

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ АГРОЕКОЛІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАЛІНІЧЕНКО Володимир Миколайович

УДК 633.34: 631.529 (427.44)

**АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА
МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ
НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЇ В УМОВАХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

03.00.16 - екологія

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук**

Житомир - 2005

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті кормів УААН та Полтавській державній аграрній академії

Науковий керівник - доктор сільськогосподарських наук, доцент
ПИСАРЕНКО Павло Вікторович,
Полтавська державна аграрна академія,
декан агрономічного факультету

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
СТРЕЛЬЧЕНКО Володимир Петрович,
Державний агроєкологічний університет (м.Житомир),
завідувач кафедри ґрунтознавства та землеробства

кандидат сільськогосподарських наук
КОВАЛЕНКО Наталія Петрівна,
Інститут землеробства УААН,
старший науковий співробітник
лабораторії сівозмін

Провідна установа – Державний аграрний університет, м.Біла Церква,
кафедра землеробства

Захист відбудеться 22 травня 2005 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К14.083.01 у Державному агроєкологічному університеті (м. Житомир) за адресою: 10008, м. Житомир, вул. Старий Бульвар, 7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного агроєкологічного університету (м. Житомир) за адресою: 10008, м. Житомир, вул. Старий Бульвар, 7

Автореферат розісланий 10 травня 2005 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Побірський М.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Соя є однією з найбільш продуктивних бобових культур з високим вмістом сирого протеїну та жиру. Крім того, завдяки своїй здатності вступати в симбіотичні взаємовідносини з бульбочковими бактеріями, соя є надзвичайно цінною культурою для забезпечення сталого розвитку агроєкосистем. Сьогодні вона займає провідне місце у світовому виробництві сільськогосподарської продукції, а обсяги площ, зайнятих під цю культуру, мають стійку тенденцію до збільшення (Бабиш А.О., 2002). Отримання високих і стабільних врожаїв сої є важливим завданням аграрного сектору України.

Урожай конкретного виду рослинної продукції залежить не тільки від особливостей самої рослини, але й є результатом функціонування агрофітоценозу, що формується навколо неї як цілісна система. Виявлення окремих ефективних агроприйомів у спеціально створених із цією метою експериментальних ситуаціях у більшості випадків не враховує їх впливу на структуру й функціонування біоценозу як системи. Це призводить до неадекватної оцінки окремих агроприйомів і у подальшому до виникнення екологічної напруги в агроценозі (Кучерявий В.П., 2000).

Підвищити одночасно врожайність сільськогосподарських культур, родючість та енергетичний стан ґрунтів можливо якраз за рахунок активізації біологічного потенціалу агроєкосистем та їх складових елементів на всіх рівнях, заміни значної частини антропогенної енергії внутрішньою енергією біологічних процесів (Царенко О.М, Кабацький М.О., 2000). Підбір орієнтованих до конкретних агрокліматичних умов сортів, з великим адаптивним потенціалом відповідно до агроєкологічних умов зони вирощування, дозволяє підвищити продуктивність посівів за рахунок максимального використання генетичного потенціалу сільськогосподарських культур і оптимального застосування агротехнічних прийомів. Це створює сприятливі умови для розвитку рослини та знижує екологічну напругу у агроценозі (Михайлов В.Г., Січка В.І., 1985; Шерепітько В.В., 2002). З огляду на підвищення частоти погодних аномалій, оптимізація сортового складу сільськогосподарських культур є перспективним шляхом підвищення урожайності та стабілізації зборів зерна сої (Шевченко А.О., Просунко В.М., 1998).

Таким чином, дослідження відзиву сортів сої на індекси кліматичних умов за допомогою математичної моделі є надзвичайно важливим для об'єктивної інтерпретації особливостей взаємодії генотип – гідротермічні умови. Такий підхід дозволяє значно збільшити точність сільськогосподарських прогнозів та свідомо й обґрунтовано підібрати сорти сої для вирощування у зоні Центрального Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження здійсню-

вались протягом 1998-2004 рр. відповідно до науково-технічних програм “Кормовиробництво” завдання “Розробити технології виробництва інтенсивних сортів зернобобових культур” (№ держреєстрації 0196 U 018128) Інституту кормів УААН та програми „Розробка та впровадження ресурсозберігаючих, відповідаючих вимогам охорони праці і екологічної безпеки технологій вирощування екологічно чистої продукції рослинництва” (№ 0198 U 0071244) Полтавської державної аграрної академії.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – теоретичне обґрунтування, розробка науково-методичних засад, практичних заходів, методів і моделей оптимізації впливу гідротермічних факторів на процес вирощування сої різних груп стиглості в агроєкосистемах.

Відповідно до поставленої мети досліджень були вирішені такі завдання:

- виявити міру залежності величини врожайності та якості зерна сої різних сортів і груп стиглості від гідротермічних умов року на основі багаторічних даних для років з різним рівнем тепло- та вологозабезпечення;
- провести статистичний аналіз виявлених закономірностей та встановити існуючі тенденції;
- побудувати прогнозну модель впливу зовнішніх факторів на технологічні процеси вирощування сої різних груп стиглості.

Об’єкт дослідження - формування потенціалу продуктивності, якісних і кількісних показників урожайності в залежності від агроєкологічних факторів вегетативного періоду.

Предмет дослідження - фактори формування продуктивності сої (42 сорти сої, погодні умови тощо).

Методи дослідження:

- польовий метод – вивчення впливу погодних умов, агрозаходів на урожайність та якість зерна сої;
- лабораторний метод – визначення кількісних і якісних характеристик об’єкту дослідження фізико-хімічними, хімічними та іншими методами;
- статистичний метод – встановлення вірогідності отриманих результатів, функціональних залежностей між різними чинниками і процесами на основі регресійного та дисперсійного методів аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі системного дослідження впливу агроєкологічних факторів на урожайність та якість зерна сої у зоні Центрального Лісостепу України вперше теоретично обґрунтовано доцільність проведення оптимізаційних заходів із урахуванням впливу гідротермічних факторів у процесі вирощування сої різних груп сти-

гlostі. За результатами дослідження підібрані сорти сої, пластичність яких значною мірою відповідає умовам зони Центрального Лісостепу та вирощування яких дозволяє отримувати високі й стабільні врожаї з високою якістю зерна.

Створено схему взаємодії елементів біологічної системи розвитку рослини сої, яка дала можливість об'єктивно дослідити потоки інформації в ній. Вперше на основі довго- та середньотривалих метеорологічних прогнозів за рахунок впровадження математичної моделі отримано прогноз урожайності та якості різних сортів сої в залежності від погодних умов у різні періоди вегетації.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено рекомендації щодо формування сортової структури посівів сої з урахуванням екологічних факторів, агрокліматичних прогнозів на рік, потенційних біологічних можливостей сортів та вимог щодо екологічно безпечного ведення сільськогосподарського виробництва.

Розроблено прогнозну модель впливу агроекологічних умов на урожайність і якість насіння сої, за допомогою якої можливо з певною ймовірністю визначити кількісні та якісні показники очікуваного врожаю. Модель рекомендовано використовувати також для оцінки нових високопродуктивних сортів сої вітчизняної селекції для зони Центрального Лісостепу України із комплексною стабільністю щодо несприятливих умов навколишнього середовища.

Особистий внесок здобувача. Дисертант брав участь у розробці програми досліджень, особисто провів польові, лабораторні та інші експериментальні дослідження, узагальнив одержані результати у друкованих наукових працях, сформулював висновки, підготував пропозиції виробництву, розробив схему біологічного процесу розвитку сої за фенологічними фазами з представленням потоків інформації в ній, створив прогнозну модель цього процесу.

Апробація роботи. Основні положення й окремі розділи роботи розглядались і схвалені на: Міжнародній конференції "Генеза, географія та екологія ґрунтів" (Львів, 1999); Всеукраїнському науково-практичному семінарі "Насінництво кормових культур в сучасних умовах господарювання" (Київ, 1999); Міжнародному симпозіумі ВПС МОББ (Одеса, 1999); VIII Міжнародній науковій конференції ім. академіка М. Кравчука (Київ, 2000); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Землеробство України в XXI столітті" (Київ, 2000); Регіональній науково-практичній конференції "Бізнес і екологія" (Донецьк, 2001); Міжнародній науковій конференції "Биологические ресурсы и устойчивое развитие" (Москва, Пущино, 2001); Міжнародній науковій конференції "Обчислювальна та прикладна математика" (Київ, 2002); I Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Біотехнологія. Освіта. Наука." (Київ, 2003); VII Міжнародній науко-

во-практичній конференції „Наука і освіта 2004” (Дніпропетровськ, 2004); засіданні вченої ради агрономічного факультету Полтавської державної аграрної академії (Полтава, 2004).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць, з яких 7 статей у наукових фахових журналах і збірниках, 11 – у збірниках тез і матеріалів конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 180 сторінках машинописного тексту, включає 39 таблиць, 13 рисунків і 7 додатків. Робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків і рекомендацій виробництву. Список використаних джерел охоплює 209 найменувань, у тому числі 40 іноземними мовами.

ЗМІСТ РОБОТИ

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У контексті сучасних уявлень про стратегічні цілі й пріоритети розвитку агропромислового комплексу України висвітлені питання щодо шляхів екологізації сільськогосподарського виробництва та збереження природного середовища. Вивчено методи підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок активізації біологічного потенціалу агроєкосистем і ефективного використання ресурсів їх енергії.

Проведено аналіз результатів досліджень вітчизняних і закордонних вчених щодо ступеня та характеру впливу агроєкологічних факторів на процес вирощування сої у основні етапи фенологічного розвитку рослини. Значну увагу приділено аналізу існуючих математичних моделей біологічних об'єктів та методів прогнозування урожайності окремих сільськогосподарських культур.

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчали 42 сорти сої, що віднесені до трьох груп стиглості. Сорти сої мають різне походження та суттєво відрізняються між собою за строками стиглості, відношенням до різних факторів навколишнього середовища.

У ролі фактора „умови” виступають агрокліматичні та погодні умови років, у яких проводились дослідження. Гідротермічний режим у різні роки і навіть у різні фази росту та розвитку рослин суттєво відрізнявся.

Вплив агроєкологічних факторів вивчали на кількісних і якісних показниках врожайності сої, зокрема вмісті у зерні протеїну та жиру.

Дослідження проводили в дослідному господарстві "Бохоницьке" Інституту кормів УААН (Вінницька обл.).

Ґрунти дослідної ділянки – сірі лісові середньосуглинкові на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту складає 2,1-2,3 % (за методом Тюріна у модифікації Сімакова); рН (сольове) (рН-метричним методом) – 4,9-5,3; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 3,5-3,8; сума ввібраних основ (за Каппеном – Гільковіцем) – 12,9-13,6 мг.екв. на 100 г ґрунту; гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 7-9 мг; рухомого фосфору й обмінного калію (за Чиріковим) – відповідно 10-12 і 13-14 мг на 100 г ґрунту.

При проведенні польових дослідів і фенологічних спостереженнях керувались “Методикою польового дослідів” (1973) і “Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур” (2001).

Попередники в польових дослідів – озима пшениця, кукурудза на силос і ярий ячмінь, повторність – трьох-шестиразова. Площа облікової ділянки – 25-50 м². Сою висівали при встановленні стійкої температури 12°C у ґрунті на глибині 10 см. Спосіб сівби – широко-рядний з міжряддям 45 см та рядковий з міжряддями 15 см. Насіння в день посіву оброблялось мікробним препаратом ризобофітом.

Облік урожаю сої проводили методом суцільного збирання та зважування насіння із всієї облікової ділянки. Врожай насіння сої перераховувався на 100 % чистоту і 14 % вологість. Хімічний склад насіння визначали за допомогою інфрачервоного аналізатору якості продукції NIR 4250.

При зборі даних агрокліматичних умов на період дослідження ми використовували стандартні щоденні форми звітності Вінницької метеорологічної станції (ТСХ-8, ТСХ-11) за вегетаційний період (квітень – вересень). До них входить: температура повітря (середня, мінімальна та максимальна), відносна вологість повітря, опади, температура ґрунту на глибинах 5, 10, 15 і 20 см, запаси продуктивної вологи на глибині 0 – 20 см, 0 – 50 см і 0 – 100 см.

РЕАКЦІЯ СОЇ РІЗНИХ СОРТІВ НА ГІДРОТЕРМІЧНІ УМОВИ ЗОНИ ВИРОЩУВАННЯ

На основі статистичного аналізу 42 сортів сої досліджено в якій мірі показники урожайності цієї культури, за однакових умов зони вирощування та застосованих агротехнічних прийомів, обумовлюються генетичними особливостями сорту (групи сортів). Отримані результати дозволяють зробити висновок, що за однакових погодних умов, термінів посіву і т. ін. спостерігається варіювання розмірів середньобагаторічної врожайності сої різних сортів від 1,77 у сорту Устя до 2,81 т/га у сорту Фаетон. Різниця між найбільшим (0,56 т/га) та найменшим (- 0,48 т/га) відхиленням від середньої урожайності по колекції (розмах варіації) у цій групі складає 1,04 т/га (46,4 %).

У ході аналізу розраховано значення середньої урожайності за рік та зроблено оцінку пластичності сортів сої. Для цього для кожного з досліджуваних сортів нами розраховано коефіцієнт пластичності, який характеризує ступінь впливу агрокліматичних умов на урожайність, вміст протеїну та жиру у зерні сої: $K_{пл} = \sigma / x_{сер} \cdot 100\%$, де $K_{пл}$ – коефіцієнт пластичності; σ – середнє квадратичне відхилення показника від середнього по колекції; $x_{сер}$ – середнє багаторічне значення показника.

Проведений аналіз дозволив виявити перспективні сорти, які за будь-яких погодних умов давали у зоні Центрального Лісостепу високі врожаї, сорти сої з достовірно низькою врожайністю та сорти, урожайність та якість яких у значній мірі залежить від погодних умов року.

За роки дослідження при середній урожайності по колекції 2,25 т/га достовірно вищу за середній показник урожайність показали ранньостиглі сорти Фаєтон, Ізумрудна, Медея (відповідно 2,81; 2,64 та 2,54 т/га); середньостиглі – Подільська 416, Подільська 1, Агат (відповідно 2,76; 2,68 та 2,59 т/га); пізньостиглі – Чернівецька 8 (2,60 т/га) та Оксана (2,56 т/га). Навпаки низькою була урожайність таких ранньостиглих сортів, як Устя, Київська 451, Київська 91, Харківська 35 (відповідно 1,77; 1,83; 1,92 та 1,96 т/га); середньостиглих – Прикарпатська 81 (1,83 т/га), Харківська 56 (1,90 т/га), Прикарпатська 96 (2,03 т/га) та пізньостиглих – 1216 (8) 95 (1,81 т/га) і Октябрь 70 (1,95 т/га).

Урожайність сої сортів Побужанка, Красноградська 86, Харківська зерно кормова, Краса Поділля, Київська 98 (ранньостиглі), Артеміда, Оріана, Золотиста, Побужанка 2, Полігон 9 (середньостиглі) та Валюта, Ватра і Аполон (пізньостиглі) у значній мірі залежала від впливу гідротермічних умов року вирощування ($K_{пл} > 10$).

Дослідження вмісту протеїну та жиру сої різних сортів показали, що ці показники також значною мірою залежать від особливостей сорту. У середньому по колекції вміст протеїну був 40,19 %. Достовірно вищий вміст протеїну за роки досліджень спостерігався у ранньостиглих сортах Устя (42,65 %), Київська 451 (42,53 %), Харківська зерно кормова (41,65 %), а у таких сортах як Харківська 35 та Юг-30 цей показник був низьким (37,63 та 38,57 % відповідно).

Серед середньостиглих сортах високий вміст протеїну спостерігався у таких, як Подільська 416 (42,52 %), Оріана (42,04 %), Артеміда (41,29 %), а незначний у сортах Харківська 56 та Поділля 1 (відповідно 38,37 та 38,57 %). У пізньостиглих сортів сої позитивно зарекомендували себе Ватра та Анатоліївка (42,52 та 41,52 % протеїну), проте вміст протеїну сорту Октябрь 70 був 37,80 %. Найбільш пластичними за вмістом протеїну були сорти Харківська 56, Харківська 100, Анатоліївка, Краса поділля, Аметист та Оксана ($K_{пл} >$

4).

Вміст жиру у ранньостиглих сортах Київська 27, Юг – 30, Київська 91 та Іванка був значно вищим за середній по колекції (20,20; 19,95 та 19,82 % проти 19,00 %). Низький вміст жиру був у Харківській зернокармівній (17,42 %), Харківській 66 (17,68 %) та Фаєтоні (17,72 %).

Серед середньостиглих високий вміст жиру спостерігався у сортах Агат (21,18 %), Прикарпаття 81 (19,83 %) та Полігон 9 (19,71 %); пізньостиглих – 1216 (8) 95 (20,36 %) та Валюта (19,83 %). Незначний вміст жиру спостерігався у середньостиглих сортах Харківська 100 (17,54 %), Вікторія та Подолянка (по 18,09%) та пізньостиглих – Анатоліївка (17,92 %) та Ватра (17,46 %). Вплив гідротермічних умов найбільше позначився на вмісті жиру у сортах Аметист, Устя, Ізумрудна, Харківська 707, Хаджибей, Подільська 1, Оріана та Вікторія ($K_{пл} > 4$).

ВПЛИВ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ

Опрацювання метеорологічних даних показало, що за агрокліматичними і метеорологічними умовами досліджувані роки значно відрізнялись між собою та від середніх багаторічних показників.

Найбільш сприятливими роками для вирощування сої були 1998 та 2000, коли температура й опади наближалися до середньобагаторічних значень. Середня урожайність сортів сої досліджуваної колекції у ці роки становила відповідно 2,56 та 2,55 т/га, що на 0,31 т/га та 0,30 т/га більше середньої урожайності за 5 років досліджень. 2001 та 2002 роки були менш сприятливі для посівів сої. Суми опадів і температур за вегетаційний період були вище норми, але надзвичайна літня спека й тривала посуха негативно вплинули на урожайність та якість зерна сої. Найнесприятливішим для посівів сої виявився 1999 рік, коли урожайність колекції знизилась до 1,86 т/га, що на 0,39 т/га менше за середню. Сума опадів, що випали у весняно-літній період цього року була значно нижче за середньобагаторічні дані.

На основі даних Вінницької метеорологічної станції нами було обчислено суми ефективних температур та суми опадів за вегетаційний період для сортів сої різних груп стиглості.

Співставляючи кількісні та якісні характеристики врожаю сої з умовами навколишнього середовища, ми зробили попередній аналіз ступеня їх залежності та меж коливання (рис.1, 2).

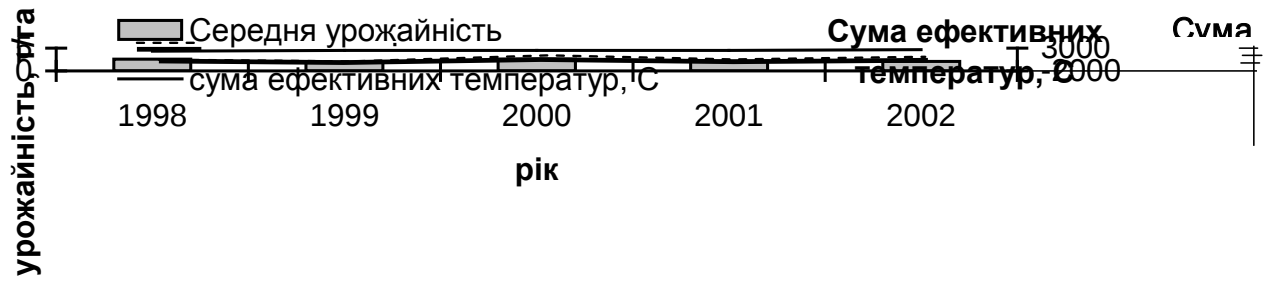


Рис.1. Вплив агроекологічних факторів на урожайність сої (1998–2002рр.)

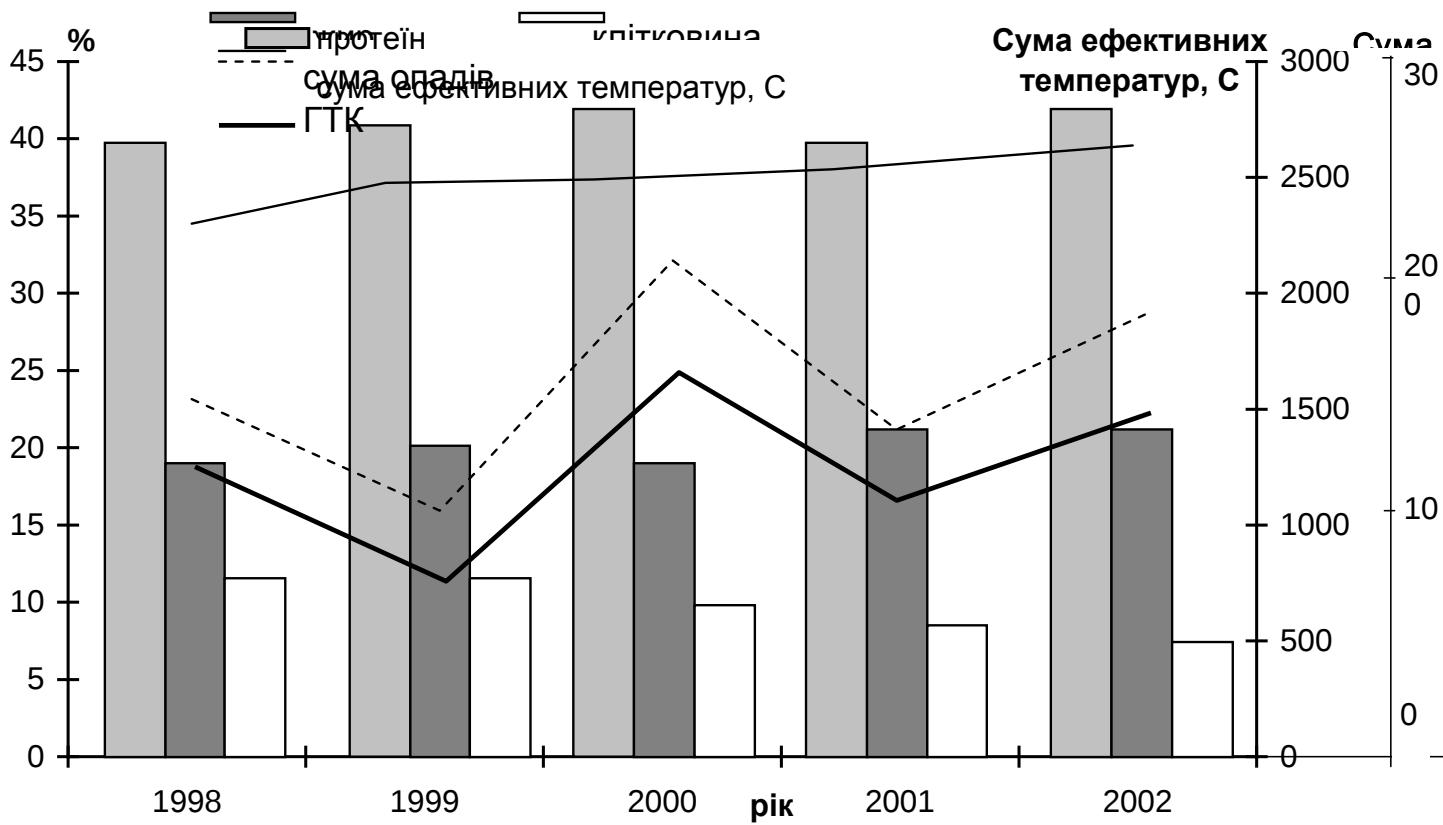


Рис. 2. Вплив агроекологічних факторів на якість насіння сої

(1998 – 2002 рр.)

Як видно з наведених рисунків, основним лімітуючим фактором урожайності сої у зоні Лісостепу є вологозабезпеченість. У роки з помірним дефіцитом вологи і рівномірним розподілом опадів протягом всього вегетаційного періоду залежність між сумою опадів та врожайністю має чітко виражений характер.

Сума опадів за вегетаційний період не може бути вичерпною оцінкою вологозабезпечення культури. Тому необхідно, особливо на перших етапах розвитку рослини, враховувати накопичені у зимово-весняний період (початкові) запаси вологи у ґрунті.

Потенційна урожайність та якість насіння сої залежить від суми активних температур. Особливо це стосується ранньостиглих сортів. Але занадто спекотлива погода літніх місяців при від'ємному балансі опадів може негативно вплинути на врожайність сої.

Кореляційний аналіз впливу гідротермічних умов на розвиток рослини сої показав суттєву різницю його ступеню на різних фенофазах розвитку.

Отже, коливання урожайності та якості насіння сої, вирощеної у однакових агрокліматичних умовах із застосуванням стандартної технології вирощування неможливо однозначно пояснити коливанням сум активних температур і опадів за весь вегетаційний період. Вивчення впливу агрокліматичних умов, особливо тих, що є лімітуючими, повинно базуватися на принципі нерівнозначності їх впливу у різних фазах розвитку рослин сої протягом всього вегетаційного періоду.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ СОЇ

Побудовано схему (рис.3), що базується на принципі нерівнозначності впливу агроєкологічних факторів на розвиток сої у різних фенологічних фазах і має блочну структуру. Основою цієї структури є природний розподіл процесу розвитку сої за її фенофазами та особливості впливу зовнішнього середовища на рослину. Показано, що розвиток рослини визначається сукупністю зовнішніх факторів (агроєкологічних умов) і внутрішніх (генетичні особливості), притаманних цій сільськогосподарській культурі.

В якості вхідних факторів нами розглядалися фактори навколишнього середовища, що впливають на процес розвитку рослини (температура повітря, температура ґрунту, опади, продуктивна волога, тривалість дня), і видові, групові та сортові особливості сої, тобто генетичний потенціал рослини, який закладений у ній в процесі селекції (група стиглості, фотоперіодизм, маса зерна і посухостікість, чутливість до тепла та вологозабезпечення на різних фазах розвитку рослини).

В якості вихідних факторів нами розглянуто особливості закінчення певної фенофази (якісні показники та тривалість проходження фенофази), які виникають внаслідок впливу агроекологічних умов (зовнішніх вхідних факторів) на рослину, яка має певні властивості. Результуючими (кінцевими) факторами є кількісні й якісні показники урожаю.

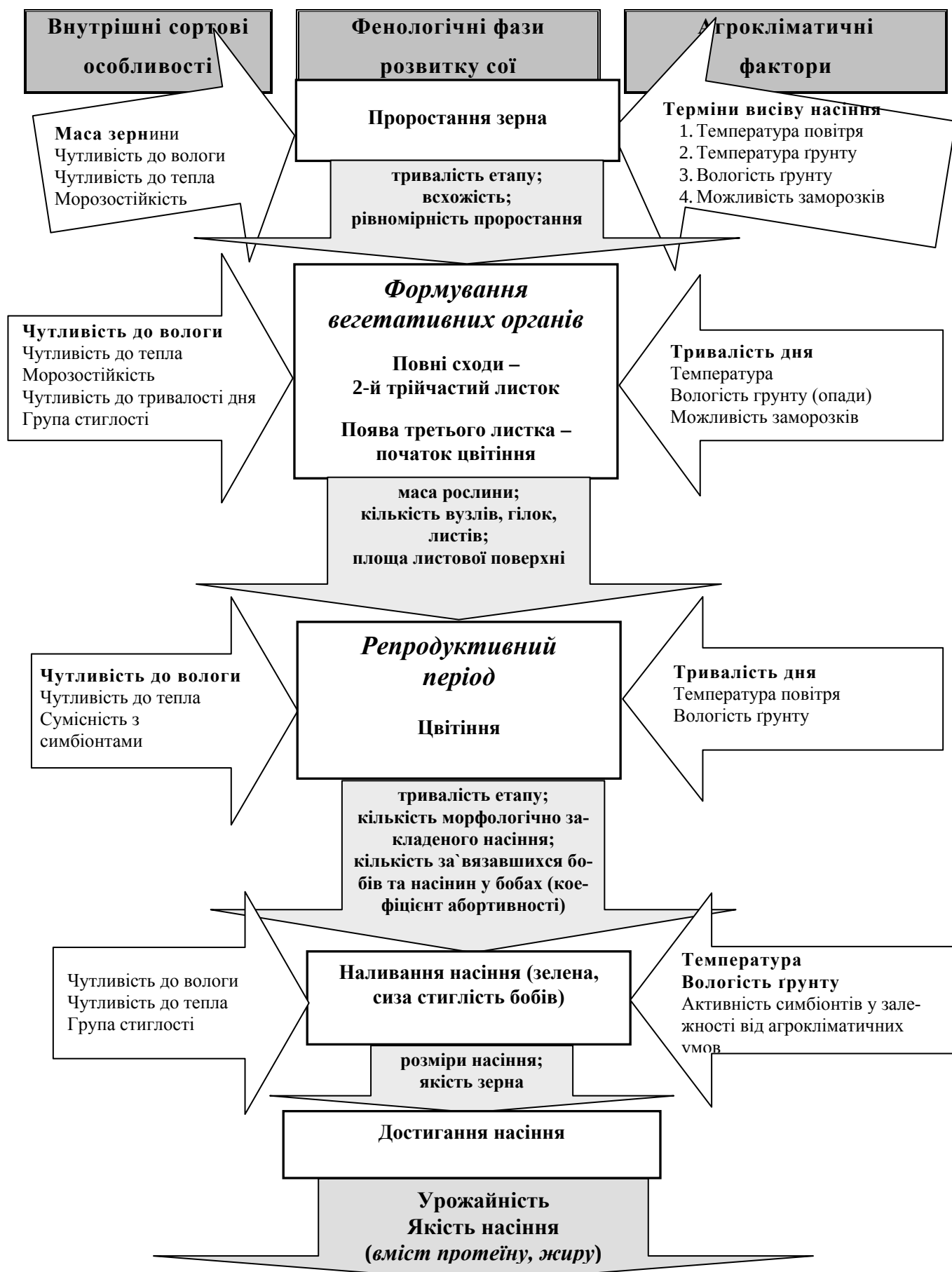


Рис. 3. Схема впливу агрокліматичних факторів на розвиток рослин сої

Таким чином, побудована нами схема проходження процесу розвитку рослин сої дозволяє простежити вплив факторів навколишнього середовища на окремих фазах розвитку рослини, з огляду на специфічну чутливість рослини, і специфічні оптимуми для кожного фактору агроекологічного впливу.

ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ЗАЛЕЖНОСТІ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ СОЇ ВІД АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У ФОРМАЛІЗОВАНОМУ ВИГЛЯДІ

Методом математичного аналізу було вибрано регресійний аналіз, який дозволяє визначити форму залежності (позитивна, негативна, лінійна, нелінійна), вид функції регресії та її коефіцієнти.

Загальний вигляд моделі:

$$PS_{sorty} = PS_{sorty} \cdot (SB_j \cdot K_{ij}^S + a_{ij}^S \cdot T_i + b_{ij}^S \cdot O_i),$$

де S – індекс, що визначає параметр, для якого будується рівняння регресії і може приймати значення: Y – урожайність, Π – вміст сирого протеїну у зерні, $\mathcal{J}$ – вміст жиру в зерні;

PS_{sorty} – прогнозне значення параметру для сорту, що вивчається;

PK_{sorty}^S – прогнозний коефіцієнт сорту, що вивчається;

SB_j – середньо-багаторічне значення параметру (для заданої групи сортів);

T_i – сума активних температур (у заданому періоді вегетації);

O_i – сума опадів (у заданому періоді вегетації);

K_{ij}^S – варіативна частина вільного члену у рівняннях регресії;

a_{ij}^S, b_{ij}^S – коефіцієнти при змінних у рівняннях регресії;

i – період вегетації, $i = 1, \dots, 6$; j – група сортів, $j = 1, \dots, 3$.

Для зручності сорти сої були розбиті на групи за терміном стиглості. Це було зроблено тому, що соя однакового терміну стиглості встигає набрати однакові суми ефективних температур та опадів за фенофазу. Але врожайність, вміст сирого протеїну та вміст жиру у

різних сортів сої суттєво відрізняється навіть у межах однієї групи стиглості. Крім того, сорти сої мають різну пластичність до гідротермічних умов і, отже, ступінь впливу гідротермічних умов на кожний з них буде різним. З цією метою у модель було введено коефіцієнт сорту PK^S_{sorty} . Цей коефіцієнт розраховувався на основі досліджень за п'ять років для кожного сорту сої. Розрахунки велись за формулою:

$$PK^S_{sorty} = \frac{\sum_{m=1}^n S_m}{SB_j},$$

де S_m – значення досліджуваного параметру (розміри врожайності, вміст сирого протеїну, вміст жиру) сорту сої у m – й рік, $m = 1, \dots, n$;

n – кількість років дослідження;

i – період вегетації, $i = 1, \dots, 6$;

j – група сортів, $j = 1, \dots, 3$.

Таким чином у представленій моделі досліджуваною величиною є PS_{sorty} – прогнозне значення параметру, що обчислюється для конкретного сорту сої. T_i і O_i – змінні величини, що впливають на урожайність та якість насіння сої; SB_j , K^S_{ij} , a^S_{ij} , b^S_{ij} – це постійні величини, розраховані на основі багаторічних досліджень колекції сої.

Для зручності розрахунків на основі представленої моделі нами була створена спеціальна форма в середовищі Microsoft Excel. Використовуючи багатий ресурс даного програмного продукту, у цій формі було об'єднано усі необхідні залежності, встановлено відповідні зв'язки між окремими файлами, листами, чарунками.

Електронна модель об'єднує кілька баз вхідних даних і форм із проміжними розрахунками, де розраховуються коефіцієнти у рівняннях регресії при змінних T_i , O_i (сума активних температур, сума опадів) та вільному члені для трьох класів рівнянь регресії (для величини урожайності, вмісту протеїну та жиру у зерні сої). Така структура моделі дозволяє вносити корективи у процесі надходження додаткової інформації про будь-які фактори моделі.

Апробація моделі здійснювалась протягом двох років на аграрних підприємствах Полтавської області. У результаті використання розробки досягнутий економічний ефект у 2002 році складав 11250 грн. з 90 га посівів сої; у 2003 р. – 13800 грн. зі 120 га та 6250 грн. з 50 га.

ВИСНОВКИ

Результати п'ятирічних досліджень колекції сортів сої дають можливість зробити наступні висновки.

1. Підбір сортів сої, генетичний потенціал яких максимально відповідає агрокліматичним умовам Лісостепу є одним із ефективних прийомів екологічного землеробства, який дозволяє за рахунок активізації біологічного потенціалу агроєкосистем і складових їхніх елементів на всіх рівнях, заміни значної частини антропогенної енергії внутрішньою енергією біологічних процесів підвищити продуктивність посівів і знизити екологічну напругу в агроценозі.

2. Існує істотне коливання значень середньої за роки дослідження врожайності різних сортів сої, що вирощувалась у зоні Лісостепу України (від 1,77 т/га до 2,81 т/га). Різниця між найбільшим та найменшим відхиленням від середньої урожайності (розмах варіації) по колекції досягає 1,04 т/га (46,4 %).

3. Достовірно вищу за середню по колекції урожайність у роки досліджень спостерігали у таких ранньостиглих сортів, як Фаєтон, Ізмурдна, Медея (відповідно 2,81; 2,64 та 2,54 т/га); у середньостиглих – Подільська 416, Подільська 1, Агат (відповідно 2,76; 2,68 та 2,59 т/га); пізньостиглих – Чернівецька 8 (2,60 т/га) та Оксана (2,56 т/га). Навпаки, низькою була урожайність у таких ранньостиглих сортів, як Устя, Київська 451, Київська 91, Харківська 35 (відповідно 1,77; 1,83; 1,92 та 1,96 т/га); середньостиглих – Прикарпатська 81 (1,83 т/га), Харківська 56 (1,90 т/га), Прикарпатська 96 (2,03 т/га) та пізньостиглих – 1216 (8) 95 (1,81 т/га) і Октябрь 70 (1,95 т/га).

Урожайність багатьох сортів, зокрема Побужанки, Красноградської 86, Харківської зернокарманої, Краси Поділля, Київської 98 (ранньостиглі), Артеміди, Оріани, Золотистої, Побужанки 2, Полігону 9 (середньостиглі) та Валюти, Ватри й Аполону (пізньостиглі), була нестабільною і значною мірою залежала від умов навколишнього середовища.

4. Високий вміст протеїну у всі роки дослідження спостерігався у таких ранньостиглих сортів Устя (42,65%), Київська 451 (42,53 %), Харківська зернокармова (41,65 %); середньостиглих – Подільська 416, Оріана, Артеміда (42,52; 42,04; 41,29 % відповідно); пізньостиглих – Ватра, Анатоліївка (42,52 та 41,52 %).

5. Багатою на жири була соя сортів Київська 27, Юг – 30, Київська 91, Агат, Прикарпаття 81, Полігон 9, (20,20; 19,95; 19,82; 21,18; 19,83; 19,71; 17,92 та 17,46 %). Низький вміст жиру був у сортів Харківська зернокармова (17,42%), Харківська 66 (17,68 %), Фаєтон (17,72 %), Харківська 100 (17,54 %), Вікторія та Подолянка (по 18,09%), Анатоліївка (17,92 %) та Ватра (17,46 %).

6. Сорти сої, один із показників урожайності яких був достовірно вищим за середній

рівень мали посередні, або навіть достовірно нижчі інші показники. Соя сортів Ізумрудна, Романтика, Подільська 1, Агат при високій урожайності мала незначний вміст протеїну, а один з найпродуктивніших сортів Фаєтон – достовірно низький вміст жиру. Спостерігається зворотній зв'язок між вмістом у насінні сої різних сортів жиру та протеїну.

7. З урахуванням залежності урожайності сої від агроєкологічних умов вирощування запропоновано метод класифікації сортів сої за коефіцієнтом пластичності. Середньостиглі сорти у більшості виявилися стабільнішими ніж інші групи сортів, а пізньостиглі – найбільш пластичними.

8. Урожайність сої значною мірою залежить від агроєкологічних умов зони вирощування. У сприятливі 1998 та 2000 рр. середня врожайність колекції сої була відповідно на 0,31 т/га та 0,30 т/га вищою за середнє значення по колекції за роки п'ять років, а в стресових умовах 1999 р. вона зменшилась на 0,39 т/га. В цілому різниця між максимальним і мінімальним значенням складала 0,70 т/га (31,2 %).

9. Основним лімітуючим фактором впливу агрокліматичних умов на урожайність у зоні Лісостепу є вологозабезпеченість. Так, у значної більшості сортів коефіцієнт кореляції між вологозабезпеченням та урожайністю коливається у межах 0,65 – 0,95.

10. Сума ефективних температур вегетаційного періоду обумовлює потенційну врожайність та якість зерна сої. Але занадто спекотлива погода літніх місяців при від'ємному балансі опадів може негативно вплинути на її врожайність.

11. На основі багаторічних досліджень, проведених у роки з різним рівнем тепло- та вологозабезпечення, розраховано ступінь залежності величини врожайності та якості зерна сої від гідротермічних умов року і побудовано модель, яка дозволяє прогнозувати урожайність та якість насіння сої в залежності від агроєкологічних умов на різних етапах вегетаційного періоду. Впровадження цієї моделі дає можливість оптимізувати процес вирощування сої за різних гідротермічних умов і відповідно отримати додатковий урожай зерна сої біологічними методами, без додаткових витрат та негативного впливу на структуру й функціонування агроценозу методами інтенсивного землеробства.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Рекомендовано прийоми ефективного формування структури районованих сортів сої з урахуванням агроєкологічних і кліматичних прогнозів на рік, біологічних особливостей сортів і вимог щодо екологічного ведення сільськогосподарського виробництва. У роки, на які у зоні Центрального Лісостепу прогнозуються погодні умови близькі до стрес-

сових (спекотливі з недостатнім рівнем вологозабезпечення), рекомендовано на 70% посівних площ, запланованих під цю культуру, сіяти середньостиглі сорти сої: Подільська 1, Подільська 416, Агат, на 20% – ранньостиглі Фаєтон, Ізумрудна, Медея і на 10% площ – пізньостиглі сорти Чернівецька 8 або Оксана.

У роки зі сприятливим прогнозом рекомендована така структура посівів: 30% ранньостиглих сортів (Медея, Романтика, Фаєтон), 40% – середньостиглих (Артеміда, Подільська 1, Подільська 416) та 30% пізньостиглих (Ватра, Валюта та Чернівецька 8).

2. Господарствам, які орієнтуються на отримання сої з високим вмістом протеїну рекомендується збільшити площу посівів під сортами Подільська 416, Харківська зерно-кормова, Устя у сприятливі роки, у роки з несприятливим прогнозом: Київська 461, Ватра, Анатоліївка.

Для отримання зерна з високим вмістом жиру сіяти сою сортів Агат, Прикарпаття 81, Юг-30, Валюта, Оксана, 1216 (8) 95.

3. У районі Центрального Лісостепу пропонується використовувати прогнозну модель впливу агроєкологічних умов на урожайність і якість насіння сої. Модель рекомендовано використовувати для районування сортів сої та для дослідження нових високопродуктивних сортів сої з комплексною стабільністю до несприятливих умов зовнішнього середовища на ранніх етапах їх росту й розвитку, підбору найбільш перспективних форм.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Калініченко В.М.* Якість продукції перобки сої //Зб.наук.праць. Інституту землеробства УААН. – К.: Нора-принт, 1999. – С.168-171.
2. *Вергунова І.М., Калініченко В.М.* Отримання високоякісної екологічно чистої сировини за рахунок використання симбіотичної азотфіксації //Сб.науч.трудов "Промышленные технологии производства и применения средств биологизации земледелия. - Одесса, 1999. – С.104-107 (аналіз та узагальнення експериментальних даних).
3. *Калініченко В.М., Калініченко А.В., Протас Н.М.* Екологічні аспекти вирощування сої в Україні //Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2001. – С. 243-245 (аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).
4. *Вергунова І.М., Калініченко В.М.* Імітаційна модель процесу накопичення білку та жирів у зерні сої //Вісник аграрної науки. – 2002. – №3. – С. 67-69 (аналіз та узагальнення експериментальних даних).

5. *Калініченко В.М.* Кореляційний аналіз впливу агрокліматичних умов на урожайність і якість зерна сої. //Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. Серія: Біологія. – 2003. – № 3-4. – С.59-63.
6. *Калініченко В.М.* Вплив агрокліматичних умов на урожайність і якість зерна сої // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2003. - №6. – С. 98-100.
7. *Калініченко В.М., Писаренко П.В.* Модель розвитку сої за фенологічними фазами // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2004. – №1. – С.10-16 (узагальнення експериментальних даних, побудова схеми процесу).
8. *Калініченко А.В, Калініченко В.М.* Вплив симбіотичної азотфіксації на підвищення родючості ґрунтів //Зб. наук. праць міжн. конф. "Генеза, географія та екологія ґрунтів. – Львів: Львівський державний університет, 1999. – С. 271-272 (проведення досліджень, аналіз результатів, написання статті).
9. *Вергунова І.М., Калініченко В.М.* Моделювання поглибленої переробки насіння сої //Матер. всеукр. наук.-практ. семінару "Насінництво кормових культур в сучасних умовах господарювання".–К.: Нора-принт, 1999. – С. 88-89 (аналіз та узагальнення експериментальних даних).
10. *Патыка В.Ф., Зарицкий Н.М., Шерстобоева Е.В., Круглый Д.Г., Тихосова А.А., Калініченко В.Н.* Микробиологические препараты для биологизации земледелия //Сб. науч. тр. междунар. симпозиума ВПС МОББ. – Одесса, 1999. – С. 129-134 (узагальнення експериментальних даних).
11. *Вергунова І.М., Калініченко В.М.* Математичне моделювання процесу накопичення білку у зерні сої //Матер. VIII Міжн. наук. конф. ім. академіка М. Кравчука. – К.: НТУУ, 2000. – С. 46 (аналіз та узагальнення експериментальних даних).
12. *Калініченко В.М., Калініченко А.В.* Інформаційні технології і сучасне землеробство. //Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. "Землеробство України в XXI столітті" – Київ, 2000. – С. 102-103 (планування та проведення досліджень, написання статті).
13. *Калініченко В.М., Горб. О.О., Гетья А.А.* Деякі екологічні аспекти виробництва сої // Матер. науч.-практ. конф. "Бизнес и экология". – Донецк, 2001. – С. 36-39 (аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).
14. *Калініченко В.М.* Використання математичних методів для оптимізації технологічних процесів переробки сої //Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2001. – №1. – С. 86-87.

15. *Калиниченко А.В., Протас Н.М., Калиниченко В.Н.* Математическая модель биологического процесса симбиотической азотфиксации // Матер. междунар. науч. конф. “Биологические ресурсы и устойчивое развитие”. – Пущино: Изд-во НИА-Природа, 2001. – С. 86-87 (проведення досліджень, аналіз результатів, написання статті).
16. *Вергунова І.М., Калініченко В.М.* Моделювання впливу азотфіксації та накопичення білку в зерні за допомогою теорії Міхаеліса-Ментена // 36. тез міжнар. конф. “Обчислювальна та прикладна математика”. – Київ, 2002. – С. 26 (аналіз та узагальнення експериментальних даних).
17. *Калініченко В.М., Протас Н.М., Калініченко А.В.* Біопрепарати для покращення азотного та фосфорного живлення рослин та захисту їх від хвороб та біопатогенів // Тези доп. учасників I Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених “Біотехнологія. Освіта. Наука.” – Київ, 2003. – С. 110-111 (проведення досліджень, аналіз результатів, написання статті).
18. *Калініченко В.М.* Прогнозування впливу агрокліматичних умов на урожайність сої // Матер. VII міжн. наук.-практ. конф. „Наука і освіта 2004”. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 55-56.

Калініченко В.М. Агроекологічне обґрунтування та моделювання процесів підвищення продуктивності сої в умовах Центрального Лісостепу України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.16. – екологія. – Державний агроекологічний університет, м. Житомир, 2005.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень впливу агроекологічних факторів на урожайність та якість зерна сої різних сортів, що вирощувалась у зоні Лісостепу України. Врожайність різних сортів досліджуваної колекції сої коливалась від 1,77 т/га до 2,81 т/га. Вивчався відзив сортів сої з різною тривалістю вегетаційного періоду та різною пластичністю на агрокліматичні умови вирощування.

З метою оптимізації процесу вирощування сої на основі регресійного аналізу багаторічних даних щодо урожайності сої та якості її зерна, створено прогнозну модель визначення впливу агрокліматичних умов на процес розвитку сортів сої різних груп стиглості за різними вегетаційними періодами.

Представлену модель рекомендовано використовувати для ефективного формування структури районованих сортів сої з урахуванням агроекологічних та кліматичних прогнозів

на рік, біологічних особливостей сортів і вимог щодо екологічного ведення сільськогосподарського виробництва.

Ключові слова: соя, фенофаза, біологічний потенціал сорту, агроекологічні умови, лімітуючий фактор, вологозабезпечення, сума активних температур, сума опадів, агрокліматичні прогнози.

Калиниченко В.Н. Агроэкологическое обоснование и моделирование процессов повышения продуктивности сои в условиях Центральной Лесостепи Украины. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 – экология. – Государственный агроэкологический университет, г. Житомир, 2005.

В диссертационной работе изложены результаты исследований влияния агроэкологических факторов на урожайность сои и качество ее зерна. В течение 5 лет, различных по агроклиматическим и метеорологическим условиям, исследовалась коллекция сортов сои с разной длительностью вегетационного периода и различной пластичностью к агроэкологическим факторам.

Объектом исследования были сорта сои коллекции Института кормов Украинской академии аграрных наук, г. Винница (всего 42 сорта). Сорта имеют разное происхождение и существенно отличаются друг от друга сроками созревания и степенью зависимости от различных факторов внешней среды.

При изучении влияния агроэкологических факторов на количественные и качественные показатели урожая сои рассматривались такие показатели: урожайность, содержание протеина и жира в зерне. Урожайность различных сортов сои изменялась в диапазоне от 1,77 т/га до 2,82 т/га. В ходе исследования были отобраны сорта наиболее подходящие для выращивания в зоне Центральной Лесостепи. Определена пластичность различных сортов сои к агроклиматическим условиям.

Изучалось влияние агроклиматических условий на среднюю урожайность коллекции в целом. В благоприятные для выращивания сои 1998 и 2000 годы средняя урожайность по коллекции составляла соответственно 2,56 и 2,55 т/га, что на 0,28 т/га и 0,29 т/га больше средней урожайности за 5 лет исследований. Минимальная урожайность коллекции отмечена в 1999 году - 1,85 т/га, что на 0,38 т/га меньше средней. Таким образом, разница в средней урожайности по коллекции за год составила 0,67 т/га (29,8%).

С целью оптимизации процесса выращивания сои на основе регрессионного анализа многолетних данных по урожайности сои и качеству ее зерна создана прогнозная модель,

позволяющая определить силу влияния агроэкологических условий среды выращивания на процесс развития сортов сои разных групп спелости на разных вегетационных периодах. Для удобства использования на основе модели была создана соответствующая форма в среде Microsoft Excel.

Модель может использоваться как для прогноза урожайности сои так и для оптимизации влияния внешней среды на основе кратко-, средне- и долгосрочных климатических прогнозов.

Представленную методику рекомендовано использовать для эффективного формирования структуры районированных сортов сои с учетом агроэкологических и климатических прогнозов на год, биологических особенностей сортов и требований к экологически безопасному ведению сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: соя, фенофаза, биологический потенциал сорта, агроэкологические условия, лимитирующий фактор, влагообеспечение, сума активных температур, сума осадков, агроклиматические прогнозы.

Kalinichenko V.M. – Agroecological substantiation and modeling of the influence of climate conditions on productivity and quality of soy beans in condition of central forest-steppe of Ukraine - Manuscript.

Thesis for candidate's degree in agricultural sciences by specialty 03.00.16. – ecology. – State agroecological university, Zhytomyr, 2005.

Thesis tells about results of researches into agroecologic factors influence on the soy-bean yield capacity and its seed quality. During five years with different agro climatic conditions the collection of soy-bean sorts with different length of vegetation period and plasticity to agro ecological factors was researched. The productivity of different sorts soy-bean varied from 1,77 up to 2,82 ton/hectare. The prediction model of agro ecological conditions influence force of growing environment on the process of development soy-bean sorts with different ripeness groups and vegetation periods was made with the aim of optimization of the soy-bean growing process on the basis of regression analysis of data of long-standing for yield capacity size.

These methods are recommended to use for research of new high-productive soy-bean sorts with complex stability for unfavorable environmental conditions on the early stages of their growing and development and selection of the forms with good prospects.

Key words: soy-bean, phenophase, biological potential of the sort, agro ecological conditions, limit environment factor, moisture-supply, sum of the active temperatures, sum of pre-

cipitation, long-term, medium-term and short-term climatic forecast.

Підп. до друку 5.05.2005. формат $60 \times 90^{1/16}$. Папір офс.
Гарнітура "Таймс". Друк. офс. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид.арк. 1,1.
Наклад 100 прим. Зам. 1445.
36003, м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, Вид-во ПДАА.