника вологозабезпеченості були розраховані прирости *ДМУ*. Максимальні прирости дійсно-можливого (*АДМУ*) і метеорологічно-можливого урожаїв (*ДММУ*) спостерігаються в п'ятій декаді вегетації та становлять 168,7 та 108,0 г/м²·дек відповідно. Урожаю сої у виробництві (*ΔУВ*) також характерні максимальні прирости у п'ятій декаді вегетації – 32,8 г/м²·дек.

6. На основі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик агрокліматичних умов вирощування і продуктивності сої в Миколаївській області.

Таким чином, підвищення рівня *УВ* та доведення його до *ДМУ* вимагає ретельного дотримання всіх способів агротехніки, виконання їх в повній відповідності агрометеорологічним умовам на конкретному полі. Наближення *ДМУ* до *ММУ* вимагає виконання робіт з підвищенням родючості ґрунту. Різниця між *ММУ* і *ПУ* компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також правильного вибору сортів. Підвищення рівня *ПУ* забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

У цілому можна зробити висновок, що для отримання високих та сталих урожаїв сої в Миколаївській області необхідно її вирощувати при зрошенні і дотримуватися відповідних норм агротехніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Миколаївській області: (1986–2005 рр). / М-во надзвичайних ситуацій України / за ред. Л.М. Дуранік, Т.І. Адаменко. Миколаїв, 2011. 190 с.
2. Бабич А. О., Колісник С. В., Побережна А.А., Немцов А.С. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні // Пропозиція. 2002. №5. С. 38–40.
3. Бабич А. О., Бабич-Побережна А.А. Селекція і розміщення виробництва сої в Україні: монографія. К. : ФОП Данилюк В. Г., 2008. 216 с.
4. Вишняков М.А. Яньков И.М. и др. Горох, бобы, фасоль, соя. С-Петербург: Агропромиздат, 2001. 221 с.
5. Енкен В.Б. Соя. М.: Гос. из-во с.-х. лит, 1959. 622 с.
6. Заверюхин В.И., Левандовский И.Л. Производство и использование сои. К.: Урожай, 1988. 112 с.
7. Кириченко В.В., Петренкова В.П. та інш. Захист сої від хвороб і шкідників/ Українська академія аграрних наук. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Центр генетичних ресурсів України: посібник українського хлібороба. Науково-практичний збірник. 2008.
8. Лещенко А.К. Важнейшие биологические особенности сои. Культура сои (происхождение, распространение, основные ботанические и биологические особенности). К.: Наук. думка, 1978. С. 97-165.
9. Методичні вказівки до виконання бакалаврських кваліфікаційних робіт для студентів за спеціальністю 101 «Екологія» (Агроєкологія та управління агроєкосистемами) / Польовий А.М., Божко Л.Ю., Жигайло О.Л., Барсукова О.А., Толмачова А.В. Одеса, ОДЕКУ, 2019. 30 с.
10. Огурцов Є.М., Міхеєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / за ред. М.А. Бобро. Х.: ХНАУ, 2016. 272 с.

11. Олійні культури в Україні: монографія / за ред. А.В. Чехова. К.: Основа. 2007. 416 с.
12. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 318 с.
13. Платонова Т.Ф. Прогнозирование динамики урожайности сельскохозяйственных культур. – Кишинев : Штиинца, 1983. – 87 с.
14. Поздняков В. Г., Посыпанов Г. С. Современное состояние, проблемы возделывания и использования сои // Соя: Научно-производственный справочник. М. : ЦНСХБ, 1998. С. 6-24.
15. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
16. Полевой А.Н., Толмачова А.В. Моделирование динамики приростов агроэкологических параметров урожайности сои в Степной зоне Украины. Весці БДПУ, 2015. Серія 3. Вип. 1. С. 41- 45.
17. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. В сб. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. Вип. 48. С. 195-205.
18. Росс Ю. К. Система уравнений для количественного роста растений //В кн.: Фитоактинометрические исследования растительного покрова. Таллин: Валгус, 1967. С.64–88.
19. Рослинництво: підручник / за ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591с.: іл.
20. Соя: биология, производство, использование (ред) / под ред. Гурикбала Сингха. Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. 656 с.
21. Січкач В. І., Ляшок А.К., Мусич В.М. Фізіологічна реакція сортів сої на посуху і підвищену температуру. Физиология и биохимия культурных растений. 2001. №6. С. 497–503.
22. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.

23. Фадеев, Л. В. Соя: культура XXI века: научное издание. Харьков, 2016. 431с.
24. Френкель А.А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. М.: Экономика, 1972. 190 с.
25. Dencescu S. Cultura soia / S. Dencescu, E. Micles, A. Butica. Illinois, 1982. 227 p.
26. Gurry R.B. Dynamic simulation of plant growth. Development of a model //Trans. ASAE.- 1971. – Vol. 14, № 5 - P. 23-31.
27. Вирощування сої за класичною технологією [Електронний ресурс] / <https://kurkul.com/spetsproekty/636-viroschuvannya-soyi-za-klasichnoyu-tehnologiyeyu#rec131633127>. (дата звернення 24.05.2020 р.)
28. Іванюк С. Сучасна селекція сої. Агрономія сьогодні. 2014. № 17 (288) вересень. Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua>
29. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 14 квітня 2016 рік / Державна ветеринарна та фіто санітарна служба України. Електронний ресурс: www.vet.gov.ua.
30. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 20.05.2020 р.)
31. Основные фазы развития сои [Електронний ресурс] / <https://agroperspectiva.com.ua/ru/osnovnye-fazy-vegetacii-soi>. (дата звернення 22.05.2020 р.)
32. Урожай онлайн 2017-2019 pp // <https://latifundist.com/urozhaj-online-2018> (дата звернення: 20.05.2020 р.)