

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОЛОСОВСЬКА ВАЛЕРІЯ ВАЛЕРІЇВНА

УДК 633.358

ДИСЕРТАЦІЯ

ОЦІНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ
І ПРОГНОЗУВАННЯ ЙОГО ВРОЖАЙНОСТІ В УКРАЇНІ

Спеціальність 11.00.09. – «Метеорологія, кліматологія, агрометеорологія»

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело



В. В. Колосовська

Науковий керівник –
доктор географічних наук,
професор А.М.Польовий

Одеса – 2017

ANOTACE

Kolosovskaya V.V. Agrometeorological conditions assessment of growing peas and its productivity forecasting in Ukraine. – Manuscript.

Dissertation for a degree of Candidate of Geographical Sciences. Specialty 11.00.09 – «Meteorology, climatology, agrometeorology». – Odessa State Environmental University, Odessa, 2017.

This thesis is devoted to study of the agrometeorological conditions influence on the productivity of pea, the development of assessment methods and the productivity of peas forecast in Ukraine.

As a result of the conducted field experiment during 2007 – 2008, the regularities of pea organs biomass dynamics, leaf surface size, photosynthetic plants productivity in crops and yield of peas under different dates of sowing were observed.

This dissertation was based on the basic model of agricultural crops productivity formation by A.N. Polevoy, which was modified concerning pea by means of supplement subblock assessment of extreme facts impact on the productivity of crops formation. The model was adopted according to natural and climatic conditions of Ukraine by means of model parameters definition.

The identification was based on two- year field experiment (2007-2008) materials, agrometeorological network observations of agro - and hydrometeorological stations of Ukraine concerning agrometeorological conditions of growing peas materials for the period of 1986-2005, and literature concerning the studied problem.

Based on the materials of field experiment, the adequacy of the model was checked by means of maximum leaf size marks and dry mass of beans. The adequacy of the model was assessed by means of comparison, calculated according to the model and received experimental data of biomass productivity and leaf surface size. The approximate error of the calculation on average over

two years in the calculation of the leaf size is 12 %, in the calculation of the beans biomass is 16 %, that proves the adequacy of the description of the agrometeorological conditions influence on the crop formation.

Based on the model there was held a number of experiments concerning four climatic zones of Ukraine: Polissya, Lisosteppe, South and North Steppe. The photosynthetic efficiency of crops under different sowing dates is examined. The highest levels of photosynthetic efficiency of leaf size marks, photosynthetic potential, photosynthetic productivity, general dry biomass and productivity were observed in average sowing of Lisosteppe. The lowest level of productivity was observed in Polissya in average period of sowing. In North and South Steppe higher photosynthetic productivity was observed in early sowing.

The influence of photosynthetic-active radiation (PAR) on the rate of photosynthesis under different levels of air temperature and humidity was assessed. At maximum intensity of PAR and optimum air temperature of 22 °C the rate of photosynthesis reached 24 mg CO₂/dm². At air temperature of 13 °C it was almost twice lower. The intensity of photosynthesis at high and low humidity levels was significantly different. The dependence of the intensity of photosynthesis on air temperature and humidity in the rate of PAR 450 wt/m² was also observed. It was found out that at temperature increase till 22-25 °C the maximum photosynthesis level was observed. The increase of humidity causes photosynthesis increase and its maximum mark was observed at productive wetness stock of 80-100 % of the least humidity content.

Dynamics of pea productivity in regions of Ukraine and allocated lines of trend and productivity fluctuations of trend due to the weather conditions influence of certain years is observed. Methods of peas productivity and forecast was developed on the basis of this model.

According to the researched forecast during 2011-2015 approximate error ranges from 1 to 19 %, it is not more than 10,3% on average during the period of research in Ukraine, that confirms sufficient forecast certainty.

With the help of the model, using the potential of climate change RCP 4.5 during the period till 2050, the influence of climate change on peas productivity in the aspect of main climatic areas of Ukraine is assessed.

Key words: peas, field experiment, model, productivity, forecast, photosynthetic productivity, climate change.

АНОТАЦІЯ

Колосовська В.В. Оцінка агрометеорологічних умов вирощування гороху і прогнозування його врожайності в Україні. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.09. – «Метеорологія, кліматологія, агрометеорологія». – Одеський державний екологічний університет, м.Одеса, 2017.

Дисертаційна робота присвячена вивченню впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху, розробці методики оцінки та прогнозу врожайності гороху в Україні.

В результаті проведеного польового експерименту в 2007 – 2008 рр. встановлено закономірності динаміки біомаси органів гороху, площі листкової поверхні, фотосинтетичної продуктивності рослин в посівах і врожайність гороху при різних строках сівби.

В основу дисертаційної роботи покладено базову модель формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового, яка була модифікована стосовно гороху шляхом

доповнення моделі підблоком оцінки впливу екстремальних явищ на формування продуктивності культури. Проведена адаптація моделі стосовно природно-кліматичних умов України через визначення параметрів моделі.

В основу ідентифікації було покладено матеріали двох-річного польового експерименту (2007-2008 рр.), матеріали агрометеорологічних спостережень мережі агро- і гідрометеорологічних станцій України за агрометеорологічними умовами вирощування гороху за період 1986-2005 р., а також літературні джерела, в яких висвітлюється досліджувана проблема.

На основі матеріалів польового експерименту була проведена перевірка адекватності моделі за показниками максимальної площі листя та сухої маси бобів. Адекватність моделі оцінювалась шляхом співставлення розрахованих за моделлю та отриманими експериментально даних по біомасі урожаю та площі листкової поверхні. Відносна похибка розрахунків середня за два роки складає при розрахунку площі листя 12 %, при розрахунку біомаси бобів 16 %, що свідчить про адекватність опису впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю.

На основі моделі були проведені серії чисельних експериментів стосовно чотирьох природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостепу, Північного та Південного Степу. Розглянута фотосинтетична продуктивність посівів при різних строках сівби. Найвищі рівні фотосинтетичної продуктивності за показниками площі листя, фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу, загальної сухої біомаси та врожайності спостерігались при середніх строках сівби в Лісостепу. Нижчий рівень врожайності спостерігався в Поліссі при середньому строці сівби. В Північному та Південному Степу

порівняно більш висока фотосинтетична продуктивність спостерігалась при ранньому строці сівби.

Дана оцінка впливу фотосинтетично-активної радіації (ФАР) на інтенсивність фотосинтезу при різних рівнях температури повітря та різному рівні вологозабезпеченості. При максимальній інтенсивності ФАР і оптимальній температурі повітря 22°C інтенсивність фотосинтезу досягала 24 мгСО₂/дм²год. При температурі повітря 13 °С вона була практично вдвічі нижчою. Також суттєво відрізнялась інтенсивність фотосинтезу при високому та низькому рівнях вологозабезпеченості. Було розглянуто залежність інтенсивності фотосинтезу від температури повітря та вологозабезпеченості при інтенсивності ФАР 450 Вт/м². Встановлено, що при підвищенні температури повітря до 22-25 °С спостерігається максимальний рівень фотосинтезу. Підвищення вологозабезпеченості спричиняє зростання інтенсивності фотосинтезу і максимальні його значення спостерігались при запасах продуктивної вологи 80-100 % від найменшої вологоємності.

Розглянута динаміка урожайності гороху по областях України і виділені лінії тренду та коливань врожайності від тренда, які обумовлені впливом погодних умов певних років.

На основі моделі розроблена методика оцінки і прогнозу врожайності гороху. За результатами дослідних прогнозів за 2011-2015 рр. відносна похибка коливається від 1 до 19 %, і в середньому по Україні за роки досліджуваних прогнозів не перевищує 10,3 %, що показує задовільну справджуваність прогнозів.

За допомогою моделі з використанням сценарію можливих змін клімату *RCP 4.5* на період до 2050 року оцінено вплив змін клімату на формування продуктивності гороху в розрізі основних природно-кліматичних зон України.

Ключові слова: горох, польовий експеримент, модель, урожайність, прогноз, фотосинтетична продуктивність, зміна клімату.

АННОТАЦІЯ

Колосовская В.В. Оценка агрометеорологических условий произрастания гороха и прогнозирование его урожайности в Украине. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.09 «Метеорология, климатология, агрометеорология». – Одесский государственный экологический университет, Одесса, 2017.

Диссертационная работа посвящена изучению влияния агрометеорологических условий на продуктивность гороха, разработке методики оценки и прогноза урожайности гороха в Украине.

Экспериментально исследованы и установлены закономерности влияния агрометеорологических условий на фотосинтетическую продуктивность гороха. Создана модель формирования урожайности гороха с внесением определенных модификаций и доработок.

Выполнена идентификация параметров модели формирования урожайности гороха по основным природно-климатическим зонам Украины. Выполнена проверка адекватности модели, которая показала удовлетворительные результаты (относительная погрешность расчета колеблется в пределах 12 - 16%). Определены основные показатели фотосинтетической деятельности посевов и урожая культуры гороха в агрометеорологических условиях при различных сроках сева относительно природно-климатических зон Украины. Дана количественная оценка влияния температуры и влагообеспеченности на

интенсивность фотосинтетической деятельности растений в посевах гороха.

На основе модели продукционного процесса гороха разработан метод оценки условий формирования продуктивности и прогноза его урожайности с месячной заблаговременностью.

Выполнена оценка влияния изменений климата на рост, развитие и формирование урожайности гороха. Для исследования использованы сценарий возможных изменений климата RCP 4.5 на период до 2050 года.

Ключевые слова: горох, полевой эксперимент, модель, урожайность, прогноз, фотосинтетическая продуктивность, изменение климата.

Список публікацій здобувача

Наукові статті:

1. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – № 8. – С. 104–112.
2. Иконникова В.В. Влияние агрометеорологических условий на интенсивность фотосинтеза гороха / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2011. – № 12. – С. 88 – 92.
3. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха по основным природно-климатическим зонам Украины / В.В. Иконникова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 12. – С. 178 – 187.

4. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха за 2011 год / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2012. – № 14. – С. 100–105.

5. Polevoy A. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas / A. Polevoy, V. Ikonnikova // Agricultural Sciences. Plovdiv. – 2014. – Vol. LVIII. – P. 5 – 15. (ідентифікація параметрів моделі, проведення розрахунків).

6. Kolosovskaya V.V. Modeling productivity process of peas in Ukraine / V.V. Kolosovskaya // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. – Pakistan, 2017. – Vol. 7. – P.8 – 12.

7. Ikonnikova V.V. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas for the main climatic zones of the Ukraine / V.V. Ikonnikova // Europäische Fachhochschule, European Applied Sciences. – 2014. – Stuttgart, Germany. – № 9. – P.40 – 45.

Тези доповідей і матеріали конференцій:

8. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В.В. Иконникова // Матеріали ІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2009. – С. 60.

9. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха в Украине / В.В. Иконникова // Тези Х наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2010. – С. 17.

10. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2013. – С. 23.

11. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології: матеріали Міжнародної наукової конференції (Одеса, 17–19 жовтня 2012 р.). – Одеса, 2012. – С.27.

12. Иконникова В.В. Вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху / В.В. Иконникова // Матеріали II Міжнародної конференції «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення» (Одеса, 10–15 червня 2013 р.). – Одеса, 2013. – С. 98-99.

13. Иконникова В.В. Динамика урожайности гороха в Украине / В.В. Иконникова // Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 14–15 листопада 2013 р.). – Умань: УНУС, 2013. – С. 44-45.

14. Иконникова В.В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы Международной научно–практической конференции, (Иркутск, 28–30 мая 2013 г.). – Иркутск, 2013. – С. 30–36.

15. Иконникова В.В. Оценка изменчивости урожайности гороха в Степи Украины / В.В. Иконникова // Наука как основа возрождения общества и экономики: материалы Международной конференции, (Донецк, 16 сентября 2014 р.). – Донецк, 2014. – С. 55.

16. Колосовська В.В. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху в лісостепу України / В.В. Колосовська // Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.). – Одеса, 2017. – С.73.

17. Колосовська В.В. Кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху в степу України / В.В. Колосовська // Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.). – Одеса, 2017. – С. 75.

ЗМІСТ

Вступ	14
Розділ 1. Біологічні особливості та вимоги гороху до факторів навколишнього середовища	21
1.1. Коротка ботанічна характеристика гороху	21
1.2 Вимоги гороху до тепла	24
1.3. Відношення гороху до вологи	30
1.4. Відношення гороху до світла	33
1.5 Вимоги гороху до ґрунтів і поживних речовин	34
1.6 Характеристика сортів гороху	36
Висновки до розділу 1	42
Розділ 2. Експериментальні дослідження впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху	43
2.1 Фізико-географічна характеристика району проведення польового дослідження	43
2.2 Опис методики проведення польового дослідження	45
2.3 Результати польових експериментальних досліджень впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху	49
2.4 Вплив агрометеорологічних умов на вегетацію гороху	55
Висновки до розділу 2	67
Розділ 3. Моделювання продукційного процесу гороху	68
3.1. Аналіз існуючих моделей продуктивності гороху	68
3.2 Моделювання впливу факторів навколишнього середовища на формування продуктивності гороху	71
3.3. Концепція моделювання	76
3.4. Опис структури моделі формування врожайності гороху	80
3.4.1. Блок вхідної агрометеорологічної інформації	80
3.4.2. Блок вихідних даних і шкали часу	80

3.4.3. Блок факторів навколишнього середовища	82
3.4.4. Біологічний блок	92
3.4.5. Блок врожайності	102
3.5. Ідентифікація параметрів моделі	103
Висновки до розділу 3	118
Розділ 4. Кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху	119
4.1 Вплив агрометеорологічних умов на продуктивність гороху при різних строках сівби	119
4.2. Вплив факторів навколишнього середовища на процес фотосинтезу гороху	150
Висновки до розділу 4	156
Розділ 5. Метод оцінки і прогнозу врожайності гороху	157
5.1 Існуючі методи прогнозування врожайності гороху	157
5.2 Основи динаміко-статистичних методів прогнозування середньообласного урожаю сільськогосподарських культур	160
5.2.1 Прогнозування середньообласної тенденції врожайності за допомогою методу гармонійних ваг	161
5.2.2 Підготовка вихідної інформації для екстраполяції тенденції врожайності. Оцінка правильності вибору тренда врожайності гороху	164
5.2.3 Динаміка врожайності гороху	168
5.3. Перевірка справджуваності методу прогнозу	182
Висновки до розділу 5	197
Розділ 6. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху	198
Висновки до розділу 6	221
Висновки	222
Список використаних джерел	225
Додатки	245

ВСТУП

Актуальність теми. Горох – основна зернобобова культура в нашій країні, яка має різноманітне використання: продовольче, кормове, сидераційне.

Сучасні біотехнології відкривають нові можливості використання гороху в техніці (виробництва спирту, біодеградуєчих полімерів та ін.), в медицині і фармацевтиці. Зараз горох вирощують у всіх землеробських районах світу. За посівними площами (близько 11 млн. га) він посідає четверте місце в світі після сої, квасолі, нуту. В Україні в кінці 80-х років ХХ ст. горох займав площу 1,5 млн. га, в 1999 році його посіви становили всього 600 тис. га., а в 2013 р.- 220 тис. га. Врожайність гороху в 2013 році склала 17,6 ц/га.

Горох вирощують для отримання харчових продуктів (круп, борошна, консервів), а також високобілкових кормів для тваринництва (комбікормів, зеленої маси, трав'яного борошна, сіна, силосу, сінажу). В Степу України він є одним з кращих попередників для посівів озимої пшениці. Це зумовлено тим, що після його збирання в ґрунті залишається до 70 кг азоту та інших органічних сполук [52, 53, 59, 86].

Високий вміст білка, різноманітність використання, позитивний вплив на родючість ґрунту, доцільність посіву як парозаймаючої, проміжної, післяукісної культури, можливість вирощування в різних регіонах зумовлюють вагоме народногосподарське значення гороху [51].

Однак, будучи важливою культурою, горох, проте, недостатньо вивчений в агрометеорології. Тому дослідження агрометеорологічних умов вирощування гороху є, безсумнівно, актуальними і науково необхідними.

Завдяки високій врожайності та кормової цінності, горох набув широкого розповсюдження по всій території України. Значні коливання врожайності гороху визначаються впливом погодних умов на фотосинтетичну продуктивність рослин. Ця обставина потребує вивчення впливу агрометеорологічних умов на продуктивність культури, розробки методу кількісної оцінки умов формування продуктивності посівів і прогнозування їх врожайності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, а також частково входить до кафедральних тем дослідження: «Оцінка впливу змін клімату на вирощування пожнивних культур в Україні» (державний реєстраційний номер 0116U002506); «Розробка методу оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозу озимого ячменю в Україні» (державний реєстраційний номер 0111U000225); «Розробка методу оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозу урожайності озимої пшениці в Україні» (державний реєстраційний номер 37016). «Оцінка кліматичних ризиків для галузей економіки України в умовах глобальних змін клімату» (державний реєстраційний номер 0113U000629).

Мета та завдання досліджень. Робота присвячена оцінці впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху і розробка на цій основі методу оцінки умов і прогнозу врожайності гороху в Україні.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

- експериментально досліджено вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху;

- виконано моделювання впливу факторів навколишнього середовища на ріст, розвиток і формування урожаю гороху;
- проведена модифікація та ідентифікація параметрів базової моделі формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно до культури гороху в різних природно-кліматичних зонах України;
- на основі чисельних експериментів виконана кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на показники фотосинтетичної діяльності посівів гороху;
- проведена оцінка мінливості врожайності гороху в природно-кліматичних зонах України;
- на основі моделі продукційного процесу гороху розроблено метод оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозу його урожайності.
- на основі сценарію можливих змін клімату *RCP 4.5* на період до 2050 року виконана оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху.

Об'єкт досліджень. Посіви гороху в Україні.

Предмет досліджень. Закономірності впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху.

Методи досліджень. При виконанні роботи використовувався експериментально-польовий метод дослідження фотосинтетичної продуктивності рослин і метод математичного моделювання продукційного процесу рослин.

В якості вихідної інформації використовувалися дані спостережень мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Управління гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), дані державних сортовипробувальних ділянок.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в оцінці агрометеорологічних умов вирощування гороху та прогнозуванні його врожайності в Україні.

Вперше:

- встановлені закономірності впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність культури гороху;
- адаптована і модифікована стосовно культури гороху модель формування урожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового;
- визначені параметри моделі формування врожаю гороху стосовно різних природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостепу, Північного і Південного Степу;
- запропоновано методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозу середньообласної врожайності гороху в Україні, які ґрунтуються на використанні моделі;
- встановлено оптимальні за формуванням фотосинтетичної продуктивності рослин гороху строки сівби стосовно основних природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостепу, Північного і Південного Степу;
- встановлені закономірності впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху за сценарієм *RCP 4.5* на період до 2050 року.

Удосконалена: науково-методична база для розрахунку вологозабезпеченості посіву гороху.

Набули подальшого розвитку: методичні підходи до підготовки вхідної інформації для оцінки впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху при різних строках сівби.

Практичне значення отриманих результатів: запропоновано методи оцінки агрометеорологічних умов та прогнозу врожайності

гороху для використання в практиці агрометеорологічного забезпечення сільського господарства підрозділами Управління гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС).

Особистий внесок здобувача:

- встановлено закономірності впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність рослин, в тому числі, за різними строками сівби стосовно основних природно-кліматичних зон України;

- модифікована і адаптована базова модель формування урожаю стосовно культури гороху;

- розроблено модель формування врожайності гороху, методи оцінки і прогнозу середньообласної урожайності гороху в Україні;

- встановлені закономірності впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху за сценарієм *RCP 4.5* на період до 2050 року.

Апробація результатів дисертаційних досліджень. Основні результати досліджень були представлені на трьох наукових конференціях молодих вчених ОДЕКУ, (м. Одеса, 2009 р., 2010 р, 2013 р.), а також на сьомох міжнародних конференціях: Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології» (м. Одеса, 2012 р.), Міжнародна науково - практична конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 2013 р.), Міжнародна конференція «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-екологічних проблем сьогодення» (м. Одеса, 2013 р.), Международная научно - практическая конференция «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии» (г. Иркутск, 2013 г.), Международная конференция «Наука как основа возрождения общества и экономики» (г. Донецк, 2014 г.), Міжнародна науково - практична конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань,

2016 р.), Перший всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд з міжнародною участю (м. Одеса, 2017 р.).

Публікації. За матеріалами досліджень, які представлені в дисертаційній роботі, надруковано 7 наукових праць автора в наукових фахових виданнях:

1. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – № 8. – С. 104–112.

2. Иконникова В.В. Влияние агрометеорологических условий на интенсивность фотосинтеза гороха / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2011. – № 12. – С. 88 – 92.

3. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха по основным природно-климатическим зонам Украины / В.В. Иконникова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 12. – С. 178 – 187.

4. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха за 2011 год / В.В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2012. – № 14. – С. 100–105.

5. Polevoy A. Modeling the influence of agro-meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas / A. Polevoy, V. Ikonnikova // Agricultural Sciences. Plovdiv. – 2014. – Vol. LVIII. – P. 5 – 15. (ідентифікація параметрів моделі, проведення розрахунків).

6. Kolosovskaya V.V. Modeling productivity process of peas in Ukraine / V.V. Kolosovskaya // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. – Pakistan, 2017. – Vol. 7. – P.8 – 12.

7. Ikonnikova V.V. Modeling the influence of agro-meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas for the main climatic zones of the Ukraine / V.V. Ikonnikova // Europäische Fachhochschule,

European Applied Sciences. – 2014. – Stuttgart, Germany. – № 9. – P.40 – 45.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, додатків. Загальний обсяг становить 289 сторінки, містить 54 рисунки, 32 таблиці, додатки, список використаних літературних джерел складається з 169 найменувань, з яких 24 - іноземні.

1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ І ВИМОГИ ГОРОХУ ДО ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Горох – найбільш скоростигла зернобобова культура. Період вегетації залежно від сорту і умов вирощування коливається в межах від 70 до 140 днів. Тому горох є добрим попередником у всіх зонах його вирощування [19].

Горох – рослина, яка самозапилюється, але в роки з сухим і спекотним літом буває відкрите цвітіння і може спостерігатись незначне перехресне запилення [73, 86, 106].

Бульби на коренях починають формуватися через 7-10 днів після сходів. Максимальний ріст відзначається від початку цвітіння до початку дозрівання.

На початку свого розвитку горох проходить стадію яровизації. Вона триває від 10 до 20 днів. При яровизації пізньостиглих сортів гороху вони дозрівають на 5-10 днів раніше. Після закінчення стадії яровизації горох проходить другу стадію - світлову. Оскільки горох відноситься до рослин довгого дня, то він світлову стадію проходить найкраще при цілодобовому освітленні. Тому, цілком зрозуміло, що більшість сортів гороху зацвітають і дозрівають раніше при більшій тривалості дня [131, 132].

1.1. Коротка ботанічна характеристика гороху

Горох (*Pisum L.*) - це однорічна культура, представлена кількома видами, з яких найбільш поширений поліморфний вид – горох культурний посівний (рисунок 1.1.). Він має кілька підвидів. Головні з

них – горох звичайний посівний (*P.s. arvense*) з білими квітками і світлим однотонним насінням (білим, рожевим, зеленим) і горох польовий (*P.s.arvense*) з червоно - фіолетовими квітками і темним, часто кутастим насінням [9, 59, 63, 64].



Рисунок 1.1 – Горох посівний [67]

Посівний горох часто поділяють на луцильні і цукрові сорти. У луцильних сортів в стінках бобу міститься жорсткий шар, їх обробляють на зерно. У цукрових сортів немає перманентного шару, їх боби можуть використовуватись в їжу в зеленому стані. Вони вирощуються переважно як зелений горошок для консервної промисловості [3, 23, 35].

Коренева система посівного гороху стрижнева, з великою кількістю бічних коренів. Особливістю всіх бобових культур, і гороху зокрема, є те, що на їх коренях поселяються бульбочкові азотофіксуючі бактерії. Вони засвоюють з ґрунтового повітря азот, перетворюють його в зв'язаний стан і таким чином він стає доступним для рослин. У місцях скупчення бактерій на коренях рослин утворюються нарости. Горох, як і всі дводольні рослини, має дві сім'ядолі, які при проростанні залишаються в ґрунті.

Стебло гороху довге (80 - 130 см), воно чіпляється, легко вилягає. Його висота залежить від сорту і умов вирощування. Є дуже низькорослі сорти, заввишки трохи більше ніж 30 см, і поряд з ними дуже високорослі - досягають висоти 3 м.

Листя парнопериорозсічені, чергові, верхні листки закінчуються вусиками з прилистками. Лист у гороху складається з черешка і 1 - 4 пар листочків. Прилистки великі напівсерцеподібні з рівними або зазубреними краями [25, 31].

Створені сорти гороху напівбезлисті (немає пар листочків, але є прилистки), безлисті або вусаті (немає ні листочків, ні прилистків). Ці сорти характеризуються високою стійкістю до вилягання, мають високу продуктивність за рахунок кращого використання фотосинтезуючим апаратом енергії Сонця, придатні для збирання прямим комбайнуванням [62, 128].

Квітки метеликового типу. Найчастіше квітки зібрані в суцвіття – китичку, але трапляються і поодинокі. Віночок складається з п'яти пелюсток. Забарвлення квіток від білого до червоного і фіолетового. Квітки розташовуються по одній або дві в пазусі листа. Вся рослина покрита восковим нальотом [141].

Плід – плоский двостулковий біб з насінням-горошинами (зернами), дуже різноманітної форми: з прямою, загостреною або притупленою верхівкою [108].

Розмір бобів у гороху визначається їхньою довжиною і шириною. За довжиною вони поділяються на невеликі (3-4,5 см), середні (4,6-6 см), великі (6,1-10 см) та дуже великі (більше 10 см); за шириною - на вузькі (0,3-0,4 см), середні (0,5-0,8 см) й широкі (0,8-1,2 см).

Зерна гороху відрізняються за формою, поверхнею, кольором, вагою. Так, форма зерен гороху буває овальна, округла, округло - кутаста, зморшкувата. Поверхня буває гладкою або зморшкуватою; забарвлення - жовте, жовто-рожеве, зелене.

Вага 1000 зерен гороху коливається від 40 до 400 г. З продовольчою метою обробляють сорти переважно з вагою 1000 зерен від 150 до 400 г. [60, 93]

У гороху відзначають такі фази розвитку: сходи, бутонізація, цвітіння і досягання [19, 140].

1.2. Вимоги гороху до тепла

Горох – холодостійка культура. У польових умовах набухання і проростання зерен починається при температурі 2 - 5 °С. З підвищенням температури до 8 - 10°C зерна проростають за 4 - 6 днів. Сходи з'являються при накопиченні сум ефективних температур (вищих ніж

3°C) 110 °C і без значних пошкоджень можуть переносити заморозки до -6 - 8 °C [17, 19, 133].

За даними С. Д. Умнікова, оптимальна температура проростання гороху - 18 °C, при 30 °C відсоток схожості значно знижується.

Дослідження темпів розвитку рослин гороху виконувались багатьма дослідниками в різних природних зонах, в яких склалися різні агрометеорологічні умови. Результати їх дослідження дозволяють більш чітко виявити вплив окремих факторів на тривалість міжфазних періодів.

За повідомленням М. А. Михайленко [74, 75], який узагальнив багаторічні дані ряду сортоділянок Західного Сибіру, тривалість періоду сівба - сходи у гороху в залежності від метеорологічних умов коливається в широких межах - від 0 до 24 днів. Зі 148 випадків в 12 (8,1%) тривалість цього періоду становила від 6 до 9 днів, в 54 (36,4%) - від 10 до 13, в 59 (39,9%) - від 14 до 17, в 18 (12,2%) - від 18 до 21 і в 5 випадках (3,4%) від 22 до 24 днів. Таким чином, близько 85% посівів гороху закінчували початковий період свого розвитку за 6 - 17 днів.

Д.П. Федюшина досліджувала вплив агрометеорологічних факторів на темпи розвитку і врожайність гороху сорту Торсдаг в умовах Північного Казахстану [133, 134]. Встановлено, що вплив температури повітря на розвиток гороху в період сівба - сходи при оптимальних запасах вологи в ґрунті (70 - 80% від польової вологості) характеризується такими даними, встановленими в досліді з різними термінами сівби:

Середня температура повітря за період, °C	12	14	16	18	20
Тривалість періоду посів-сходи, дн	17	15	12	10	8

Таким чином, підвищення середньодобової температури повітря в межах від 12 до 20 °C сприяє скороченню тривалості періоду

сівба - сходи від 17 до 8 днів, тобто в цілому зростання температури в зазначених межах на кожен градус зумовлює скорочення періоду на один день.

Нижня температурна межа розвитку гороху в період сівба - сходи становить 4°C. Сума ефективних температур в цей період, починаючи з вищевказаної межі, становить 140 °C.

Ю. М. Яблоков, який досліджував вплив різних строків сівби гороху на дослідному полі Санкт-Петербурзького сільськогосподарського інституту, встановив залежність тривалості міжфазного періоду сівба - сходи гороху від температури ґрунту. В умовах достатнього зволоження ґрунту при середній температурі за період 9 °C його тривалість становила 23 дні, при 11,7 °C - 15 днів, а при 19 °C - тільки 9 днів. Чим нижча температура ґрунту, тим більша сума температур потрібна для проростання насіння; якщо при ранньому терміні сівби гороху (4 - 10 травня) необхідно було 215 - 199 °C, то при пізньому терміні (18 червня) сума температур зменшилася до 182 - 168 °C. Причому на тривалість цієї фази сортові відмінності гороху не впливали [145].

За даними В.Ф. Паніної, сума позитивних температур повітря для другого періоду вегетації гороху - від сходів до цвітіння - становить близько 580 °C. Сума ж ефективних температур (виших за 5 °C) приблизно дорівнює 400 °C [88, 89, 91]. Дослідження Н.З. Іванової - Зубкової [36, 37] щодо впливу температури повітря на тривалість міжфазного періоду сходи - цвітіння у сортів гороху Торсдаг і Капітал в умовах нечорноземної смуги показали, що між цими величинами існує зворотний зв'язок. При середній температурі повітря 18 - 20 °C тривалість періоду сходи - цвітіння становить 27 - 30 днів, а

зниження температури до 10 - 13 °С збільшує тривалість періоду до 50 - 56 днів.

Чим триваліший період сходи - цвітіння, тим більша сума температур повітря потрібна. Нижня температурна межа для цього періоду становить 6 °С, сума ж температур вищих від цієї межі становить 440 °С. Якщо в період розвитку гороху від сходів до кінця цвітіння запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0 - 20 см не знижуються менше 20 - 25 мм, а в шарі 0 - 50 см – менше 50 мм, то тоді забезпечуються добрі врожаї зерна.

Цвітіння гороху триває в залежності від сорту і ґрунтово-кліматичних умов 10 - 40 днів. Найбільш швидко закінчується цвітіння у штамбових форм.

За даними Н. Aichele [147], який проводив у ФРГ дослідження з посівами гороху при різних строках (від ранньої весни до пізньої осені), швидкість розвитку гороху залежить головним чином від температури. На зниження температури горох реагує миттєво, а на її підвищення реакція починалась за одну – дві доби. Сума температур за період від посіву до цвітіння визначалася строками сівби. При ранніх строках сівби необхідно 410 °С, при середніх строках - 475 °С і при пізніх - 730 °С. Результати цих спостережень показують, що при середньому строку сівби, коли ріст і розвиток рослин припадають на період теплої погоди, потрібна трохи більша сума середньодобових температур за період від посіву до цвітіння. Значне збільшення суми температур, необхідних до періоду цвітіння при пізньому (жовтневому) строку сівби, пояснюється впливом короткого дня, на який горох реагував збільшенням тривалості періоду вегетації. Біометричні спостереження показали, що чим раніше проводився посів, тим вищі рослини виростали.

За спостереженнями В.Ф. Паніної, проведеними в Підмосков'ї, горох росте до кінця цвітіння. Чим кращі умови живлення і водопостачання, тим довше цвіте горох і вище піднімається стебло, а строки дозрівання при цьому затягуються. Найбільш ефективно на ріст стебла впливають опади, що випадають в першу половину вегетаційного періоду (сходи - цвітіння), куди входить велика частина критичного по відношенню до вологи періоду [87, 88, 89, 123].

З метою з'ясування впливу весняних заморозків на ранні посіви кормового гороху (сорт Устянський) в Білоруському науково - дослідному інституті землеробства проведено лабораторний експеримент із проморожування молодих рослин. В результаті цього встановлено, що рослини кормового гороху від фази сходів до фази 2 – 3-го листа добре переносять заморозки до -3°C . Загибель значної кількості рослин починається при температурі -4°C і становить від 0,6 % в фазу сходів. Повна загибель надземної маси настає при температурі -5°C . Слід зазначити, що рослини кормового гороху після повної загибелі надземної маси здатні інтенсивно відростати.

При температурі 35°C процес росту зупиняється, рослини знаходяться в пригніченому стані [15, 59, 98]. Оптимальною для росту і розвитку гороху є температура $22 - 25^{\circ}\text{C}$. Однак при тривалому впливі температури 25°C і вище в поєднанні з нестачею вологи в ґрунті спостерігається опадання запліднених квіток, що призводить в кінцевому підсумку до суттєвого зниження урожаю [19, 98, 117].

Загальна потреба рослин гороху в теплі за весь період вегетації залежно від сорту і умов вирощування виражається сумою середньодобових температур $1350 - 2800^{\circ}\text{C}$. Нижньою температурною межею в розвитку гороху в період сівба - сходи вважається температура 4°C , до цвітіння – 5°C , а після цвітіння 7°C [19].

В.Г. Сиротенко в результаті обробки багаторічних матеріалів спостережень за найбільш поширеними в Україні сортами (середньостиглі), встановила, що нижня температурна межа розвитку гороху в період сходи - початок цвітіння становить 3 °С [117].

Несприятливі температурні умови по-різному впливають на розвиток гороху в різні періоди вегетації.

Вважається, що сходи гороху можуть без пошкодження переносити зниження температури повітря до - 5 - 6 °С. Але навіть при пошкодженні заморозками рослина порівняно легко відновлюється за рахунок утворення бічних пагонів з пазушних бруньок.

У період плодоношення найбільш чутливо реагують на зниження температури молоді плоди, які підмерзають при температурі -2°С.

Горох – культура відносно маловимоглива до тепла. Зерна його проростають вже при температурі 1 - 2 °С. Сходи можуть витримувати без особливої шкоди короточасні заморозки, які досягають - 5 °С. Отже, горох без будь-якого побоювання можна висівати в ранні строки, одночасно з ранніми зерновими. При такому посіві зерна, які починають проростати, пройдуть стадію яровизації за більш сприятливих умов, ніж при пізньому посіві, коли температура буває висока [17, 19].

При більш високій температурі і меншій кількості вологи рослини гороху розвиваються значно швидше, що супроводжується зменшенням маси листя, тобто фотосинтезуючої поверхні і призводить до зниження врожаю.

За посухостійкістю горох поступається нуту, віці і квасолі. У південних районах без зрошення він може давати задовільні врожаї при випаданні опадів за травень - червень не менше ніж 135 мм [130].

Навіть у разі повернення весняного похолодання горох не дуже страждає. Встановлено, що ріст рослин, які вже зійшли, триває навіть

при відносно низькій температурі 3 °С, штучно підтримуваній протягом всього місяця.

Цілий ряд форм гороху гірського походження може переносити зимові умови в південних пунктах України за наявності достатнього снігового покриву. Так, наприклад, зразки гороху ВІР 1925, ВІР 3451, а також зимостійкий сорт гороху Австріанум й інші добре зимують в Узбекистані під шаром снігу 15 см, коли зниження температури повітря досягає - 22 ° С, а на поверхні ґрунту до -10,9 °С. Ці форми гороху зимують і в умовах Закавказзя при осінньому посіві.

Завдяки здатності гороху зимувати, його можна обробляти як осінньо - зимову культуру, що дозволяє використовувати його на зелене добриво і на корм. При осінньо - зимовій культурі в поливних районах можливо використовувати воду для зрошення в період, коли основні культури вже не потребують поливу [120].

Сорти гороху розрізняються не тільки за стійкістю до низької температури, але і за потребою в теплі в окремі періоди розвитку. Ряд південних форм гороху більш вимогливий до тепла у перші фази розвитку, інші форми - в період від цвітіння до дозрівання, більшість же форм гороху невимоглива до тепла, як в перший, так і в подальші періоди. При підборі батьківських форм для схрещування в процесі виведення нових сортів необхідно враховувати цю важливу біологічну властивість різних форм гороху [19, 123].

1.3. Вимоги гороху до вологи

Горох відноситься до вологолюбних культур. Для одержання високих врожаїв необхідна вологість ґрунту 70 - 80% від найменшої вологості (НВ) [2, 19, 130]. Транспіраційний коефіцієнт залежить

від сорту і погодних умов, коливається від 300 до 600. Багато сортів добре переносять надлишок вологи в ґрунті, але близькість ґрунтових вод несприятливо впливає на ріст і розвиток рослин. При доброму розвитку кореневої системи посіви нормально переносять короткочасну ґрунтову посуху.

Найбільшу потребу у волозі горох відчуває в період від фази утворення суцвіть до цвітіння [19]. Оскільки основна маса коренів гороху розташована в півметровому шарі ґрунту, факторами зволоження є опади і запаси продуктивної вологи у верхніх шарах ґрунту [130].

У початковий період розвитку рослин головну роль відіграє волога орного шару ґрунту. Оптимальними вважаються запаси вологи в ґрунті в межах 70 - 80% від НВ, тобто приблизно 30 мм продуктивної вологи в орному шарі і 50 мм у півметровому.

За даними Д.П.Федюшиної, зменшення запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту з 30 до 20 мм спричиняє зниження густоти посіву рослин зі 100 до 80 - 70 рослин на 1 м² у період формування репродуктивних органів, цей період вважається критичним стосовно до вологи [134].

Д.П. Федюшина також показала, що запаси продуктивної вологи за вказаний період є визначальним фактором майбутнього врожаю. У роки з добрим врожаєм гороху (більше ніж 12 ц/га) запаси вологи в півметровому шарі ґрунту становили 50 - 80 мм. При запасах вологи 45 - 65 мм урожай становив 8 - 12 ц/га, а при зниженні запасів до 33 - 55 мм урожай також знижувався до 8 ц/га [133, 134].

Д.П.Федюшина вважає, що в посушливих умовах Північного Казахстану критичний період триває 20 - 10 днів до початку масового цвітіння і 10 днів після нього [133].

На думку А.М.Дрозда, критичний період охоплює 20 днів до початку цвітіння, а протягом всього періоду від сходів до цвітіння відбувається інтенсивне зростання вегетативної маси, формування і розвиток репродуктивних органів рослин [31].

Для центральної частини Нечорноземної зони Росії В.Ф.Паніна встановила тридцятиденний критичний період, який охоплює 20 днів до початку цвітіння і наступні 10 днів [90].

Горох найбільш вимогливий до вологи в перший період розвитку. Сіяти горох необхідно якомога раніше, коли є достатній запас весняної вологи в ґрунті.

Про вимогливість гороху до вологи можна судити за кількістю води, необхідної для створення сухої маси. На утворення 1 кг сухої речовини горох витрачає від 235 до 1658 кг води в залежності від різного забезпечення рослин всіма життєво необхідними умовами: певною температурою, світлом, поживними речовинами [135].

Наведені дані показують, з одного боку, високу вимогливість гороху до вологи, а з іншого свідчать про можливість обробки його у відносно посушливих умовах.

Для набухання і проростання зерен гороху потрібно 110 - 115%, а мозкових сортів - до 150% води від їх маси. Найкращі умови для росту складаються при випаданні 450 - 600 мм опадів на рік, а вологість ґрунту повинна становити 70 - 80% від НВ. Найбільш вимогливі рослини гороху до вологозабезпечення в фазах бутонізації, цвітіння і формування бобів.

У посушливі роки тривалість вегетаційного періоду гороху може скорочуватися в півтора рази. Найбільш стійкими до посухи є ранньостиглі сорти, які встигають сформувати урожай, використовуючи зимові запаси вологи в ґрунті.

Незважаючи на те, що горох не відноситься до посухостійких культур, його можна вирощувати у відносно посушливих умовах. Це можливо завдяки глибокому проникненню в ґрунт добре розвиненої стрижневої кореневої системи. Транспіраційний коефіцієнт дорівнює 400 - 600. Внесення фосфорних і калійних добрив скорочує витрати води на 6 - 10% [19, 69, 81].

1.4. Відношення гороху до світла

Горох – світлолюбна рослина довгого дня. Недостача світла зумовлює посилений ріст стебел, витягування їх, раннє вилягання, слабкий розвиток кореневої системи, погане цвітіння і плодоношення, низький вміст білків, цукрів, крохмалю, які визначають основну цінність врожаю гороху [13, 17, 71, 129, 137].

Потреба в освітленості в різні фази розвитку рослин неоднакова: в молодому віці вони краще переносять затінення, ніж в більш пізні періоди розвитку.

Поряд з інтенсивністю освітлення на розвиток гороху великий вплив має його тривалість або співвідношення тривалості дня і ночі. Горох пізньостиглих і середньостиглих сортів швидше розвивається, швидше зацвітає і рясніше плодоносить в умовах довгого літнього дня. Меншою мірою або зовсім не реагують на зміну тривалості дня середньо- і ранньостиглі сорти.

Найбільш чутливий до світла горох в період формування і досягання плодів.

Змінюючи строки і способи посіву, густоту посіву рослин можна значною мірою регулювати світловий режим посіву.

Фотоперіодична реакція гороху тісно пов'язана зі спектральним складом світла. В спектрі тривалого дня переважають довгохвильові промені, що сприяє прискореному розвитку гороху і значно підвищує його урожай.

1.5. Вимоги гороху до ґрунтів і поживних речовин

Горох – культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах. Реакція ґрунтового розчину має бути нейтральною (рН 6,8 - 7,4). У ґрунті повинно бути достатньо гумусу, вапна, фосфору, калію і мікроелементів молібдену і бору. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах коренева система розміщується неглибоко, пригнічується життєдіяльність бульбочкових бактерій. Непридатні для вирощування гороху важкі, глинисті, кислі, перезволожені ґрунти. На легких, бідних ґрунтах горох посівний забезпечує низьку врожайність, вони більш придатні для вирощування гороху польового [6, 70, 75, 92].

Для зернобобових культур найбільш сприятливими є легкі супіщані і суглинкові ґрунти. Однак, горох може дати високі врожаї на більш зв'язних і навіть важких ґрунтах завдяки тому, що його сім'ядолі не виносяться на поверхню ґрунту [107].

Мінеральне живлення гороху відрізняється тим, що його коренева система має високу розчинювальну здатність, яка дозволяє рослині використовувати важкорозчинні поживні мінеральні речовини [19].

Завдяки симбіозу рослин гороху і бактерій, культура отримує не тільки значну кількість азотистих речовин для утворення врожаю, але і залишає в ґрунті великі їх запаси (до 80 - 100 кг/га) у вигляді зв'язаного бактеріями азоту. Однак було б помилкою вважати, що рослини гороху

повністю забезпечуються азотом за рахунок діяльності азотфіксуючих бактерій. Основним джерелом азоту для рослин, особливо в період до цвітіння, служать ґрунтовий азот і азот, внесений з мінеральними добривами [19, 132].

Критичним стосовно потреби гороху в мінеральних добривах є період сходи - бутонізація. Але ефективність внесення добрив багато в чому залежить від погодних умов, які є регулятором ступеня засвоєння рослинами мінеральних речовин.

Найкраще поглинання мінеральних речовин рослинами відбувається при температурі поживного розчину 18 °С і дещо вищій [85]. При зниженні температури до 10 °С ступінь засвоєння поживних речовин різко зменшується, а при гострій нестачі води добрива навіть шкідливо впливають на ріст і розвиток рослин. Так, зниження продуктивної вологи в орному шарі до 19 мм ускладнює поглинання кореневою системою гороху мінерального живлення, а при запасах вологи менших ніж 10 мм мінеральні речовини практично не засвоюються.

Крім внесення основних добрив на урожай гороху позитивно впливає внесення мікроелементів, таких як марганець, молібден, бор.

Найбільш високі врожаї гороху одержують при посіві його на середньозв'язних суглинках і супісках. На занадто щільних глинистих ґрунтах створюються несприятливі умови для росту гороху. Значною мірою цей негативний вплив щільних запливаючих ґрунтів зумовлюється сильним пригніченням життєдіяльності бульбочкових бактерій, що поселяються на коренях гороху. Для доброго його росту необхідно створити певну пухкість ґрунту [80].

Вміст поживних речовин в ґрунті справляє вирішальний вплив на врожайність гороху. Тільки при достатній забезпеченості ґрунту

поживними речовинами, особливо фосфором, калієм і кальцієм, створюються умови для одержання високого врожаю зерен [139].

Ряд дослідників підкреслюють роль азотних добрив в збільшенні врожайності гороху. Разом з тим безпосередньо під горох, як правило, не слід вносити свіже гнойове добриво. В іншому випадку сильно розвивається зелена маса на шкоду зернам [6, 65, 75].

1.6. Характеристика сортів гороху

Ознаки сортів гороху. За висотою стебла сорти гороху бувають: низькорослі – нижчі за 50 см, середньорослі - від 100 до 150 см і високорослі - від 150 до 300 см. В умовах вологого клімату висота стебла одного і того ж сорту буває значно більшою, ніж в умовах посушливого клімату [3, 8, 19, 54, 141].

Число вузлів до першого бобу є більш стійкою сортовою ознакою, ніж інші. У скоростиглих сортів перша квітка і біб утворюється на 7 - 10-му вузлі, у середньостиглих - на 11 - 15-му, у пізньостиглих - на 15-му вузлі і вище. Сорти розрізняються і за числом міжвузлів.

Форма бобу – також відносно стійка сортова ознака. За формою боби у лущильних сортів бувають прямими, зігнутими і шаблеподібними, з тупою або загостреною верхівкою, у цукрових - мечоподібними з гладенькою поверхнею стулок та чоткоподібними, в яких добре помітні на стулках перетяжки між насінними гніздами.

Сорти гороху відрізняються також за забарвленням зерен. Горох продовольчого використання має зазвичай зерна з жовтим або жовто - рожевим забарвленням і гладкою поверхнею; рідше зустрічаються сорти із зернами зеленого або рожево - жовтого (воскового) забарвлення. В овочівництві при використанні гороху в свіжому вигляді віддають

перевагу зеленому забарвленню і зморшкуватій поверхні зерен (так звані мозкові зерна). Зелені зерна можуть вицвітати (жовтіти) при перезріванні або сушці на сонці. З кормовою метою обробляють горох із забарвленими зернами: однотонно - бурими, з фіолетовою крапчастістю, буро - мармуровим малюнком.

Зазвичай сорти гороху, оброблені в польовій культурі, мають в бобі 3 - 5 зерен, а оброблювані в овочівництві – до 9 і в окремих випадках до 10 - 12 зерен.

Вміст білка в зернах також піддається коливанням в залежності від сорту і умов вирощування. Один і той же сорт гороху має більший відсоток білка при вирощуванні в більш південних і східних районах. Вміст білка підвищується також при внесенні добрив.

Вміст білка в зернах гороху сорту Олійний, вирощеного в різних умовах, коливався від 25,7 до 33,4%, у сорту Капітал - від 23,6 до 27,2%.

Зеленозернові пізньостиглі сорти гороху перевищують за вмістом білка сорти з жовто - рожевими зернами, але останні накопичують більше крохмалю.

Тривалість дозрівання також є сортовою ознакою. Скоростиглі сорти дозрівають протягом 60 - 75 днів, середньостиглі - 75 - 95 і пізньостиглі - 91 - 120 днів [141].

За період з 1993 по 2008 року до Державного реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні, внесено 43 сорти гороху посівного, при цьому 28 сортів (65,1%) з усієї зареєстрованої кількості - сорти вітчизняної селекції, 15 - сорти іноземного походження (34,9%).

Найбільш високоврожайними за кількістю зареєстрованих сортів гороху посівного були 2004, 2006 і 2008 роки (відповідно, зареєстровано: 6, 9 і 4 сорти).

Всі сорти гороху, зареєстровані в Україні, за тривалістю вегетаційного періоду поділені на чотири групи: ранньостиглі: Елегант, Менгір; середньоранні: Дамір 2, Кардіфф, Луганський, Мадонна, Харківський еталонний, Явор; середньостиглі: Девіз, Дамир 1, Красноградський 8, Конто, Камерон, Кадді, Комбайновий 1, Лазер, Модус, Міленіум, Норд, Полтавець 2, Світ, Трудівник, Фаргус; середньопізні: Вінець, Дамір 3, Комет, Петроніум, Харді, Царевич [18, 26].

За зонами вирощування сортів гороху посівного зернового напряму використання, розподіл сортів такий (П - Полісся, Л - Лісостеп, С - Степ): СЛП: Клеопатра, Оплот, Баритон, Профіт, Грегор, Отаман, Факел, Терно, Стабіль, Мадонна, Харді; СЛ: Кео, Кардіфф, Готівський, Магнат; СП: Девіз; ЛП: СВ.Кріста, Стартер, Улус, Явір, Ефектний; Л: Зінковський, Модус; С: Харківський еталонний, Одорус; П: Світ.

Одорус. Високоврожайний сорт безлистого прямостоячого гороху. Зерно округлої форми, жовтого кольору, середніх розмірів. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 70 - 85 днів. Маса 1000 зерен 220 - 245 г. Середній урожай 1,18 - 2,18 т/га (сортівипробування виконувались в Одеській області селекційно-генетичним інститутом, 2014 р.).

Світ. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 82 - 85 днів. Висота рослин 62 - 65 см, стійкість до вилягання висока. Маса 1000 зерен 230 - 250 г. Середній урожай в державному сортівипробуванні за 2003 - 2004 роки в Лісостеповій зоні України становив 35,2 ц/га, в Степовій - 33,2 ц/га, на Поліссі - 36,2 ц/га. У 2004 році в екологічному випробуванні селекційно - генетичного інституту зібрали 38,0 і 47,6 ц/га зерен при густоті посіву 1,2 і 1,4 млн. рослин/га відповідно. Кількість зерен в бобі - 6 - 7. Зерна сферичної форми, гладкі,

жовті. Агротехнічні вимоги: звичайні для зони вирощування. Оптимальна норма висіву становить 1,3 - 1,4 млн. схожих зерен на гектар. У Реєстрі сортів рослин України з 2006 року.

Оплот. Сорт зернового використання, середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 79-85 днів. Маса 1000 зерен 260-280 г. Вміст білка в зернах 20-22%. Сорт посухостійкий, стійкий до вилягання і придатний до збирання прямим комбайнуванням, потребує своєчасного прибирання. У конкурсному сортовипробуванні Інституту рослинництва (ІР) ім. В.Я. Юр'єва максимальна врожайність по сорту була одержана в 2008 році і становила 5 т/га. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2011 році.

Девіз. Сорт зернового використання, середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 75 - 78 днів. Маса 1000 зерен 250-270 г. Вміст білка в зернах 20 - 23%. Сорт посухостійкий, стійкий до вилягання і придатний до збирання прямим комбайнуванням, але потребує своєчасного збирання. За даними польової кваліфікаційної експертизи по зоні Полісся в 2009 - 2010 роках, врожайність сорту в середньому дорівнювала 2,33 т/га, максимальна врожайність одержана в 2009 році - 3,37 т/га. По зоні Лісостепу середня врожайність - 2,52 т/га, максимальна - 3,72 ц/га була одержана в 2009 році на Білоцерківській ГСС Київського ГЦЕСР. По зоні Степу за 2009 - 2011 рр. середня врожайність становила 2,31 т/га, а максимальна - 3,38 т/га в 2010 році на Кіровоградській ГСС. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2007 році для зон Степу та Полісся, з 2010 року визнаний національним стандартом.

Царевич. Середньостиглий, стійкий до вилягання. Вегетаційний період 84 - 92 дні. Боб - жовтого кольору, має середню кількість насінних зачатків, довгий. Маса 1000 зерен - 270 - 280 г. Кількість зерен в бобі 5 - 6 шт. Максимальний урожай 59,2 ц/га. Рекомендований для

вирощування в зонах Лісостепу та Полісся. У Реєстрі сортів рослин України з 2008 р.

Модус. Середньостиглий, вегетаційний період 75 - 80 днів. Боби прямі, з тупою верхівкою, середніх розмірів. Максимальна кількість зерен 7, рожевого кольору. Маса 1000 зерен 250 - 270 г. Засухостійкий, стійкий до вилягання. Придатний для механізованого збирання, потребує своєчасного збору. За роки досліджень на сортовипробувальних станціях отримали середній урожай 32,3 - 40,3 ц/га, тобто на 17,2% більший від стандартів. Рекомендований для вирощування в зоні Лісостепу. В Реєстрі сортів рослин України з 2004 року.

Готівський. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 82 - 93 дні. Середня кількість зерен у бобі 6 - 7, максимальна 8. Маса 1000 зерен - 250 - 270 г. Агротехніка звичайна для зони вирощування. На державних сортовипробувальних станціях за роки досліджень середня врожайність становила 37,8 ц/га, максимальна - 62 ц/га. Рекомендований для поширення в зонах Лісостепу та Полісся. У Реєстрі сортів рослин України з 2006 року. Виведений методом складної гібридизації.

Харківський Еталонний. Середньоранній, тривалість вегетаційного періоду 74 - 83 дні. Кількість зерен в бобі 5 - 6, максимальна - 8. Маса 1000 зерен 268-281г. Засухостійкий. На державних сортовипробувальних станціях за роки випробування отримали урожай - 21,9 - 24,7 ц/га. Рекомендований для вирощування в зонах Степу, Лісостепу та Полісся. Виведений в інституті рослинництва ім. В.Я.Юр'єва методом складної гібридизації.

На базі безлистоного сорту Харківський вусатий створені сорти - Вусатий 82, Вусатий 86, Вусатий 90, Вусатий 93, Камертон і Ескіз, з яких до Державного реєстру сортів рослин України внесені сорти:

Вусатий 82 (1993), Вусатий 90 (1994), Камертон (2005), Ескіз (2007). В Україні сорт Вусатий 90 визнано національним стандартом. На основі сорту Вусатий 93 створено зерновий безлистий сорт Харківський еталонний, який з 2004 року визнано національним стандартом для всіх зон України. Весь селекційний матеріал лабораторії переведений на безлистий морфологічний тип і на його основі створено цілий ряд нових високопродуктивних і технологічних сортів: Царевич, Чекбек, ЧБЛ - 5, Оплот, Отаман, Магнат, стійких до вилягання, які за величиною урожаю зерна перевищують сорт Харківський еталонний.

Петроніум. Середньопізній, тривалість вегетаційного періоду - 89 - 96 днів. Агротехніка звичайна для зони вирощування. За роки випробування на обласних державних центрах експертизи сортів рослин отримали середній урожай 35,2 - 36,6 ц/га. Високобілковий, вміст білка - 23,7 - 25,6%. Стійкий до посухи. Рекомендований для розповсюдження в зонах Лісостепу та Полісся.

Кадді. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 82 дні. Агротехніка звичайна для зони вирощування. За роки випробування на обласних державних центрах експертизи сортів рослин отримали середній урожай 34,5 ц/га. Вміст білка - 22,6%. Стійкий до посухи. Рекомендований для розповсюдження в зоні Степу [18, 26].

Висновки до розділу 1

Горох – найбільш скоростигла зернобобова культура. Період вегетації в залежності від сорту і умов вирощування коливається в межах від 70 до 140 днів. Горох – холодостійка культура. У польових умовах набування і проростання зерен починається при температурі 2 - 5 °С. Оптимальною для росту і розвитку гороху є температура 22 - 25 °С. При температурі 35 °С процес росту зупиняється, рослини знаходяться в пригніченому стані.

Горох - світлолюбна рослина довгого дня. Вегетаційний період гороху в північних районах коротший, ніж на півдні, а при короткому 10-ти годинному дні деякі сорти навіть не зацвітають. Він погано переносить затінення і добре росте на освітлених ділянках.

Горох відноситься до вологолюбних культур. Для одержання високих врожаїв необхідна вологість ґрунту 70-80% НВ.

Горох - культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново - підзолистих ґрунтах. На малородючих ґрунтах ефективно внесення як органічних (перегній, компост), так і мінеральних добрив (особливо чуйний на фосфорно-калійні). Критичним стосовно потреби гороху в мінеральних добривах є період сходи - бутонізація.

Догляд за рослинами складається в розпушуванні ґрунту, у забезпеченні рослин вологою, знищенні бур'янів.

Врожай забирають багаторазово, по мірі формування бобів. Знімаються боби добре заповнені горошком, які не почали втрачати яскраво-зеленого забарвлення. В міру дозрівання гороху кількість цукру зменшується, а білка і крохмалю збільшується.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ

2.1 Фізико - географічна характеристика району проведення польового дослідження

Польові дослідження були закладені на дослідних ділянках навчальної метеорологічної лабораторії Одеського державного екологічного університету на станції Чорноморка, Овідіопольського району, Одеської області.

Одеська область розташована на півдні України, в Причорноморській низовині; північна, менша її частина знаходиться в лісостеповій зоні, а південна, більша, - в степовій [1, 104].

Область межує на південному заході по Дунаю і Кілійському гирлу з Румунією, на заході - з Молдовою, на півночі - з Вінницькою і на сході - з Кропивницькою і Миколаївською областями, на півдні вона омивається водами Чорного моря.

Загальна площа території області близько 33,2 тис.км².

Поверхня області рівнинна, злегка нахилена до Чорного моря. Найбільш високою є її північно - західна частина, куди заходять відроги Волинсько - Подільської височини, де висоти перевищують 200 м над рівнем моря. Рельєф розчленований, має багато глибоких балок і ярів, в яких перевищення вододілів над дном долин досягають 100 м. У цій частині області спостерігається сильний змив ґрунтів; інтенсивність змиву знижується у напрямку до південного сходу. Вздовж моря в районі Одеси розташована неширока зсувна тераса, яка на північ переходить в степове плато.

Клімат області теплий, сприятливий для вирощування різних видів культурних рослин. Клімат формується в основному під впливом вологих атлантичних і середземноморських повітряних мас; внутрішні частини континенту впливають меншою мірою. Зима в області м'яка і коротка, вона триває близько двох місяців; взимку часті відлиги. Надходження мас континентального холодного повітря зумовлюють в області значні зниження температури. Середня місячна температура повітря за січень по області коливається в межах від $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на північному сході. Літо в області жарке і тривале (з травня по жовтень); середня місячна температура повітря липня по області змінюється в межах від $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на північному – сході [1, 4, 5, 138].

У цьому районі спостерігається приплив сумарної радіації в середньому за вегетаційний період гороху 2106 МДж/м^2 , радіаційний баланс в середньому становить 886 МДж/м^2 .

Для району характерний континентальний тип річного ходу опадів з максимумом в теплий період року, який в середньому становить близько 300 мм. Влітку тут часто спостерігаються посухи і суховії, кількість днів з суховіями коливається від 10 до 20 [5].

Річки області належать до басейну Чорного моря; головними з них є Південний Буг, який протікає по північному краю області, Дністер і Дунай. Береги Південного Бугу характеризуються крутістю і скелястістю.

Ґрунтоутворювальною породою є глинисті леси, палево - бурого кольору, потужної будови і високої карбонатності. Ґрунти - чорнозем південний, середньосуглинковий, слабосолонцюватий з товщиною гумусового горизонту 60 - 65 см. Рівень ґрунтових вод більший ніж 10 м, найменша вологоємність становить 168 мм [1].

2.2. Опис методики проведення польового досліду

Для вивчення впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху був проведений комплексний біолого - агрометеорологічний експеримент в 2007 і 2008 роках. Програмою експерименту передбачалося виконання ряду метеорологічних, фенологічних, біометричних, агрометеорологічних і фізіологічних спостережень, необхідних для розрахунків параметрів впливу навколишнього середовища на ріст, розвиток і формування продуктивності гороху [38, 41, 44, 47, 48].

Ділянки спостережень розташовувалися на рівнинному плато з невеликим уклоном на південь. Об'єктом досліджень був середньостиглий сорт Девіз з трьома термінами сівби: раннім, середнім і пізнім. Дослідження проводилися на ділянках з густотою посівів 55 - 65 тис. рослин/га. Розміри спостережних ділянок 6x10 м. Попередники - чисті пари. Насіння висівали стрічково - рядковим способом [29].

Програма польового експерименту представлена в табл. 2.1. Вона передбачала крім стандартних метео- та агрометеорологічних спостережень ще і виконання специфічних біометричних спостережень.

Визначення сирої та сухої біомаси окремих органів і всієї рослини гороху проводилось кожної декади вегетації - від сходів до збирання. Для цього в дні спостережень в чотирьох місцях на кожній з ділянок відбиралися проби рослин. Рослини складали в спеціальні мішечки, які запобігають втраті води в рослинах, вказувався номер ділянки. Взята біомаса з кожної ділянки поділялась на стебла, листя (зелені та жовті окремо), коріння, боби, зерна. За допомогою терезів визначали загальну сиру масу рослин і окремо взятих органів для кожної повторності, на всіх трьох ділянках. Для кожної повторності і кожного органа набирали

певний (зазвичай 100 г) зразок сирої біомаси. Всі зразки висушувались в термостаті до абсолютно сухого стану. Протягом першої години сушка здійснювалася при температурі 100 - 105 °С, а в подальшому – при температурі 70 - 80 °С.

Таблиця 2.1 - Програма проведення польового дослідження

№ п/п	Характер спостережень	Види спостережень	Періодичність спостережень	Літературні джерела
1	Фенологічні	Фази розвитку рослин	Через день	30
2	Біометричні	- висота рослин; - густота стояння рослин; - суха біомаса: коренів; листя; стебел; бобів; зерен; - площа листя - кількість зерен - маса 1000 зерен;	1 раз в декаду -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//-	30 -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//-
3	Фізіологічні	- чисту продуктивність фотосинтезу;	1 раз у 5 днів	14, 83
4	Метеорологічні і агрометеорологічні	- температура повітря; - вологість метрового шару ґрунту; - сума опадів; - тривалість сонячного сяйва; - відносна вологість повітря	через 3 години 1 раз у 10 днів кожного дня -//- через 3 години	77, 78, 112 -//- -//- -//-

Сушка тривала до того моменту, поки маса зразків переставала змінюватися. Масу вважали постійною, якщо різниця між двома останніми зважуваннями була не більшою ніж 0,5 г.

Після сушіння шляхом зважування визначалась суха маса зразків. Відсоток сухої речовини розраховувався шляхом ділення ваги сухої маси елемента на вагу сирої маси.

Розрахунок сухої маси будь-якого органа в г на одиницю площі посіву виконувався шляхом множення ваги сирої маси органа на 1 м² посіву на відсоток сухої речовини в ньому [30].

Площа листя визначалась методом зважування. Для відбору рослин завчасно обстежувалися ділянки і відбиралися по 20 найбільш типових для варіанта рослин [57, 113, 115]. З 20 рослин в першу пробу відбиралося 10, решта десять залишалися для наступної проби. Через 10 днів досліджували 10 рослин, які залишилися, одночасно відзначаючи по 10 рослин для подальшого використання. Таким чином, спостереження виконувалась до кінця вегетації кожні 10 днів. Площа асиміляційної поверхні листя визначалась за допомогою вагового методу. Зрізані листя зважувались, з них металевим свердлом діаметром 1,1 см набиралися висічки в кількості 150 штук, які потім зважувались. Площа листя визначалась за формулою

$$S_l = \sigma_l m_l \quad (2.1)$$

де S_l – площа листя;

σ_l – поверхнева щільність сирої маси листя;

m_l – сира маса листя.

Середню площу листя однієї рослини множили на густоту рослин і таким чином визначалась площа листя на 1 га. Відсоток сухої речовини

розраховувався шляхом ділення сухої маси елемента на сиру масу. Розрахунок сухої маси будь-якого органа в г на одиницю площі посіву виконувався шляхом перемноження сирої маси органа на 1 м^2 посіву на відсоток сухої речовини в ньому.

Для визначення інтенсивності фотосинтезу листя використовувався безкамерний метод відповідно до методики [14]. Визначалася середня швидкість фотосинтезу за кілька годин. Для цього визначалася відносна зміна питомої складової відновлених речовин (μ^1) за одиницю часу. При розрахунку інтенсивності фотосинтезу необхідно знати склад відновлених речовин (m^1) і сиру біомасу (M^1) контрольної порції, яка експонувалась протягом заданого проміжку часу (τ_C) на світлі.

Для контрольної проби (індекс 0) склад відновлених речовин визначався за формулою

$$\mu_0^1 = \frac{m_0^1}{M_0^1} \quad (2.2)$$

Для проби, яка експонувалася на світлі (індекс C)

$$\mu_C^1 = \frac{m_C^1}{M_C^1}. \quad (2.3)$$

Відносна зміна в питомому складі відновлених речовин за одиницю часу, виражена у відсотках F%, визначалась за рівнянням

$$F\% = \frac{100\%}{\tau_c} \left(\frac{\mu_c^1 - \mu_0^1}{\mu_0^1} \right) = \frac{100\%}{\tau_c} \left(\frac{\frac{m_c^1}{M_c^1}}{\frac{m_0^1}{M_0^1}} - 1 \right). \quad (2.4)$$

Склад відновлених речовин визначався сумішшю біхромату калію з сірчаною кислотою, в якій спалювалась проба. Брали три однакові порції біоматеріалу масою 30 - 50 мг кожна. Одна з біопроб відразу фіксувалась в хромовій суміші для спалювання. Дві інші поміщали в чашечки з водою. Біопроби, поміщені на поверхні води, експонувалися одна на світлі, інша в темряві.

Експозиція біоматеріалу на світлі і в темряві починалась в один і той же час і тривала 6 годин. Така тривалість періоду обрана для того, щоб зміна питомого складу відновлених речовин під час фотосинтезу була досить великою. Фіксація біопроб та їх спалювання проводились в той же день [14, 30].

Чиста продуктивність фотосинтезу визначалась як відношення приросту сухої маси до середньої площі листя [82, 84].

2.3 Результати польових експериментальних досліджень впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху

Дослідженнями багатьох авторів встановлено, що при різних строках сівби на рослини, що знаходяться в одній і тій же фазі розвитку, впливають різні рівні температурного режиму і режиму зволоження [36, 37, 59, 70, 79, 117, 134].

На комплексних графіках 2.1 і 2.2 представлена динаміка агрометеорологічних умов, що склалися в експериментальних 2007 і 2008 роках. За основу взяті такі показники: середньодекадна температура повітря (T , °C), середньоденна тривалість сонячного сяйва

(SS, год), середньодекадний дефіцит насичення повітря (d, мм), сума опадів за декаду (R, мм).

R, мм; d, мм; T, °C; SS, год

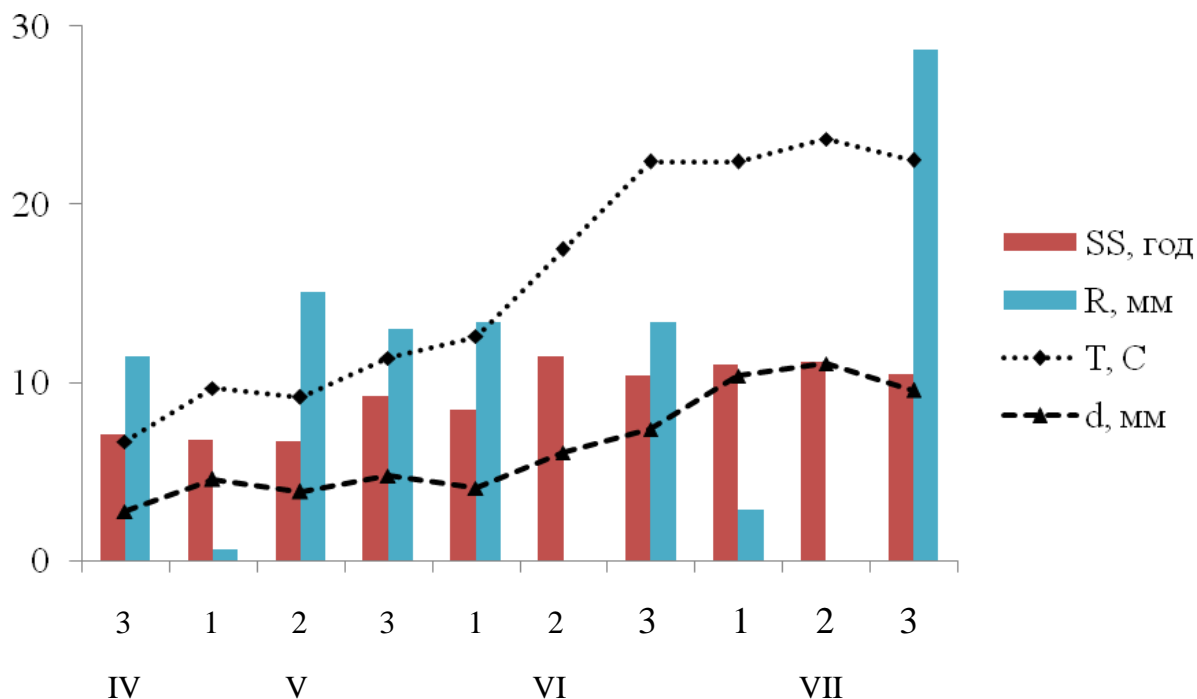


Рисунок 2.1 – Агрометеорологічні умови вегетації гороху на дослідних ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка Одеської області в 2007 році.: SS – середньоденна тривалість сонячного сява, год; R – сума опадів за декаду, мм; T – середньодекадна температура повітря, °C; d - середньодекадний дефіцит насичення повітря, мм.

У 2007 році посів гороху проводився 30 березня (ранній), 10 квітня (середній) і 20 квітня (пізній). За волого - температурним режимом метеорологічні умови в момент сівби були сприятливими. Третя декада березня (ранній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря 6,7 °C, запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили 165 мм при сумі опадів за цю декаду 11,5 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 2,8 мм.

Середньоденна тривалість сонячного сьйва за декаду раннього строку сівби 7,1 год (рис. 2.1).

У першій декаді квітня (середній термін сівби) спостерігалось підвищення середньодекадної температури повітря до 9,7 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту збільшилися до 183 мм, а сума опадів становила лише 0,7 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,6 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва 6,8 год.

Друга декада квітня (пізній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря 9,2 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту практично не змінилися і склали 181 мм при сумі опадів за декаду 15,1 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 3,9 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва – 6,7 год.

Поява сходів і період цвітіння при всіх строках сівби проходили на фоні підвищення середньодекадної температури повітря з 11,4 °С до 23,7 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту зменшилися від 181 до 142 мм. Сума опадів за цей період також помітно знизилася з 13,0 мм до 2,9 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря за цей період склав 4,8 - 10,4 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва становила 9,3 - 11,5 год.

Період дозрівання почався на початку липня при ранньому і середньому строках сівби і в середині липня при пізньому терміні сівби. Середньодекадна температура повітря в цей період дорівнювала 22,0 - 24,4 °С, при середніх запасах продуктивної вологи 57 мм, при відсутності опадів і дефіциті насичення повітря 7,7 - 12,7 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва - 11,3 - 11,7 год (рис. 2.1).

Метеорологічні умови 2008 року для появи сходів і формування листового апарату були оптимальними за волого - температурним режимом. Посів культури був проведений для раннього строку сівби 5 квітня, для середнього - 15 квітня, а для пізнього - 25 квітня. Середньодакданні температури повітря були відповідно 8,2 °С, 11,3 °С. Середньодакданний дефіцит насичення повітря склав 2,6 - 3,3 мм. Опади в цей період випадали нерівномірно. При ранньому терміні сівби сума опадів склала 16,5 мм, при середньому 4,1 мм, а при пізньому 22,8 мм (рис. 2.2).

R, мм; d, мм; T, °C; SS, час

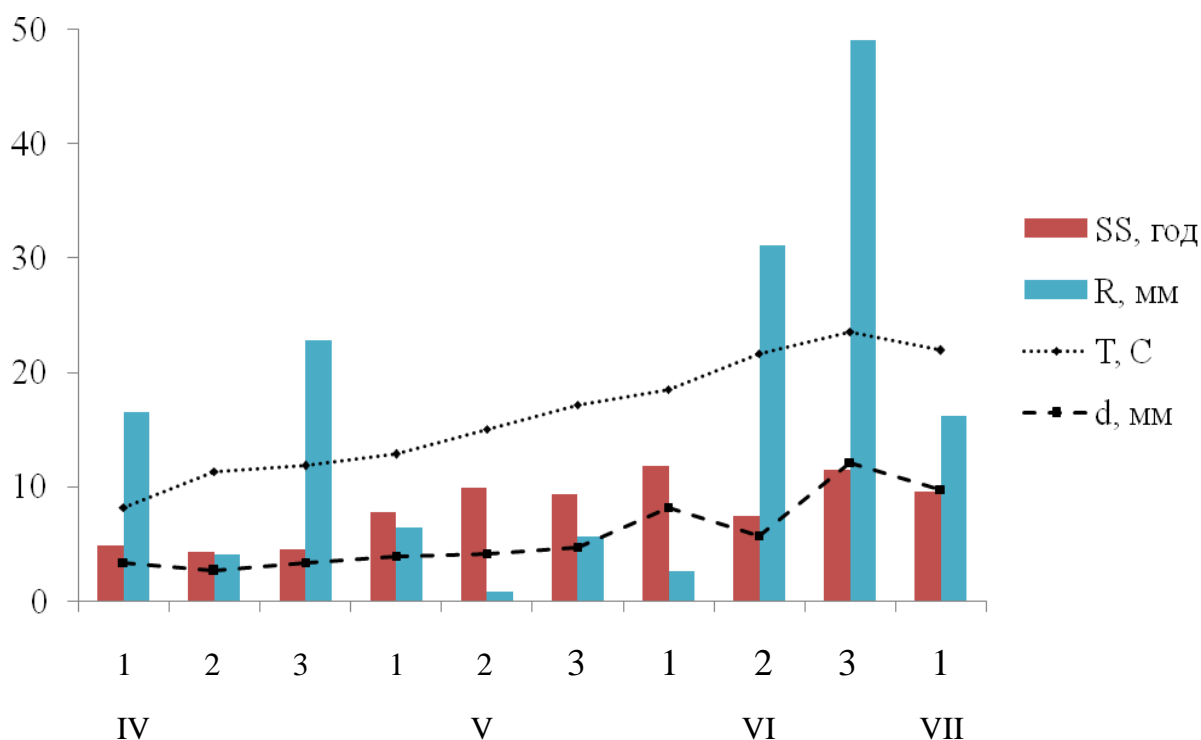


Рисунок 2.2 – Агрометеорологічні умови вегетації гороху гороху на дослідних ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка Одеської області в 2008 році.: SS – середньоденна тривалість сонячного сйва, год; R – сума опадів за декаду, мм; T – середньодакданна температура повітря, °C; d - середньодакданний дефіцит насичення повітря, мм.

Середні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 - 100 см дорівнювали 164 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва на дату сівби гороху склала 4,3 - 4,8 год. За сприятливих метеорологічних умов сходи з'явилися через 14 діб для раннього строку сівби, через 13 діб для середнього строку сівби і через 9 для пізнього строку сівби.

Період сходів і цвітіння в зазначеному році відбувався при сприятливих середньодекадних температурах повітря 11,3 - 18,5 °С, сумі опадів за період 42,3 мм і середніх запасах продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту 192 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав в середньому 4,5 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва коливалася в межах 4,3 - 11,8 год.

Період досягання почався в першій декаді липня для всіх строків сівби. Середньодекадна температура в цей період становила 21,9 °С, сума опадів - 16,2 мм, середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту - 220 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря в цей період склав 9,7 мм, а середньоденна тривалість сонячного сяйва - 9,5 год.

У табл. 2.2 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху по основних міжфазних періодах. Метеорологічні умови 2007 і 2008 років відрізнялися як за температурним режимом, так і за умовами зволоження. Можна відзначити, що погодні умови, які склалися в 2008 році, були більш сприятливі, ніж в 2007 році. Оскільки горох потребує значної кількості вологи, то сума опадів 162,5 мм, яка випала за період вегетації, та середні запаси продуктивної вологи 186 мм забезпечили високу вологість ґрунту під культурою, що сприяло формуванню потужної кореневої системи і листового апарату гороху.

Таблиця 2.2 – Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху по основних міжфазних періодах на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Показники	Посів - сходи			Сходи – цвітіння			Цвітіння – досягання		
	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній
Строки посіву 2007 року									
Тривалість періоду, (дні)	17	15	12	50	41	39	36	34	32
Середня температура повітря, (°C)	8,5	10,1	11,1	15,9	17,3	18,7	22,7	23,0	23,2
Сума активних температур, (°C)	143	147	148	797	705	724	728	865	780
Сума ефективних температур, (°C)	68	72	81	547	500	534	568	675	610
Сума опадів, (мм)	27,3	28,1	26,4	57,8	29,3	29,7	31,6	31,6	31,6
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК), (відн. од.)	1,9	1,9	1,8	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100}), (мм)	176	167	151	162	159	160	81	56	55
Строки посіву 2008 року									
Тривалість періоду, (дні)	15	14	9	44	38	36	36	30	28
Середня температура повітря, (°C)	10,4	11,6	12,3	14,4	15,0	15,6	21,4	21,7	22,0
Сума активних температур, (°C)	143	151	98	615	565	596	774	653	645
Сума ефективних температур, (°C)	73	86	58	400	380	411	594	503	500
Сума опадів, (мм)	43,4	33,3	29,2	38,2	15,4	46,5	106,3	103,7	103,7
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК), (відн. од.)	3	2,2	2,9	0,6	0,3	0,8	1,4	1,6	1,6
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100}), (мм)	164	179	180	192	200	193	190	188	185

2.4 Вплив агрометеорологічних умов на вегетацію гороху

Зазначені особливості погодних умов відповідним чином позначилися на наростанні площі листя (рис. 2.3 і 2.4). Починаючи з фази сходів, спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні при всіх строках сівби. Далі темпи наростання площі листя стрімко збільшувались до періоду досягання рослин. В кінці вегетації спостерігалась максимальна величина площі листя [38, 39].

На рис. 2.3 представлена динаміка відносної площі листя (L) рослин гороху по декадах в 2007 році. У 2007 році наростання листкової поверхні при середньому терміні сівби проходило швидше і динамічніше, ніж при ранньому і пізньому строках сівби. При ранньому терміні сівби площа листя в фазі сходів становила $0,11 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при середньому терміні сівби $0,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при пізньому $0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Відзначено, що при середньому терміні сівби сформувалася найбільша площа листків і в період досягання вона досягла $2,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При ранньому терміні сівби найбільша відносна площа листкової поверхні спостерігалася в період дозрівання і досягла $2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При пізньому терміні сівби сформувалася найменша кількість листя у рослин, тому в кінці припинення вегетації їх відносна площа була найменшою і склала $1,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ [42].

На рис. 2.4 представлена динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах в 2008 році. У 2008 році наростання листяного апарату у культури відбувалось зовсім за іншим сценарієм, ніж в 2007 році. Культури раннього строку сівби стрімко нарощували листя і досягли максимальних значень площі листкової поверхні. Так, на початок періоду сходів (3-я декада квітня) площа листкової поверхні при цьому терміні сівби склала $0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$. У період цвітіння - досягання

спостерігалось стрімке зростання листкового апарату, яке досягло свого максимуму в третій декаді червня, відносна площа листкової поверхні досягла $2,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$

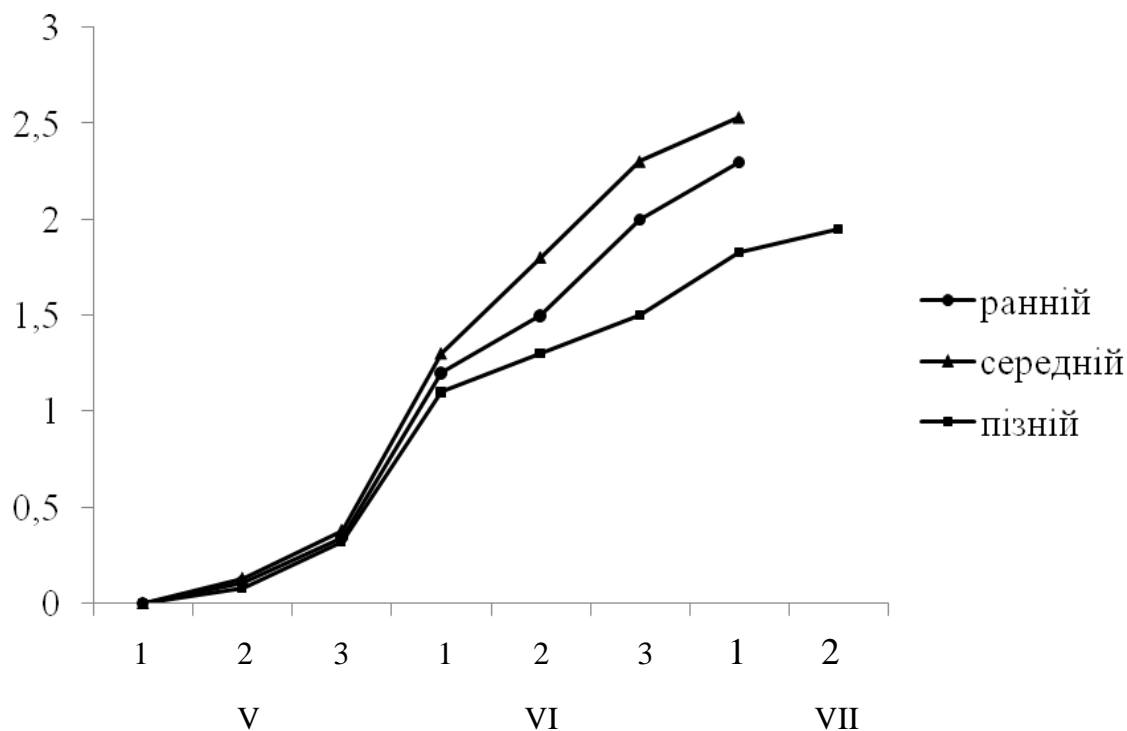


Рисунок 2.3. – Динаміка відносної площі листя (L) рослин гороху по декадах в 2007 році на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Динаміка наростання листкової поверхні при середньому і пізньому строках сівби має ідентичний хід лише з різницею в площі листя. У період сходів площа листкової поверхні склала відповідно $0,04$ і $0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$. У період сходи - цвітіння (третья декада квітня - перша декада червня) спостерігалось стрімке зростання листкового апарату. Площа листкової поверхні склала $1,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при середньому терміні

сівби і $0,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при пізньому терміні сівби. У період досягання культури спостерігалась максимальна площа листкової поверхні (перша декада липня). При середньому терміні сівби вона досягла $2,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а при пізньому – $1,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$

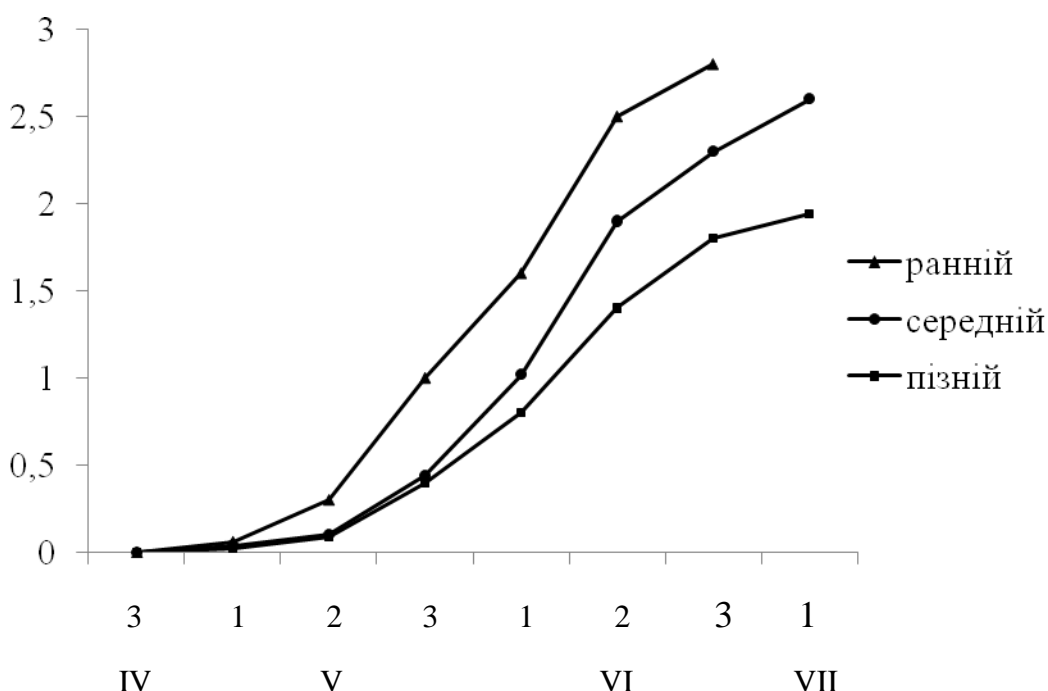


Рисунок 2.4. – Динаміка відносної площі листя (L) рослин гороху по декадах в 2008 році на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст. Чорноморка, Одеської області

Створення органічної речовини та її трансформація в рослинах відбувається тільки за рахунок сонячної енергії, яка засвоюється в процесі фотосинтезу. Оскільки листя рослини є головним органом фотосинтезу, то більша або менша площа асиміляційної поверхні всього листя рослини, як правило, відбивається на загальній продуктивності організму рослин. Характер росту окремого листа і всієї площі листя

зумовлені цілою низкою чинників, серед яких важливу роль відіграють умови ґрунту і кліматичні умови росту рослин. Поряд з цим, відзначається істотний вплив на формування біомаси рослин антропогенних факторів, а саме, технологічних заходів вирощування.

На рис. 2.5 і 2.6 представлена динаміка накопичення загальної сухої біомаси рослин гороху. Графіки побудовані на основі даних біометричних спостережень 2007 і 2008 рр. згідно з програмою польового дослідження.

Встановлено тісний зв'язок між накопиченням біомаси рослин гороху в залежності від строків сівби на перших етапах органогенезу в період вегетації. Аналізуючи отримані результати, представлені на рис. 2.5, видно, що в 2007 році найбільшу кількість надземної біомаси накопичили рослини раннього і середнього строків сівби. Різниця між ними в 10 днів може спричиняти різке зниження врожаю біомаси. Отже, змінюючи строки сівби, ми штучно збільшуємо або зменшуємо тривалість періоду від сходів до дозрівання. Так, в період сходів гороху при пізньому терміні сівби рослини раннього і середнього строків сівби вже перебували у фазі 3-го справжнього листка, відповідно їх суха біомаса становила 7,1 – 10,3 г/м². При пізньому терміні сівби розвиток надземної маси був незначним і в період дозрівання (друга декада липня) загальна суха біомаса склала 244 г/м². При ранньому і середньому термінах сівби спостерігався інтенсивний ріст листя гороху. В кінці першої декади липня (в фазу дозрівання) загальна суха біомаса при ранньому терміні сівби склала 350 г/м² і при середньому терміні сівби – 454 г/м².

У 2008 році під впливом строків сівби інтенсивне накопичення біомаси рослин спостерігалось у гороху при ранньому терміні сівби

(рис. 2.6). В період появи сходів середнього і пізнього строків сівби загальна суха біомаса гороху склала при ранньому терміні сівби $9,8 \text{ г/м}^2$.

Суха маса, г/м^2

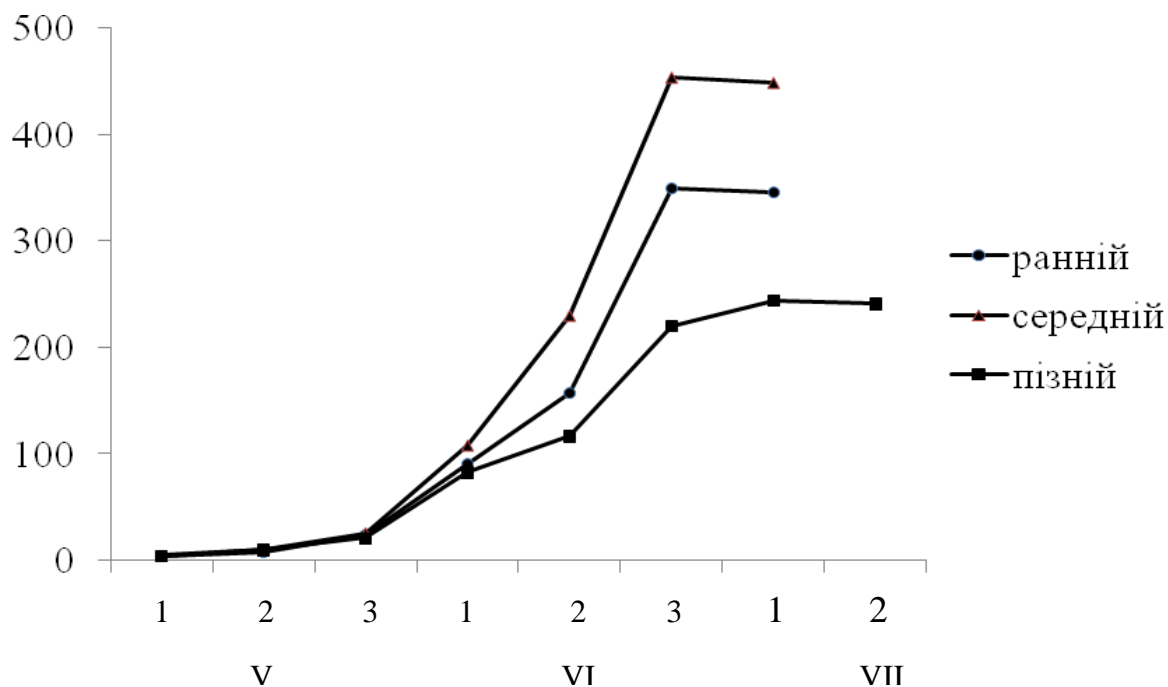


Рисунок 2.5. – Динаміка накопичення загальної сухої біомаси (M) рослин гороху різних строків сівби в період вегетації 2007 р. на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст. Чорноморка, Одеської області

Далі спостерігався стрімкий розвиток надземної маси рослин, вже в період цвітіння загальна біомаса рослин при ранньому терміні сівби досягла 213 г/м^2 . При середньому і пізньому строках сівби в період цвітіння загальна суха біомаса рослин була відповідно 201 і 138 г/м^2 .

Максимальна суха біомаса рослин гороху при ранньому і середньому термінах сівби утворювалася в третій декаді червня і склала 571 г/м^2 і 543 г/м^2 відповідно. Далі спостерігалось незначне зменшення сухої біомаси рослин за рахунок відмирання нижніх листків. Тому в період досягання рослин гороху (перша декада липня) загальна суха

біомаса при ранньому терміні сівби склала 567 г/м^2 , при середньому – 542 г/м^2 . При пізньому терміні сівби спостерігалась чітка тенденція до незначного підвищення загальної сухої біомаси. У період досягання загальна суха біомаса рослин становила 372 г/м^2 .

Суша маса, г/м^2

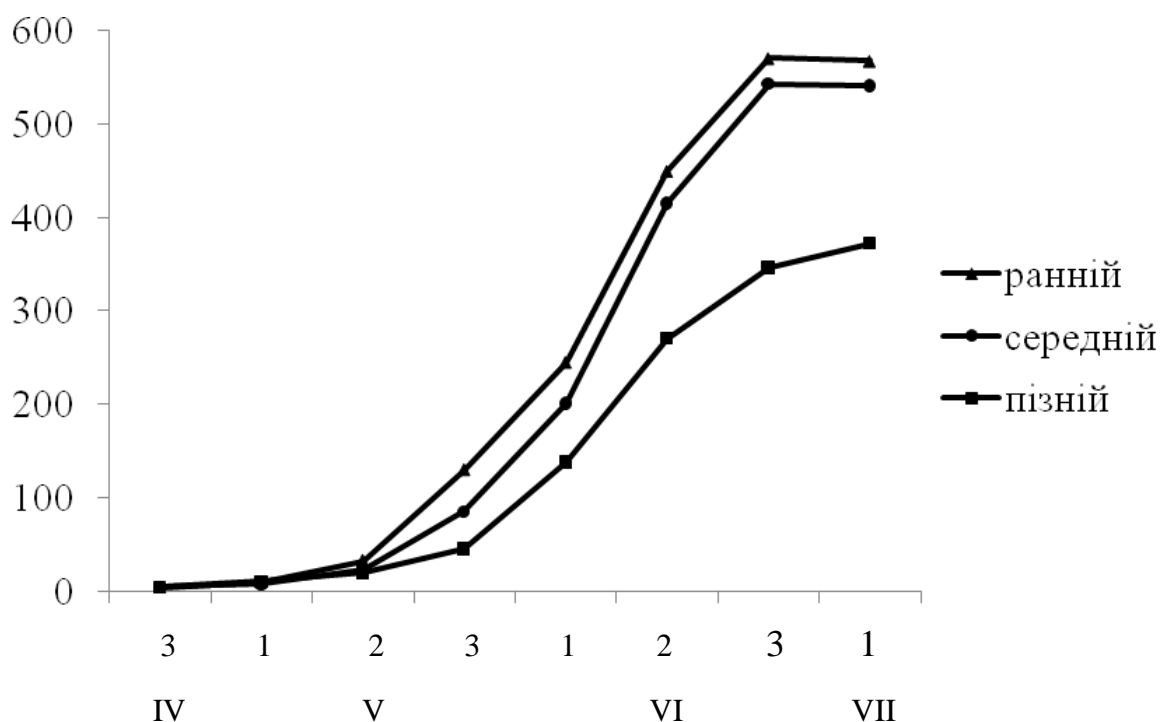


Рисунок 2.6. - Динаміка накопичення загальної сухої біомаси (M) рослин гороху різних строків сівби в період вегетації 2008 р. на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Важливу роль у формуванні врожаю відіграє продуктивність роботи листя, яка визначається через чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) [24, 122].

Наявність даних про площу листової асиміляційної поверхні і врожай сухої біомаси дозволяє нам розрахувати величину чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). Цей показник характеризує

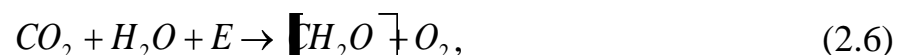
інтенсивність фотосинтезу посіву і визначається кількістю сухої маси рослин в грамах, яку синтезує 1 м² листкової поверхні за добу [82-84].

Чиста продуктивність фотосинтезу розраховується за формулою

$$ЧПФ = \frac{У_{с1} - У_{с2}}{0,5(L_1 + L_2)T}, \quad (2.5)$$

де $У_{с1}$ і $У_{с2}$ – біомаса рослин в досліджуваній стадії розвитку, г/(м² · дек); L_1 і L_2 – площа листкової поверхні в досліджуваній стадії розвитку, (м²/га); T – кількість днів в декаді.

Інтенсивність фотосинтезу визначає продуційний процес рослин [10]. Вона залежить від цілого комплексу чинників, найважливішими з яких є: радіаційний режим, концентрація CO₂ в посіві, волого - температурний режим, мінеральне живлення. Зовнішнім проявом фотосинтезу є поглинання вуглекислого газу, виділення кисню і збільшення маси фотосинтезуючих тканин за рахунок фотосинтетичного утворення органічної маси відповідно до рівняння:



Оцінка інтенсивності фотосинтезу також може визначатись непрямым шляхом через розрахунок чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). Денний рівень інтенсивності фотосинтезу визначає рівень значень ЧПФ.

На рис. 2.7 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в 2007 році. Аналізуючи дані таблиці 2.3 і рис. 2.7, відзначимо, що в 2007 році при середньому терміні сівби в період цвітіння - досягання спостерігалась найвища ЧПФ. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження.

Таблиця 2.3 - Вплив строків сівби на чисту продуктивність фотосинтезу в посівах гороху, (г/м²·д) на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Рік	Строк сівби	Густота посіву рослин/м ²	Квітень III	Травень			Червень			Липень	
				I	II	III	I	II	III	I	II
2007	ранній	88		1,2	1,4	2,1	2,6	3,8	5,2	5,7	
	середній	86		1,2	1,5	2,3	4,9	5,7	6,6	6,8	
	пізній	90			0,8	1,8	2,5	3,0	3,2	4,2	4,0
2008	ранній	85	0,6	1,4	2,9	5,3	6,5	7,8	7,6		
	середній	81		1,1	2,5	4,2	5,1	5,6	7,0	6,8	
	пізній	84		0,9	1,8	2,5	3,6	4,8	5,4	5,1	

ЧПФ, г/м²·д

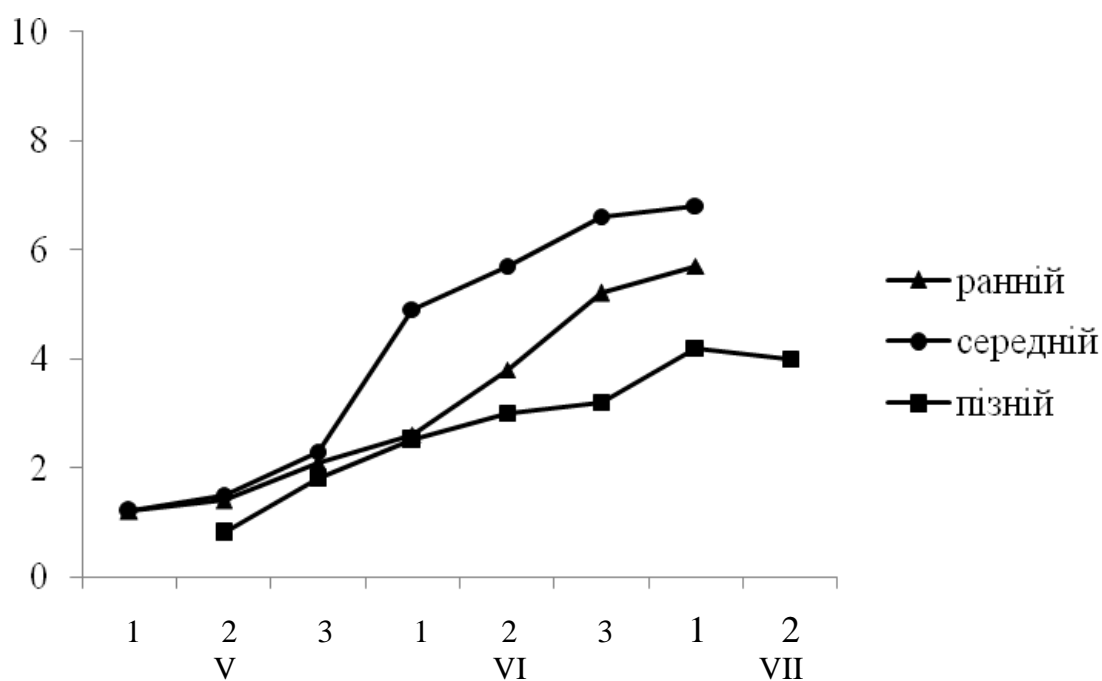


Рисунок 2.7 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів гороху в 2007 році на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

У період максимального розвитку листя, коли відносна площа його становила $2,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$, чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою і склала $6,8 \text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{д}$. Найнижча чиста продуктивність фотосинтезу була у рослин при пізньому терміні сівби і склала $4,2 \text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{д}$. Це зумовлено скороченням тривалості досліджуваного періоду і найменшою площею листкової поверхні ($1,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$). При ранньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась в період цвітіння - досягання (третя декада червня - перша декада липня) і становила $5,7 \text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{д}$. При пізньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась в першій декаді липня і становила $4,2 \text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{д}$.

На рис. 2.8 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в 2008 році.

ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{д}$

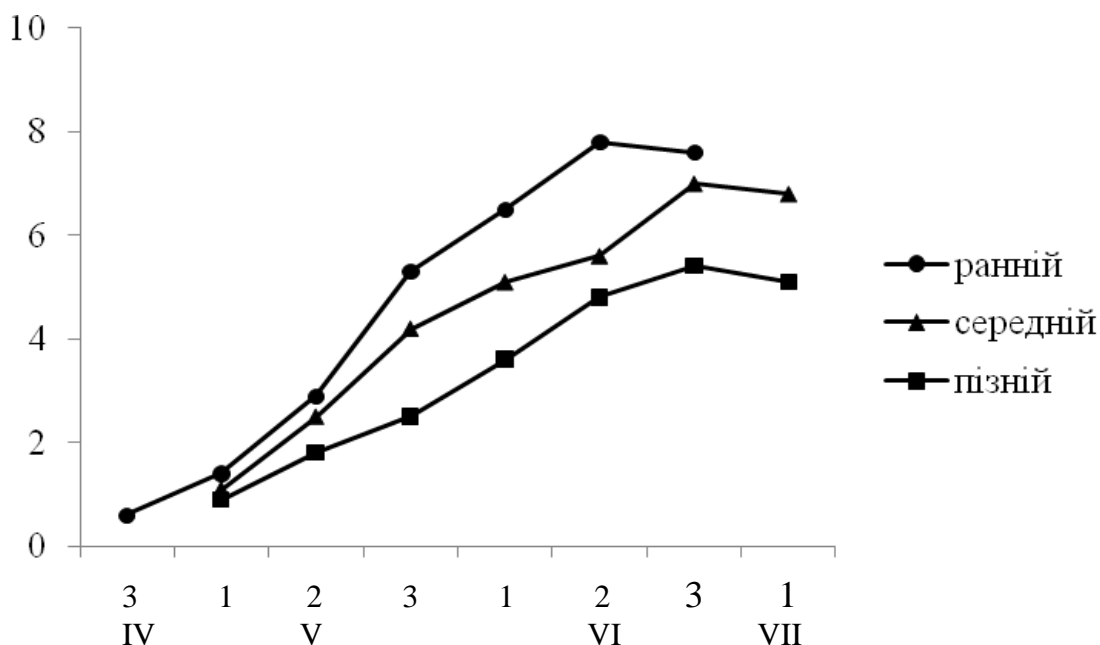


Рисунок 2.8. – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів гороху в 2008 році на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Як видно з рис. 2.8, чиста продуктивність фотосинтезу у рослин гороху при ранньому терміні сівби була найвищою в період цвітіння і склала $7,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження, а також стрімким ростом листкового апарату (максимальні значення площі листкової поверхні становили $2,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$). При середньому терміні сівби найвища чиста продуктивність у рослин гороху спостерігалась в кінці періоду цвітіння і склала $7,0 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$. Найвища ЧПФ при пізньому терміні сівби була в декаді зі значною кількістю опадів і помірною температурою повітря, тобто в третій декаді червня – $5,4 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$.

В результаті виконаної роботи можна дати кількісну оцінку впливу строків сівби на основні показники фотосинтетичної діяльності рослин в період вегетації гороху [46, 56]. Для цього було розраховано фотосинтетичний потенціал посівів (ФП), на величину якого значно вплинули строки сівби (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби на ділянках навчальної метеорологічної лабораторії на ст.Чорноморка, Одеської області

Рік	Строки сівби	Максимальна площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	ЧПФ, максимальна за вегетацію, $\text{г/м}^2 \cdot \text{д}$	$K_{\text{госп}}$, відн.од.	ФП за період вегетації, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Суха маса зерен, г/м^2	Урожай при стандартній вологості (14 %), ц/га
2007	ранній	2,2	5,7	0,32	95	104	11,9
	середній	2,4	6,8	0,42	117	109	12,4
	пізній	1,8	4,2	0,2	92	56	4,1
2008	ранній	2,8	7,8	0,67	134	230	26,2
	середній	2,6	7,0	0,63	123	211	24,1
	пізній	1,94	5,4	0,3	111	84	9,6

ФП характеризується сумою площі листя за весь вегетаційний період. У 2007 році густота посіву рослин гороху на трьох ділянках була практично однаковою – 86 - 90 рослин на 1 м^2 , але за рахунок середнього строку сівби, коли сформувалася найбільша відносна площа листкової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення і склав $117 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Також було розраховано коефіцієнт господарської частини врожаю ($K_{\text{госп}}$), який визначає частку зерен в загальній біомасі врожаю. Найбільше значення $K_{\text{госп}}$ в 2007 році спостерігається при середньому терміні сівби і становить 0,42. Найбільший урожай формувався також при середньому терміні сівби і становив 12,4 ц/га [43].

У 2008 році спостерігалась така ж закономірність, проте, тільки для посівів раннього строку сівби. При максимальній площі листя $2,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і загальній сухій біомасі $230 \text{ г}/\text{м}^2$ фотосинтетичний потенціал досяг $134 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найбільше значення $K_{\text{госп}}$ спостерігалось при ранньому терміні сівби і становило 0,67, найбільший урожай становив 26,2 ц/га. На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що для одержання високої продуктивності посівів необхідне швидке формування оптимальної площі листя, створення умов для їх тривалої роботи.

В результаті виконаної роботи був вивчений вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток гороху при різних строках сівби. Встановлено, що водно-температурний режим і умови освітлення вегетаційного періоду в 2008 році були більш сприятливими для вирощування культури, ніж в 2007. Найбільший середньодекадний приріст сухої біомаси зафіксований в 2007 році при середньому терміні сівби, а в 2008 році - при ранньому терміні сівби. Тому можна стверджувати, що в ці терміни сівби горох більш раціонально використовував вологу, мінеральне живлення і сонячну енергію.

Інтенсивний приріст листкової поверхні культури спостерігався в 2007 році при середньому терміні сівби, а в 2008 - при ранньому і досяг максимуму в період цвітіння. В цілому загальна площа листя була більшою у рослин 2008 року сівби.

Величини чистої продуктивності фотосинтезу змінювались протягом усього періоду вегетації гороху. Максимальна чиста продуктивність фотосинтезу спостерігалась в період цвітіння - досягання при середньому терміні сівби в 2007 році і при ранньому терміні сівби в 2008 році. У 2007 році найбільший фотосинтетичний потенціал спостерігався у рослин середнього строку сівби, де сформувалася максимальна площа листкової поверхні і загальна суха біомаса. У 2008 році фотосинтетичний потенціал був найвищим у рослин раннього строку сівби також при максимальній сухій біомасі і найбільшій площі листкової поверхні.

Отримані результати показали, що при пізніх строках сівби формування продуктивності гороху відбувається за менш сприятливих агрометеорологічних умов, що призводить до значного зниження площі листя, а це в свою чергу спричиняє до зменшення фотосинтетичного потенціалу і, як наслідок, зниження врожаю.

Висновки до розділу 2

Для вивчення впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху був проведений комплексний біолого-агрометеорологічний експеримент в 2007 і 2008 роках. В результаті виконаної роботи, представленої в розділі 2, було визначено вплив агрометеорологічних умов різних строків сівби за 2007 - 2008 рр. на формування площі листя в посівах гороху. Було проведено порівняння всіх показників фотосинтетичної діяльності посівів різних строків сівби в 2007 і 2008 роках. Дана порівняльна кількісна оцінка по трьох ділянках з різними термінами сівби за 2007 - 2008 рр. Отримані результати показали, що при пізніх строках сівби формування продуктивності гороху відбувається при менш сприятливих агрометеорологічних умовах. Це призводить до значного зниження площі листя, зменшення фотосинтетичного потенціалу, зниження врожаю.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ГОРОХУ

3.1. Аналіз існуючих моделей продуктивності гороху

Ріст, розвиток рослин і формування врожаю – це складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність і спрямованість яких визначається генотипом і факторами навколишнього середовища, взаємозв'язком між процесами.

Залежно від підходів до вирішення проблеми виділяються три напрямки в розвитку моделей і методів прогнозів урожайності:

- статистичний, коли ведеться розробка моделей, які базуються на статистичних закономірностях процесів впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності сільськогосподарських культур;

- фізико-статистичний, ведеться з більш повним врахуванням апріорної інформації про фізичні механізми процесів формування врожаю;

- динамічний, який ґрунтується на динамічних моделях формування врожайності, що враховують вплив факторів навколишнього середовища на основні процеси життєдіяльності рослин.

Статистичні моделі базуються на побудові статистичних моделей, здійснюється пошук зв'язків між урожаєм і усередненими за фіксовані інтервали часу (календарні або міжфазні періоди) значеннями агрометеорологічних факторів або показників, які характеризують стан посівів в певний момент часу. При цьому звертається увага на виявлення чинників, які не тільки містять важливу інформацію про вплив сформованих умов, на формування врожаю, але і характеризуються певною мірою інерційністю. Використовуються кореляційний і

регресійний аналізи, які дозволяють визначати кількісну залежність врожаю від перерахованих факторів.

Фізико-статистичні моделі формування врожаїв істотно відрізняються одна від одної. Загальною для них є тенденція до більш повного, ніж в статистичних моделях, урахування апріорної інформації про фізичні механізми процесів формування врожаю.

Динамічні моделі продукційного процесу рослин орієнтовані на їх використання в агрометеорологічних розрахунках і прогнозах, описують процеси фотосинтезу, дихання і росту [146, 149, 150, 152, 153, 168].

Перші роботи з моделювання росту рослин за допомогою ЕОМ виконали Брауер і де Віт [154, 155].

В наш час у Франції розроблена модель оцінки продуктивності гороху SILASOL [151, 164, 166, 169]. Біофізична частина моделі SILASOL базується на двох динамічних моделях: AFISOL - модель росту гороху, розроблена в 2006 році в Парижі вченим Vocanson A., і SISOL - модель оцінки розвитку структури ґрунту, розроблена у 2000 році вченими Roger-Estrade J., Richard G., Boizard H., Boiffin J., Caneill J. В цій моделі розглядається оптимальна послідовність культур протягом певного періоду для оцінки продуктивності гороху, а також розглядаються методи прогнозу врожаю гороху при різних сценаріях клімату.

У 2006 році розроблена модель оптимального агроекотипу гороху. Вперше в умовах Середнього Поволжя були вивчені особливості формування врожаю зерна, продуктивності і сім'яутворення сортів гороху різних морфотипів і моделей детермінантності стебла. Виявлені основні кліматичні чинники і властивості гороху, які лімітують урожай і його потенціал у різних морфо типах [50].

На території Бангладеш горох займає близько 38% посівних площ. У зв'язку з цим вчені розробили модель росту гороху ARIMA. Модель базується на прогнозі врожаю гороху. Авторами було відзначено, що короткострокові прогнози більш ефективні для моделей ARIMA [148, 157].

У Новій Зеландії була розроблена модель прогнозу врожайності гороху в умовах посухи і зрошення. Були розраховані випаровуваність, вологозабезпеченість, тривалість міжфазних періодів, підрахована кількість поливів, днів з посухою і т.д. Ця прогностична модель створена для отримання максимальної врожайності гороху на даній території [156, 159, 160, 162].

У 2014 році в умовах Центрального Передкавказзя був розроблений метод зниження токсичності ґрунтів і підвищення врожайності гороху. Виконані дослідження дозволили виявити регіональні особливості вирощування рослин гороху при впровадженні біоресурсів, рециклінгу спиртової барди і відходів сільськогосподарського виробництва, а також обґрунтувати напрями ефективного використання різнорівневих виробничо - економічних зв'язків [142].

В умовах Волго-Вятського району (Чувашія) розроблено метод підвищення врожайності гороху. В ході виконання роботи встановлено оптимальні норми висіву, дози і поєднання мінеральних добрив для сортів гороху в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Чувашії, які дозволяють застосовувати однофазне збирання [106].

З усього вище викладеного можна зазначити, що проаналізовані моделі росту та розвитку гороху в тій чи іншій мірі добре описують специфічні особливості фізіологічних процесів, що протікають в рослинах. Однак всі ці моделі ґрунтуються на апроксимованих

результатах емпіричних досліджень, на окремих територіях, по окремих культурах і призначені для реалізації конкретних цілей, тому при застосуванні будь - якої з них для гороху необхідно дотримуватися великої обережності.

В ОДЕКУ на кафедрі агрометеорології та агрометпрогнозів вже багато років розвивається школа динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур, заснована проф.А.М.Польовим.

Вперше для України базова модель формування врожайності сільськогосподарських культур А.М. Польового [94-97, 99] була застосована для методу оцінки умов зволоження території Причорномор'я стосовно до культури гороху і прогнозу його середньообласної врожайності в роботі Ле Тхі Кім Зунг [70]. В ході виконання цієї роботи була проведена ідентифікація параметрів моделі продуктивності, розробленої А.М.Польовим [97]. Вибір цієї моделі зумовлений тим, що вона є не дуже громіздкою і в той же час доступною для застосування. В процесі ідентифікації для врахування специфічних особливостей культури гороху в структуру моделі були введені деякі зміни, детально розглянуті в наступному розділі.

3.2 Моделювання впливу факторів навколишнього середовища на формування продуктивності гороху

Продукційний процес рослин (ППР) – це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, в ході яких відбувається формування урожаю (рис. 3.1). ППР залежить від умов зовнішнього середовища і сам перетворює

довкілля, в основному через архітектоніку, газообмін і транспірацію фітоценозу [99].

Рослини, поглинаючи листям з атмосфери CO_2 і кореневою системою воду з ґрунту, створюють в процесі фотосинтезу під дією енергії сонячної радіації органічну речовину у вигляді асимілятів. Одночасно відбувається транспірація – процес забезпечення рослин водою і елементами мінерального живлення і регуляції теплового режиму рослин. В залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР), водного і температурного режимів, швидкості вітру, концентрації CO_2 в повітрі, родючості ґрунту і видових особливостей рослин процес фотосинтезу може відбуватись з більшою або меншою швидкістю.

Інший фундаментальний процес – *дихання* – забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних із ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і з транспортом речовин, а також з підтримкою життєдіяльних структур органів рослин. При цьому витрачаються органічні речовини, накопичені в органах рослин.

Третій фундаментальний процес – *ріст*. Фотосинтез і ріст розглядаються як взаємопов'язані процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту.

Система донорно-акцепторних відносин є основним виявленням інтеграції фотосинтезу і росту на рівні всього організму. Між донором і акцептором формуються тимчасові проміжні фонди асимілятів. Фонди можуть бути в кожному органі, але більш мобільні з них, ймовірно, знаходяться в листках і стеблах. Запасні асиміляти, на більш тривалий період переважно нагромаджуються у корінні. В умовах екологічного

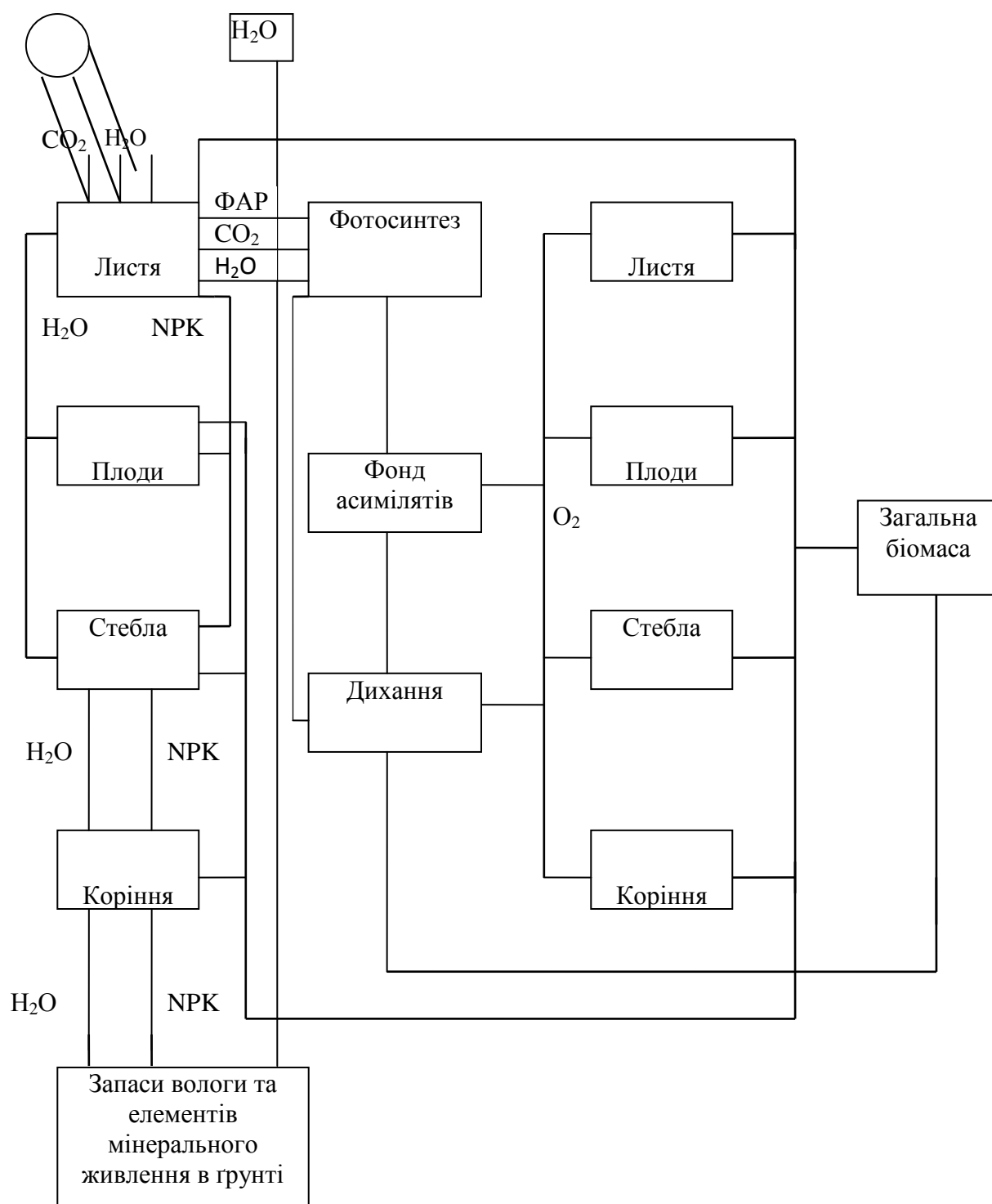


Рисунок 3.1 – Блок-схема продукційного процесу [98, 99]

стресу, коли пригнічується фотосинтез, величина фондів стає вагомим чинником формування урожаю.

Фонди забезпечують часткову автономність функції фотосинтезу і росту. Можливе обмеження росту без фотосинтезу за умови, що енергетичне постачання відбувається за рахунок запасних субстратів попереднього фотосинтезу. Так ростуть паростки, пагони і листя з бруньок дерев. Так відбувається ріст в нічні години і т.д. Сучасні експериментальні та теоретичні дослідження [99, 109, 124] дозволили розширити наші знання про добову і онтогенетичну динаміку фондів.

Ріст – це складова частина продукційного процесу, який супроводжується збільшенням маси і розмірів органів, органел і живого організму в цілому.

Найбільш елементарний показник росту фітомаси – це приріст, тобто різниця між сухою фітомасою за певний проміжок часу:

$$\Delta M = M_2 - M_1. \quad (3.1)$$

Приріст сухої фітомаси не є вичерпною характеристикою при оцінці росту органів рослин, оскільки не враховує хімічний склад фітомаси.

Приріст сухої маси відбувається за якийсь інтервал часу Δt , тому вживається поняття абсолютної швидкості росту

$$\Delta M / \Delta t = (M_2 - M_1) / (t_2 - t_1) \quad (3.2)$$

і відносного приросту:

$$R_r = (M_2 - M_1) / [\bar{M}(t_2 - t_1)], \quad (3.3)$$

де \bar{M} – середня суха маса рослини за період часу t_2-t_1 .

При аналізі приросту біомаси використовується і величина $E_{чн.ф.}$, яка розраховується за формулою:

$$E_{чн.ф.} = \frac{1}{\bar{L}_0} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t}, \quad (3.4)$$

де \bar{L}_0 – середня сумарна площа листя рослини за період Δt .

Величина $E_{чн.ф.}$ названа А.А.Нічипоровичем [82-84] чистою продуктивністю фотосинтезу посівів. Вона широко використовується для характеристики фотосинтетичної активності листкової поверхні.

За період вегетативного росту в оптимальних умовах збільшення структурної маси відбувається пропорційно самій масі (стадія експоненціального росту). Ріст окремих органів рослини в оптимальних умовах протягом всього онтогенезу має характерні для певного виду закономірності, задані генетичним кодом рослини. При нестачі будь-якої фондової речовини ріст обмежений і пропорційний концентрації фондової речовини. При повних фондах лімітування росту відсутнє.

Крім фондів вуглеводів і N, P, K істотний вплив на ріст справляють температура і водний режим рослин. Ріст відбувається в певному температурному інтервалі, в середині цього інтервалу при оптимальній температурі ріст досягає максимальної швидкості. При великих значеннях водного потенціалу вода не лімітує його ріст, однак, при погіршенні водного режиму ріст рослини буде затримуватись і припиниться, якщо водний потенціал досягне деякого критичного значення.

Згідно з А.А.Нічипоровичем (1963 р.), найвища продуктивність посівів сільськогосподарських культур може бути досягнута за таких умов:

- формується оптимальний за розмірами і за тривалістю роботи фотосинтетичний апарат;
- досягається найкраща за інтенсивністю і за якісною спрямованістю його робота в різних фазах росту і розвитку рослин;
- забезпечується найкраще використання продуктів фотосинтезу з найменшими їх витратами на процеси загального метаболізму і росту;
- хід цих процесів підтримується оптимальним співвідношенням чинників середовища: світла, тепла, вологи, вуглецю, елементів мінерального живлення.

Передумовою для створення математичних моделей ППР є знання закономірностей залежності вищеназваних фундаментальних процесів від чинників зовнішнього середовища і від внутрішніх біологічних, видових та адаптивних особливостей рослин у взаємозв'язку і в динаміці онтогенезу.

3.3. Концепція моделювання

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт з моделювання продукційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики становили довгоперіодні динамічні моделі формування урожаю [16, 27-29, 97, 103, 116, 154, 155].

Моделювання дозволило узагальнити значну кількість даних, що відображають вплив чинників зовнішнього середовища на ряд найважливіших процесів життєдіяльності рослин, складна сукупність

яких визначає процес формування урожаю. Динамічні моделі продуктивності дозволяють відтворити ефект впливу агрометеорологічних умов на основні показники фотосинтетичної діяльності посівів і реально оцінити міру цього впливу. Такий підхід виявився особливо плідним. На цій основі відкрилась можливість приступити до створення методів оцінки агрометеорологічних умов росту сільськогосподарських культур, прогнозування їх врожайності.

В Україні значні розробки зі створення методів оцінки агрометеорологічних умов і прогнозування врожайності сільськогосподарських культур, як це показано в підрозділі 3.1, виконані в рамках створеного В. П. Дмитренком [27-29] напрямку на основі запропонованої ним моделі врожайності сільськогосподарських культур.

Процес формування урожаю розглядається нами як складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається не тільки чинниками зовнішнього середовища та біологічними особливостями рослин, але і взаємозв'язком між самими процесами.

Виконана робота ґрунтується на застосуванні і розвитку базової моделі формування урожаю сільськогосподарських культур [96-99].

Структура моделі визначається, виходячи із закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі «грунт – рослина – атмосфера» та біологічних уявлень про ріст і розвиток гороху під впливом чинників зовнішнього середовища. В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового та водного балансів і балансу біомаси у рослинному покриві [109, 110].

Основні концептуальні положення такі:

– ріст і розвиток рослин визначається генотипом і чинниками зовнішнього середовища;

– моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу з врахуванням необхідності в асимілятах для росту надземної і підземної частин рослин;

– моделюється радіаційний, тепловий і водний режими системи «грунт – рослина – атмосфера»;

– моделюється природне старіння рослин і за стресових умов, перетікання асимілятів з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи;

– моделюється вплив агрометеорологічних умов в основні міжфазні періоди на формування врожаю гороху.

Вважається, що рослина складається з чотирьох функціонально пов'язаних узагальнених органів: листя - l , стебла - s , коріння - r , репродуктивних органів (боби) - p . В бобі розглядається формування зерна - g . Загальна суха біомаса рослин \bar{M} складається з біомаси окремих органів: m_l, m_s, m_r, m_p .

На рис. 3.2 представлена блок-схема динамічної моделі формування врожайності гороху.

Модель формування врожаю гороху складається з п'яти блоків (рис. 3.2):

1. блок вхідної агрометеорологічної інформації;
2. блок початкових даних і шкали часу;
3. блок чинників навколишнього середовища;
4. біологічний блок;
5. блок врожайності.

У свою чергу блок чинників навколишнього середовища містить три підблоки: перший (3.1) – радіаційного та водно-теплого режимів посівів; другий (3.2) – функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез; третій (3.3) – комплекс оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: перший (4.1) – онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання; другий (4.2) – фотосинтезу, дихання і приросту рослинної маси; третій (4.3) – динаміки біомаси органів рослини; четвертий (4.4) – площі листкової поверхні.



Рисунок 3.2 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності гороху

3.4. Опис структури моделі формування врожайності гороху

3.4.1. Блок вхідної агрометеорологічної інформації

Передбачається використання стандартної декадної агрометеорологічної інформації: температура повітря, дефіцит насичення повітря, кількість опадів, тривалість сонячного сяйва, запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 і 0-100 см, рівень ґрунтових вод, строки і норми вегетаційного поливу (при зрошуванні), характеристики агрофізичного та агрохімічного стану ґрунту, водного режиму ґрунтів.

3.4.2. Блок початкових даних і шкали часу

Виконуються розрахунки початкових характеристик рослинного покриву (величини біомаси окремих органів рослин – листя, стебел, коренів, бобів і площі асимілюючої поверхні); задаються початкові значення оцінок екстремальних умов. Проводиться розрахунок часової шкали та суми ефективних температур. Модель має дві шкали часу: декади від початку вегетації культури і суми ефективних температур, що накопичуються від початку вегетації.

Сума ефективних температур визначається з врахуванням середньої за декаду температури повітря, біологічного нуля гороху і кількості декад вегетації

$$\sum_{n.veg.}^{в.ст.} t_{ef.} = (t_{дек.} - t_{б.н.}) n_{дек.}, \quad (3.5)$$

де $\sum_{n.veg.}^{в.ст.} t_{ef.}$ – сума ефективних температур;

$t_{дек.}$ – середня за декаду температура повітря;

$t_{б.н.}$ – біологічний нуль гороху;

$n_{дек.}$ – кількість днів в розрахунковій декаді вегетації.

Розраховується тривалість світлого часу доби. Розрахунок схилення Сонця виконується за допомогою виразу

$$\delta = \{-23,4 \cos[2 \cdot 3,1428 (t_o + qi + 10) / 365]\} 0,017453, \quad (3.6)$$

де δ – схилення Сонця;

t_o – кількість днів від 1-го січня до дати початку вегетації гороху;

qi – кількість днів від дати початку вегетації гороху нарастаючим підсумком.

Час заходу Сонця визначається як

$$\tau_3 = 12 + 3,8197 \arccos(-A/B), \quad (3.7)$$

де τ_3 – час заходу Сонця;

A і B – проміжні астрономічні характеристики, які визначаються за допомогою виразів:

$$A = \sin(0,017453 \varphi) \sin \delta, \quad (3.8)$$

$$B = \cos(0,017453 \varphi) \cos \delta, \quad (3.9)$$

де φ – широта пункту, по якому ведеться розрахунок.

Час сходу Сонця і тривалість світлої частини доби розраховується за співвідношеннями:

$$\tau_8 = 24 - \tau_3, \quad (3.10)$$

$$\tau_{\text{дн}} = \tau_3 - \tau_8, \quad (3.11)$$

де τ_8 – час сходу Сонця;

$\tau_{\text{дн}}$ – тривалість світлої частини доби.

3.4.3. Блок факторів навколишнього середовища

Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посівів

Для розрахунку сумарної сонячної радіації, яка надходить на верхню межу рослинного покриву гороху, використовується формула С.І. Сівкова [114]

$$Q_o^j = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(A^j + B^j)^{2,1}, \quad (3.12)$$

де Q_o – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – порядковий номер розрахункової декади.

Інтенсивність сумарної сонячної радіації, що надходить на поверхню листя всередині рослинного покриву, визначимо за співвідношенням [12, 114]

$$Q_L = Q_o a_Q (1 - \alpha_{LS}), \quad (3.13)$$

де Q_L – інтенсивність сумарної сонячної радіації на поверхні листя всередині рослинного покриву;

a_Q – функція пропускання сумарної радіації рослинним покривом;

α_{LS} , – альbedo рослинного покриву.

Функцію пропускання сумарної радіації знайдемо за формулою Тоомінга і Росса [110, 124, 126]:

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right), \quad (3.14)$$

де c_2 – емпірична стала, яка характеризує частку розсіяної радіації в потоці сумарної радіації;

c_3 – емпірична стала, яка характеризує інтенсивність розсіювання фітоелементами;

k_s^L – емпірична стала, яка характеризує вплив геометричної структури рослинного покриву на пропускання сонячної радіації.

L – відносна площа листя;

h_o – висота Сонця.

Альbedo рослинного покриву визначимо за формулою Ю.К. Росса [110]:

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_o} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_o}) \exp[-L(1 + ctgh_o / \pi)], \quad (3.15)$$

де

$$\alpha_{Lh_o} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sinh_o}. \quad (3.16)$$

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{\Phi AP} = (a_{\Phi AP} Q_L) / \tau_{\text{дн}}, \quad (3.17)$$

де $a_{\Phi AP}$ - коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, визначається як

$$P_s = P_0 - P_L, \quad (3.18)$$

де P_0 – кількість опадів, що випали;

P_L – кількість опадів, перехоплених рослинним покривом, яка залежить від розмірів листкової поверхні

$$P_L = 0,2 L. \quad (3.19)$$

Випаровуваність з посівів гороху визначимо за рівнянням [115]

$$E_{pot} = 16,7(a_{\text{хар.}} Q_0 - n_{\text{дек.}} b_{\text{хар.}}), \quad (3.20)$$

де E_{pot} - випаровуваність посівів гороху;

$a_{\text{хар.}}$ і $b_{\text{хар.}}$ - параметри рівняння Харченко для гороху.

Сумарне випаровування посівів гороху визначимо за методом С.І. Харченко [136]

$$E_{act.} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \frac{2W_{HB}}{\beta_{\text{хар.}} E_{pot}}}, \quad (3.21)$$

де $E_{act.}$ - сумарне випаровування посівів гороху;

$P_{зр.}$ - норма вегетаційного поливу;

W_{HB} - найменша вологоємність в метровому шарі ґрунту;

$\beta_{хар.}$ - параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в залежності від фази розвитку і біологічних особливостей культури;

W - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту.

Рівень ґрунтових вод визначається за допомогою методу[136]:

$$H_{gr.w.}^{j+1} = H_{gr.w.}^j + \Delta H_{gr.w.}^j, \quad (3.22)$$

$$\Delta H_{gr.w.} = I_w / k_w \cdot 10 \quad (3.23)$$

або

$$\Delta H_{gr.w.} = -V_p / k_w \cdot 10, \quad (3.24)$$

де величини I_w і V_p визначаються як

$$I_w = W_n + P_o - E_{pot} - W_{HB}, \quad (3.25)$$

$$0 \leq W_{FC} - (W_n + P_o - ET_{act}) \geq V_p \leq V_{max}, \quad (3.26)$$

де $H_{gr.w.}$ – рівень ґрунтових вод;

I_w – інфільтрація;

V_p – розрахункова величина підживлення в зону аерації із ґрунтових вод;

W_n – початкова вологість ґрунту;

ET_{act} – сумарне випаровування;

V_{max} – максимально можливе підживлення;

k_w – коефіцієнт водовіддачі.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи скористаємось рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + P_S^j + P_{зр.}^j - E_{act}^j - I_w^j + Vp \quad (3.27)$$

Величина гідротермічного показника Селянинова (*ГТК*) розраховується щодакдно при середній температурі повітря за декаду вищій ніж 10°C як співвідношення:

$$ГТК = P_S / (0,1 t_{дек.} n_{дек.}). \quad (3.28)$$

Підблок функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез

Дія температури на фотосинтез пов'язана з її впливом на темнові реакції та на повторні процеси, тоді як фотохімічний процес майже не залежить від температури. Поглинання і відновлення двоокису вуглецю при підвищенні температури прискорюються, поки не буде досягнутий деякий оптимальний рівень, який зберігається в досить широкому діапазоні температур. Тільки при високих температурах, коли починається інактивація ферментів, а також порушується узгодженість різних реакцій, фотосинтез швидко припиняється [10, 11, 111].

При підвищенні температури темнове дихання експоненціально зростає. При температурі нижче за 5 °C енергія активації для різних обмінних реакцій, що беруть участь в диханні, велика, тому високий і коефіцієнт Q_{10} . У тропічних рослин Q_{10} при температурі нижчій за 10 °C стрибкоподібно збільшується до 3 і більше. При температурі вищій за 25–30 °C температурний коефіцієнт дихання знижується у більшості рослин до 1,5 і менше. Нарешті, при дуже високих температурах біохімічні процеси протікають так швидко, що постачання субстратом і метаболітами не може устигати за обміном речовин, і інтенсивність дихання швидко падає.

Залежність нетто-газообміну від температури визначається різницею між швидкостями фотосинтетичного засвоєння CO_2 і процесів дихання при тій же температурі. Крім того, позначається вплив температури на ширину продихових щілин. Підвищення температури повітря до зони оптимуму посилює нетто-фотосинтез, потім – гальмує цей процес. Ці області визначаються трьома основними точками: нижньою межею (температурним мінімумом) нетто-фотосинтезу, температурним оптимумом і верхньою межею (температурним максимумом) – нетто-фотосинтезу [97].

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

$$\Psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \sin(0,0774x_2) & \text{при } t < t_{opt1}^{\Phi} \\ 1 & \text{при } t_{opt1}^{\Phi} \leq t_n \leq t_{opt2}^{\Phi} \\ 1,1323 \cos(1,5705x_3) - 0,1323 & \text{при } t > t_{opt2}^{\Phi} \end{cases} \quad (3.29)$$

$$x_2 = (t_n - t_o^{\Phi}) / (t_{opt1}^{\Phi} - t_n), \quad (3.30)$$

$$x_3 = (t_n - t_{opt2}^{\Phi}) / (t_{max}^{\Phi} - t_{opt2}^{\Phi}), \quad (3.31)$$

де Ψ_{Φ} - температурна крива фотосинтезу;

t_n - температура повітря;

t_o^{Φ} , t_{opt1}^{Φ} , t_{opt2}^{Φ} , t_{max}^{Φ} - відповідно початкова, нижня межа і верхня межа оптимальної і максимальна температура процесу фотосинтезу.

Величини t_{opt1}^{Φ} і t_{opt2}^{Φ} є функціями біологічного часу. В загальному вигляді вони описуються рівняннями:

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1x_4 + B_2x_4^2 + B_3x_4^3, \quad (3.32)$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4x_4 + B_5x_4^2 + B_6x_4^3, \quad (3.33)$$

$$x_4 = \Sigma t / \Sigma t_{cm.} . \quad (3.34)$$

У листостеблових рослин водний дефіцит діє передусім на устячка, звуження яких обмежує CO₂-газообмін. При більш сильному обезводнюванні погіршується стан набухання протоплазми, а в результаті і продуктивність фотосинтезу. Як правило, високий рівень поглинання CO₂ підтримується тільки при достатньому водопостачанні; вже при невеликому дефіциті води поглинання CO₂ починає знижуватися, а при подальшій втраті вологи зрештою повністю припиняється

Визначення впливу вологозабезпеченості на процес фотосинтезу проводиться двома способами – через функцію впливу вологості ґрунту:

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} 2,187x_5 - 1,163x_5^2 & \text{при } W < W_{opt1} \\ 1 & \text{при } W_{opt1} \leq W \leq W_{opt2} \\ -0,654 + 3,824x_6 - 2,633x_6^2 + 0,467x_6^3 & \text{при } W > W_{opt2} \end{cases} \quad (3.35)$$

$$x_5 = W / W_{opt1} , \quad (3.36)$$

$$x_6 = W / W_{opt2} , \quad (3.37)$$

та через відношення сумарного випаровування до випаровуваності

$$e_{\phi} = E_{act} / E_{pot}, \quad (3.38)$$

де γ_{ϕ} - функція впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу;
 W - запаси продуктивної вологи у ґрунті;
 W_{opt1} і W_{opt2} - нижня і верхня межі оптимальних значень запасів продуктивної вологи в ґрунті;
 e_{ϕ} - відносна вологозабезпеченість.

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез FW виконується за формулою

$$FW = (\gamma_{\phi} e_{\phi})^{0,5}. \quad (3.39)$$

Аналогічно визначимо узагальнену функцію впливу термічного режиму та вологозабезпеченості $FTW1$ на фотосинтез

$$FTW1 = (\psi_{\phi} FW)^{0,5}. \quad (3.40)$$

Введемо корекцію до цієї функції на рівень температури повітря в поєднанні з вологозабезпеченістю

Функція $FTW2$ нормована і змінюється від 0 до 1.

$$FTW2 = \begin{cases} FTW1[1 + (1 - \Psi_{\phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW1[1 - (1 - \Psi_{\phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} \quad (3.41)$$

Підблок комплексу оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди і посушливих явищ

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю гороху розглядається в три періоди [101, 143, 144]:

- 1) сходи – утворення суцвіть;
- 2) утворення суцвіть – цвітіння;
- 3) цвітіння – досягання.

Оптимальні умови формування елементів продуктивності в період третя декада квітня – перша декада травня будуть спостерігатись при температурі повітря 12 °С. При зниженні температури або при її підвищенні умови погіршуються.

Запропонована формула дозволяє розрахувати очікувану кількість зерен в бобі за допомогою середньої температури повітря в період цвітіння [96]

$$n_g = 0,96 \cdot n_g^{\max} \cdot 10^{-0,70 \left(\frac{t-12}{10} \right)^2}, \quad (3.42)$$

де n_g – очікувана кількість зерен в бобі;

n_g^{\max} – максимальна кількість зерен, яка формується при в сприятливому рівні температури за період;

t_l – середня температура повітря за період цвітіння.

Оцінка впливу агрометеорологічних умов за цей період на формування врожаю виконується за відношенням розрахованої кількості зерен до їх оптимальної величини

$$cv_t = \frac{n_g}{n_g^{\max}}, \quad (3.43)$$

де cvt_1 – оцінка агрометеорологічних умов за період сходи – утворення суцвіть.

В другий (утворення суцвіть – цвітіння) і третій (цвітіння – досягання) періоди враховується вплив тривалості цих міжфазних періодів на формування врожаю.

Розраховується тривалість кожного з цих періодів за виразами:

$$n_{1-2} = \frac{\sum t_{1-2}}{t_2 - t_{б.н.}}, \quad (3.44)$$

$$n_{2-3} = \frac{\sum t_{2-3}}{t_3 - t_{б.н.}}, \quad (3.45)$$

де n_{1-2} і n_{2-3} – тривалість періодів утворення суцвіть – цвітіння і цвітіння–досягання відповідно;

t_2 і t_3 – середня температура повітря за ці ж періоди, відповідно.

Розрахункові величини тривалості періодів утворення суцвіть – цвітіння (n_{1-2}) і цвітіння – дозрівання (n_{2-3}) порівнюються з оптимальними величинами тривалості цих періодів (n_{1-2}^{opt} , n_{2-3}^{opt}):

$$vn_{1-2} = n_{1-2} / n_{1-2}^{opt}, \quad (3.46)$$

$$vn_{2-3} = n_{2-3} / n_{2-3}^{opt}, \quad (3.47)$$

де vn_{1-2} і vn_{2-3} – відношення тривалості цих періодів до їх оптимальних величин відповідно.

Режим вологозабезпеченості оцінюється за кількістю опадів на одну добу періоду (P_{1-2}^s , P_{2-3}^s) в порівнянні з оптимальною їх кількістю ($P_{1-2}^{s(opt)}$, $P_{2-3}^{s(opt)}$):

$$vp_{1-2} = \frac{P_{1-2}^s}{n_{1-2}} \bigg/ \frac{P_{1-2}^{s(opt)}}{n_{1-2}^{opt}}, \quad (3.48)$$

$$vp_{2-3} = \frac{P_{2-3}^s}{n_{2-3}} \bigg/ \frac{P_{2-3}^{s(opt)}}{n_{2-3}^{opt}}, \quad (3.49)$$

де vp_{1-2} і vp_{2-3} – відповідно відношення кількості опадів на одну добу в періоди утворення суцвіть – цвітіння і цвітіння – досягання до їх оптимальної кількості;

Підсумкові оцінки впливу тривалості періодів утворення суцвіть–цвітіння і цвітіння – досягання визначаються як:

$$cvn_{1-2} = vn_{1-2} \cdot vp_{1-2} \quad (3.50)$$

та

$$cvn_{2-3} = vn_{2-3} \cdot vp_{2-3}, \quad (3.51)$$

де cvn_{1-2} і cvn_{2-3} – підсумкові оцінки розглянутих періодів відповідно.

3.4.4. Біологічний блок

Підблок онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання

Фотосинтетична здатність і активність дихання – величини хоч і характерні для кожного виду рослин, але не постійні. Газообмін однієї і

тієї ж рослини змінюється в процесі індивідуального розвитку і в зв'язку з сезонними і навіть добовими коливаннями активності. Молоді рослини дихають більш інтенсивно, ніж старі. Особливо високий рівень дихання спостерігається в органах, які активно ростуть: для здійснення великої синтетичної роботи протоплазма споживає адезинотрифосфат (АТФ) в кількостях, що значно перевищують витрати при звичайній життєдіяльності. За допомогою механізму зворотного зв'язку клітина здатна стимулювати утворення АТФ в процесі дихання у відповідності зі своїми потребами. У паростках і кінчиках коріння, при розпусканні листя і в плодах, що розвиваються, дихання, яке забезпечує ріст, в 3-10 раз більш ніж інтенсивне звичайне дихання, яке підтримує життєдіяльність. В міру диференціювання і дозрівання тканин інтенсивність дихання знову сильно знижується.

У ході розвитку змінюється і фотосинтетична здатність рослин. У трав'янистих рослин окреме листя на пагонах значно розрізняється в залежності від часу розгортання і міри диференціювання, особливо у видів із швидким розвитком. З розгортанням листя швидко розвивається здатність до інтенсивного засвоєння CO_2 . Повністю розвинене молоде листя має найвищу продуктивність, але вже за декілька днів або тижнів їх фотосинтетична здатність слабшає і продовжує неухильно знижуватися із збільшенням віку листя [22, 58, 61, 99].

Зміна інтенсивності фотосинтезу в онтогенезі в динамічних моделях продукційного процесу рослин не враховується зовсім або враховується через емпіричні коефіцієнти. Однак з літературних джерел [83, 84, 99, 124, 163] добре відомо, що фотосинтетична активність листя різна на різних етапах онтогенезу окремого листка і рослини в цілому.

В онтогенезі цілої рослини найменшу інтенсивність фотосинтезу має листя у фазі сходів у бобових, коли анатомічна і морфологічна

структура листя не забезпечує оптимуму фотосинтетичної активності. Листя, яке є фотосинтетично активним в більш пізні фази онтогенезу, відрізняється структурними і фізіологічними характеристиками, оптимальними для їх фотосинтетичної активності. Це – листя середнього ярусу. Така різноманітна властивість листя визначається неодночасністю їх появи і тим, що їх розвиток пов'язаний з розвитком рослини в цілому.

Врахування зміни інтенсивності дихання в онтогенезі дуже важливе, оскільки рівень дихального газообміну відображає, нарівні з біохімічними особливостями протопласту, і ряд анатомо-морфологічних властивостей органа або тканини [111]. Біохімічна активність і структура тканин схильна до дуже сильних змін, пов'язаних з віком і розвитком рослини, внаслідок чого значно змінюється в онтогенезі і дихання. Найбільш інтенсивно дихають молоді тканини, що ростуть, при старінні рівень дихального метаболізму падає [98, 124, 125].

Вигляд онтогенетичної функції дихання, який використовується в моделі продукційного процесу, може бути різним і визначається, з одного боку, підходом до розрахунку дихання, а з іншого – структурою моделі.

Так, при оцінці дихання на одиницю сухої маси рослини загалом функція має вигляд спадної експоненти; при оцінці інтенсивності дихання на одну рослину функція має вигляд одновершинної кривої; при оцінці на одиницю азоту (величина, що відображає до деякої міри кількість активних білків) інтенсивність дихання змінюється незначно, слабо зростаючи в ході онтогенезу. При описі інтенсивності дихання окремих органів рослини вигляд онтогенетичної функції визначається не тільки віком органа, але і віком рослини в цілому та стадією її розвитку.

У взятій нами структурі моделі дихання оцінюється в цілому для всіх органів (наприклад, для всього листа) і в цьому випадку функція має вигляд одновершинної кривої.

Зміни інтенсивності фотосинтезу і дихання органів в залежності від фізіологічного віку рослини описуються онтогенетичними кривими фотосинтезу та дихання [99]. Так, онтогенетична крива фотосинтезу листа має вигляд:

$$\alpha_{\phi} \begin{cases} \exp \left\{ \alpha_{\phi}^0 \left[\sum t - \sum t_{\phi_1} \right] 10^2 \right\} & \text{при } \sum t < \sum t_{\phi_1} \\ 1 & \text{при } \sum t_{\phi_2} \geq \sum t \geq \sum t_{\phi_1} \\ 1,063 - 1,826x_1 + 0,705x_1^2 & \text{при } \sum t > \sum t_{\phi_2} \end{cases}, \quad (3.52)$$

$$x_1 = \frac{\sum t - \sum t_{\phi_2}}{\sum t_{cm.} - \sum t_{\phi_2}}, \quad (3.53)$$

де α_{ϕ}^0 – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$\sum t$ – сума ефективних температур;

$\sum t_{\phi_1}$ – перша сума ефективних температур, при накопиченні якої починається період максимальної інтенсивності фотосинтезу;

$\sum t_{\phi_2}$ – друга сума ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності фотосинтезу;

$\sum t_{cm.}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації до досягання.

Аналогічним рівнянням описується і онтогенетична крива дихання α_R , для якої задаються відповідні параметри. Вони характеризують початкове значення онтогенетичної кривої дихання α_R^0 , першу суму

ефективних температур, при накопиченні якої починається період з максимальною інтенсивністю дихання $\sum t_{R_1}$, другу суму ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності дихання $\sum t_{R_2}$.

Підблок фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.

На CO_2 -газообмін впливає цілий ряд зовнішніх чинників. Оскільки фотосинтез є фотохімічним процесом, він безпосередньо залежить від умов освітлення. Темнові реакції фотосинтезу і дихання – біохімічні процеси, тому насамперед лімітують температура і кількість CO_2 .

Якщо піддавати листя все більш сильному освітленню, то поглинання CO_2 зростає спочатку пропорціонально, а потім повільніше до деякої максимальної величини.

Для оцінки залежності інтенсивності фотосинтезу від щільності світлового потоку існує багато різноманітних формул, але найчастіше фотосинтез листя описують формулою Монсі й Саєкі [165]

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}), \quad (3.54)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

Φ_{\max} – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2 , $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

α_{ϕ} – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,

$\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$;

$I_{\text{ФАР}}$ – інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$;

j – номер кроку розрахункового періоду.

У природних умовах чинники зовнішнього середовища діють не ізольовано, а спільно. Тому газообмін рослини відображає взаємодію всіх внутрішніх і зовнішніх чинників. Один з них завжди виявляється у мінімумі і протягом деякого часу лімітує асиміляцію, однак, деякий вплив справляють й інші чинники.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO₂ в атмосфері розглядають величину Φ_{\max} як функцію концентрації CO₂ [99]

$$\Phi_{\max} = \tau_c \cdot C_o, \quad (3.55)$$

де τ_c – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

C_o – концентрація CO₂ в атмосфері.

В онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його віком і напруженістю водно-теплогового режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в реальних умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\phi}^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (3.56)$$

де Φ_{τ} – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг CO₂/(дм²·год);

α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$ – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою

$$\Phi^j = 0,68\Phi_\tau^j \cdot L^j \tau_{\text{дн}} \cdot 0,1, \quad (3.57)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м²·д);

L – площа листової поверхні, м²/м²;

$\tau_{\text{дн}}$ – тривалість світлого часу доби, год.

На відміну від процесу фотосинтезу здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини.

При більш детальному розгляді функцію дихання можна поділити [99, 111, 154] на дві частини: 1) дихання, пов'язане з підтримкою структур органів рослини; 2) дихання, пов'язане з пересуванням речовин, з фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць (білків, ліпідів, клітинних стінок і т.д.). Ця частина дихання називається конструктивним диханням або диханням росту. Вуглеводи, створені в процесі фотосинтезу, нагромаджуються в резерв, звідки розподіляються і використовуються для різних цілей. Частина вуглеводів запасається в листках. Визначено [97, 99], що інтенсивність дихання всієї рослини за добу пропорційна масі рослини M і фотосинтезу

$$R^j = \alpha_R^j (c_m M^j + c_G \Phi^j), \quad (3.58)$$

де R - витрати на дихання рослин;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_m - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

c_G - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j . \quad (3.59)$$

Підблок динаміки біомаси органів рослини

Ріст, як і всі інші процеси в рослині, є функцією часу, що зовні виражається в періодичних і ритмічних коливаннях його інтенсивності, а також в змінах його масштабності, спрямованості та локалізації. Найбільш загальним вираженням залежності ходу ростових процесів у часі від внутрішніх причин, їх спадковості та фізіолого-біохімічного стану є сформульований Ю. Саксом в 1856 р. закон великого періоду росту, який відображає S-подібний хід кривої інтегрального наростання розмірів або маси рослин і параболічний хід диференціальної кривої приростів величини збільшення маси за певний період [99].

Три послідовні частини S-подібної кривої росту можуть виражатись рівняннями першого і другого порядків:

- 1) нижня висхідна частина виражається рівнянням геометричної прогресії або близькою до неї формулою експонентної кривої $y = ax$;
- 2) середня пряма частина – рівнянням лінійної функції $y = mx+b$;
- 3) верхня низхідна частина – рівнянням логарифмічної функції $y = \lg a^x$.

Початок і кінець росту також протікають згідно із законом лінійної функції. Зміна приросту маси рослин у часі при оптимальних умовах середовища відбувається за типом параболічної функції $y = \pm\sqrt{2p}$.

Враховуючи ці закономірності росту, а також наявність функціональної залежності між ростом, часом і масою (або розмірами) рослини, багато дослідників застосовують математичні методи опису

ростової динаміки і на цій основі шукають шляхи прогнозування темпів росту та формування урожаю. Досить довгий час для опису динаміки біомаси рослин застосовувались емпіричні криві росту.

Розглядаючи ріст як підсумковий процес, який відображає баланс речовин при фотосинтезі та диханні, І.Л. Давідсон та І.Р. Філіпп [97, 98] запропонували принципово нове рівняння росту

$$\frac{dM}{dt} = K(P - R), \quad (3.60)$$

де M – суха біомаса;

t – час;

P – сумарний фотосинтез;

R – сумарне дихання рослини;

K – емпіричний коефіцієнт пропорційності між кількістю засвоюваного CO_2 і накопиченою біомасою.

На основі цього рівняння Ю.К. Росс [109] побудував систему рівнянь росту, розв'язання якої визначає величину біомаси кожного органа і рослини в цілому як функцію часу

$$\frac{dMy}{di} = dy \frac{dm}{dt} + Mby, \quad (3.61)$$

де dy – частка сумарного приросту маси всієї рослини, яка припадає на y -й орган;

b_y – сумарне надходження «старих» асимілятів з інших органів у y -й орган.

Формула Ю.К.Росса враховує розподіл заново створених і «старих» асимілятів у рослині і тим самим частково вказує на регуляторну роль росту в цьому важливому процесі.

Для опису росту окремих органів рослин скористаємось запропонованими Ю.К. Россом [109] ростовими рівняннями в модифікованому вигляді [96] з урахуванням формування зерен

$$\begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - \nu_i^j m_i^j) n_{дек}^j, \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j m_i^j) n_{дек}^j, \\ m_g^{j+1} &= m_p^{j+1} \cdot Cq^j \end{aligned} \quad (3.62)$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів $i \in l, s, r, p, g$;

β_i – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

ν_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів;

Cq – частка зерен в масі бобів;

$n_{дек}$ – кількість днів в розрахунковій декаді.

Згідно з [101], частку зерен в масі бобів можна визначити за співвідношеннями:

$$Cq = \tau_{відн.} / (A_q + B_q \tau_{відн.}) \quad (3.63)$$

і

$$\tau_{відн.} = (\sum t - \sum t_{зерн.}) / (\sum t_{дозр.} - \sum t_{зерн.}), \quad (3.64)$$

де A_q і B_q - емпіричні параметри;

$\tau_{відн.}$ - відносний час формування зерен;

$\sum t_{зерн.}$ - сума ефективних температур, при якій починається зростання маси зерен.

Підблок площі листкової поверхні

Зростання площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою [96-98]

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (3.65)$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м².

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення [96-98]

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_i \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (3.66)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання.

3.4.5. Блок врожайності

Урожай зерна визначається з врахуванням впливу агрометеорологічних умов [97]

$$M_{\text{зерн.}} = 0,1 m_g 1,14 . \quad (3.67)$$

Рівняння (3.1) – (3.67) описують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю гороху.

3.5. Ідентифікація параметрів моделі

Ідентифікація параметрів моделі формування врожаю гороху виконувалась методом незалежного визначення. В основу ідентифікації були покладені матеріали агрометеорологічних спостережень мережі агро- та гідрометеорологічних станцій України за агрометеорологічними умовами вирощування гороху в період 1986-2005 рр., а також літературні джерела, в яких висвітлюється виучувана проблема.

Відповідно до блочної структури моделі параметри визначались послідовно для кожного блоку.

Параметри блоку чинників навколишнього середовища.

Наявність великої кількості різноманітних схем оцінки радіаційного та водно-теплогового режиму рослинного покриву дозволяє спростити процедуру визначення чисельних значень параметрів цього блоку. Визначення параметрів постає як вибір того чи іншого значення параметра із розрахункових схем, які мають досить універсальний характер або відносяться до ґрунтово-кліматичних умов України.

В рівняння (3.14) для розрахунку функції пропускання сонячної радіації рослинним покривом входять параметри c_2 , c_3 і k_s^L . Згідно з [96], чисельні значення відповідно дорівнюють 0,3; 0,15 та 0,5 (табл. 3.1).

Для розрахунку частки фотосинтетичної радіації в потоці сумарної радіації (3.17) використовується відповідний коефіцієнт переходу a_ϕ , який береться рівним 0,52 (табл. 3.1).

Випаровуваність з посівів гороху розраховується за допомогою рівняння (3.20), до якого входять два узагальнені параметри $a_{хар.}$ і $b_{хар.}$, які згідно з [136], брались для гороху відповідно рівними 0,74 та 60. При розрахунку випарування за рівнянням (3.21) використовується параметр

Таблиця 3.1 – Параметри моделі формування врожаю гороху

Найменування параметру	Позначення параметра	Числове значення параметра	Розмірність параметра	Джерело
1	2	3	4	5
Емпірична стала	C_2	0,3	безрозмірна	[96]
Емпірична стала	C_3	0,15	безрозмірна	[96]
Емпірична стала	k_s^L	0,5	безрозмірна	[96]
Коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР	$a_{ФАР}$	0,52	безрозмірний	[96]
Параметр рівняння Харченко	$a_{хар.}$	0,74	безрозмірний	[136]
Параметр рівняння Харченко	$b_{хар.}$	60	безрозмірний	[136]
Функція особливостей перебігу випаровування в залежності від фази розвитку рослини	$\beta_{хар.}$	функція	безрозмірна	[136]
Початкова температура фотосинтезу	t_o^Φ	3,0	°C	[96, 97]
Максимальна температура фотосинтезу	t_{max}^Φ	22,0	°C	[96, 97]
Нижня межа оптимальної температури фотосинтезу	t_{opt1}^Φ	функція	безрозмірна	[експерим. дані]
Верхня межа оптимальної температури фотосинтезу	t_{opt2}^Φ	функція	безрозмірна	[експерим. дані]

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Нижня межа оптимальних запасів вологи в ґрунті	W_{opt1}	$0,7W_{FC}$	мм	[2, 21]
Верхня межа оптимальних запасів вологи в ґрунті	W_{opt2}	W_{FC}	мм	[2, 21]
Максимальна кількість зерен в бобі	n_g^{max}	12	шт	[96, 97]
Функція перерозподілу «свіжих» ассимилятов	β_i	функція	безрозмірна	[експерим. дані]
Функція перерозподілу «старих» ассимилятов	v_i	функція	безрозмірна	[експерим. дані]
Питома поверхнева щільність листя	d_L	40	г/м ²	[експерим. дані]
Сума ефективних температур для визначення ростових функцій	$\Sigma T_{l,s,r}$	200	°С	[експерим. дані]
	ΣT_p	595	°С	[експерим. дані]
Параметри кривої фотосинтезу	ΣT_ϕ	300	°С	[експерим. дані]
Сума температури повітря за період вегетації	ΣT_{cm}	858	°С	[експерим. дані]
Параметри кривої дихання	ΣT_R	205	°С	[експерим. дані]

$\beta_{хар.}$, який характеризує особливості часового ходу випаровування, що визначаються біологічними особливостями культури та фазою її

розвитку. На основі даних, наведених в [136], нами цей параметр розглядається як функція часу, апроксимована рівнянням

$$\beta_{хар.} = 0,896 - 1,255\tau_{відн.} + 20,303\tau_{відн.}^2 - 60,042\tau_{відн.}^3 + 65,887\tau_{відн.}^4 - 24,840\tau_{відн.}^5 \quad (3.68)$$

де

$$\tau_{відн.} = \sum t_{ef} / \sum t_{cm} \cdot \quad (3.69)$$

Для розрахунку коливань рівня ґрунтових вод у рівняння (3.23) та (3.24) входить коефіцієнт водовіддачі k_w . Числове значення цього коефіцієнта для різних за механічним складом типів ґрунтів згідно з [136] бралось таким: для важких суглинків – 0,011; для середніх суглинків – 0,025; для легких суглинків – 0,035; для супіщаних ґрунтів – 0,06-0,08.

Для оцінки впливу температури повітря на інтенсивність процесу фотосинтезу використовується відповідна функція (3.29), в якій використовуються (3.30) - (3.34) чотири кардинальних температурних точки: початкова температура фотосинтезу t_0^Φ , нижня t_{opt1}^Φ і верхня t_{opt2}^Φ межі оптимальної температури для фотосинтезу, максимальна температура фотосинтезу t_{max}^Φ , при якій процес фотосинтезу пригнічується і зупиняється повністю. На основі даних [96, 97] величина t_0^Φ взята рівною 3 °С, а величина t_{max}^Φ – 22°С.

Аналіз матеріалів агрометеорологічних спостережень за роки, коли спостерігались високі врожаї гороху, дозволив встановити часовий хід величин t_{opt1}^Φ та t_{opt2}^Φ . Аналіз виконано для основних ґрунтово-кліматичних зон України.

Визначені функції мають вигляд:

для Полісся:

$$t_{opt1}^{\Phi} = 6,628 + 20,697x_4 - 11,013 x_4^2; \quad (3.70)$$

$$t_{opt2} = 13,735 + 10,817 x_4 - 5,573 x_4^2; \quad (3.71)$$

для Лісостепу:

$$t_{opt1}^{\Phi} = 6,837 + 17,97 x_4 - 8,389 x_4^2; \quad (3.72)$$

$$t_{opt2} = 13,1 + 12,037 x_4 - 6,5032 x_4^2; \quad (3.73)$$

для Степу:

$$t_{opt1}^{\Phi} = 4,833 + 26,956 x_4 - 14,197 x_4^2; \quad (3.74)$$

$$t_{opt2} = 11,0481 + 15,018 x_4 - 5,7857 x_4^2; \quad (3.75)$$

для Закарпаття та Прикарпаття:

$$t_{opt1}^{\Phi} = 7,3926 + 20,19 x_4 - 10,278 x_4^2; \quad (3.76)$$

$$t_{opt2} = 13,382 + 15,207 x_4 - 8,2246 x_4^2, \quad (3.77)$$

$$x_4 = \Sigma t / \Sigma t_{cm}. \quad (3.78)$$

Оцінка впливу вологозабезпеченості посівів гороху на процес фотосинтезу пов'язана з використанням двох величин – нижньої W_{opt1} і верхньої W_{opt2} меж оптимальних значень запасів вологи в ґрунті. Згідно з [2, 21], вони брались рівними $0,75W_{FC}$ та W_{FC} .

При оцінці впливу агрометеорологічних умов періоду сходи – утворення суцвіть за формулами (3.42) та (3.43) використовувався параметр n_g^{\max} , який характеризує максимальну кількість зерен в бобі. Згідно [96, 97], він брався рівним 12.

Параметри підблоку розрахунку онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання.

До цієї групи відносяться параметри, які дозволяють враховувати зміну фотосинтетичної активності та інтенсивності дихання рослин в залежності від їх фази розвитку. Особливість рослин в моделі враховується через онтогенетичні криві фотосинтезу α_{Φ} і дихання α_R , [96, 97]. Ці криві мають вигляд одновершинних кривих, і їх розрахунок ведеться за допомогою виразів (3.52) і (3.53). Шкалою часу онтогенетичних кривих є сума ефективних температур. Вигляд кривих визначається чотирма параметрами: початковим значенням онтогенетичної кривої фотосинтезу α_{Φ}^o (дихання α_K^o), першою сумою ефективних температур, при накопиченні якої починається період з максимальною інтенсивністю фотосинтезу $\sum t_{\Phi_1}$ (дихання $\sum t_{R_1}$), другою сумою ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності фотосинтезу $\sum t_{\Phi_2}$ (дихання $\sum t_{R_2}$), а також сумою температур за період вегетації гороху $\sum t_{cm}$.

На основі узагальнення розробок [96, 97] початкове значення онтогенетичної кривої бралось рівним для фотосинтезу 0,6, а для дихання – 0,5.

Визначення інших параметрів розрахунку онтогенетичних кривих фотосинтезу ($\sum t_{\Phi_1}$, $\sum t_{\Phi_2}$) та дихання ($\sum t_{R_1}$, $\sum t_{R_2}$), а також $\sum t_{cm}$.

базувалось на розробленому А.М. Польовим [96] методу розрахунку цих характеристик на основі даних фенологічних спостережень. Для всіх областей України були розраховані суми ефективних температур за основні міжфазні періоди гороху і за методом [96] визначені необхідні суми для кожної області (табл. 3.2).

Параметри підблоку фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси

У формулу для розрахунку інтенсивності фотосинтезу (3.54) входять параметри світлової кривої фотосинтезу: інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2 – Φ_{\max} і початковий нахил світлової кривої фотосинтезу – a_{Φ} . Числові значення цих параметрів визначались з врахуванням даних [84].

В залежності від середнього рівня врожайності гороху в кожній області була виконана додаткова настройка цих параметрів. Їх значення наведені в табл. 3.3.

При моделюванні процесу дихання (3.63) вважається, що він складається з двох складових – дихання підтримки і дихання росту, які характеризуються відповідними коефіцієнтами c_m і c_G . Числові значення цих коефіцієнтів згідно з [96], взяті відповідно 0,015 та 0,28 г.

Параметри підблоку динаміки біомаси органів

Основним блоком динамічних моделей формування врожаю є блок росту. Параметри цього блоку визначаються стосовно до конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту β_i і функції періоду репродуктивного росту ν_i .

Відповідно до [96, 109], перші – функції періоду вегетативного росту – визначаються як

Таблиця 3.2 – Чисельні значення параметрів у формулах (3.52) і (3.53) для розрахунку онтогенетичних кривих фотосинтезу і дихання

Природно-кліматична зона, область	Сума температур повітря за період вегетації, °С	Параметри кривої фотосинтезу, °С		Параметри кривої дихання, °С	
	$\sum t_{cm}$	$\sum t_{\phi_1}$	$\sum t_{\phi_2}$	$\sum t_{R_1}$	$\sum t_{R_2}$
1	2	3	4	5	6
Полісся					
Волинська	905	300	450	225	300
Рівненська	941	305	420	230	305
Житомирська	926	305	415	230	305
Чернігівська	1018	315	425	250	315
Лісостеп					
Львівська	877	310	395	220	310
Тернопільська	898	315	415	220	315
Хмельницька	868	305	405	215	305
Вінницька	853	295	385	210	295
Київська	840	300	385	205	300
Сумська	853	305	385	210	305
Черкаська	948	320	400	235	320
Полтавська	907	340	430	220	340
Харківська	944	345	435	230	325
Степ					
Кропивницька	873	305	400	215	305
Дніпровська	896	345	445	220	345
Донецька	853	325	410	210	325
Луганська	834	345	410	215	345
Одеська	858	300	385	205	205
Миколаївська	840	295	385	205	215
Запорізька	836	300	380	210	310
Херсонська	817	295	365	205	300
АР Крим	831	280	350	200	280

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
Закарпаття і Прикарпаття Закарпатська Івано- Франківська Чернівецька	940 930 930	280 290 305	365 385 390	200 205 205	295 310 305

Таблиця 3.3 – Чисельні значення параметрів формули (3.54) для розрахунку інтенсивності фотосинтезу

Природно- кліматична зона, область	Параметри світової кривої фотосинтезу	
	Φ_{max} , мгСО ₂ /дм ² год	a_{ϕ} , (мг·СО ₂ /дм ² ·год)/(кал·см ⁻² ·хв ⁻¹)
1	2	3
Полісся		
Волинська	28	400
Ровенська	28	380
Житомирська	25	350
Чернігівська	26	370
Лісостеп		
Львівська	30	390
Тернопільська	27	370
Хмельницька	28	390
Вінницька	32	420
Київська	31	410
Сумська	30	410
Черкаська	37	450
Полтавська	33	450
Харківська	35	450
Степ		
Кропивницька	37	450
Дніпровська	37	450
Донецька	34	410

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
Луганська	34	440
Одеська	37	450
Миколаївська	33	440
Запорізька	42	510
Херсонська	40	500
АР Крим	35	430
Закарпаття і Прикарпаття		
Закарпатська	34	410
Івано-Франківська	24	340
Чернівецька	43	490

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_i \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r, p \quad (3.79)$$

β_i показують частку сумарного приросту всієї рослини, яка припадає на i -й орган, а другі – функції періоду репродуктивного росту

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r \quad (3.80)$$

показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного з вегетативних органів після завершення їхнього росту в репродуктивні органи.

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів в прикладних моделях формування врожаю полягає в такому [96].

Динаміка біомаси кожного з органів у відносних одиницях надається у вигляді сімейства кривих, точки перегину яких $\Sigma t_1^2, i \in l, s, r, p$ відповідають сумі ефективних температур, рівній половині всієї суми,

необхідної для завершення росту кожного органа. Σt_p – це сума температур, при якій починається ріст репродуктивних органів.

Якщо описати кожен криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт c_i , який характеризує частку органа в загальній біомасі під час досягання, то дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum_{i \in l, s, r, p} \Delta\theta_i}, \quad (3.81)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4,6052 \cdot 10 \frac{2(\Sigma t_i^2 - TS_2^i)}{\Sigma t_i^2}}{\sum_{i \in l, s, r, p} t_i^2 \left(1 + 10 \frac{2(\Sigma t_i^2 - TS_2^i)^2}{\Sigma t_i^2} \right)}, \quad (3.82)$$

де Σt_i^2 – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органа;

c_i – коефіцієнт співвідношення різних органів в рослині на час досягання.

Перерозподіл «старих» асимілятів із листя, стебел і коріння у репродуктивні органи починається з моменту завершення росту кожного з цих органів.

Ростові функції періоду репродуктивного v_i росту для кожного

вегетативного органа визначаємо за виразом [96]

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (3.83)$$

$$i \in l, s, r, p$$

де TS_1 – сума ефективних температур за розглянутий часовий інтервал (у нашому випадку за декаду).

Положення функцій періодів вегетативного і репродуктивного росту, які описують перерозподіл між органами рослин «свіжих» і «старих» асимілятів, визначається сумами температур, необхідними для завершення росту листя, стебел, коріння, бобів, зерен [96]. Для їхнього визначення доцільно розрахувати середні обласні середньобагаторічні дати настання фаз розвитку: сходи, утворення суцвіть, цвітіння, досягання і відповідно підрахувати середні багаторічні суми ефективних температур вищих ніж 5 °С за періоди:

- сходи – утворення суцвіть $\sum t_1$;
- утворення суцвіть - цвітіння $\sum t_2$;
- цвітіння - досягання $\sum t_3$.

Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції якогось органа, тобто сума $\sum t_i^2$ буде дорівнювати для: листя $\sum t_l^2$ половині суми ефективних температур за період від сходів до утворення суцвіть; для стебел $\sum t_s^2$ половині суми ефективних температур за період утворення суцвіть – цвітіння; для коріння $\sum t_r^2$ - аналогічно стеблам. Сума $\sum t_r^2$ дорівнює $\sum t_s^2$.

Необхідно визначити суму температур $\sum t_p$, при якій починається ріст репродуктивного органа – бобу. Ця сума визначається як середня з

двох сум: суми температур за період від сходів до утворення суцвіть і суми температур за період цвітіння – досягання

$$\sum t_p = \frac{\sum t_1 + \sum t_2}{2}. \quad (3.84)$$

Положення ростової функції бобу визначається сумою температур $\sum t_p^2$, яка визначається з виразу

$$\sum t_p^2 = \frac{\sum t_4 - \sum t_p}{2} + \sum t_p. \quad (3.85)$$

Визначені вище кардинальні суми температур для розрахунку ростових функцій наведені в табл. 3.4. Вони розраховані для кожної адміністративної області України.

Таблиця 3.4 – Численні значення параметрів формул (3.81) - (3.85) для розрахунку ростових функцій

Природно-кліматична зона, область	Сумма температур початку роста зерен	Сума ефективних температур для визначення ростових функцій			
		листя	стебел	кореня	зерен
1	2	3	4	5	6
Полісся					
Волинська	300	225	225	225	600
Рівненська	305	210	210	210	615
Житомирська	305	210	210	210	610
Чернігівська	315	210	210	210	660
Лісостеп					
Львівська	310	200	200	200	595
Тернопільська	315	210	210	210	600
Хмельницька	305	205	205	205	580
Вінницька	295	195	195	195	570

Продовження таблиці 3.4.

1	2	3	4	5	6
Київська	300	190	190	190	565
Сумська	305	190	190	190	570
Черкаська	320	200	200	200	625
Полтавська	340	215	215	215	615
Харківська	345	220	220	220	640
Степ					
Кропивницька	305	200	200	200	580
Дніпровська	345	225	225	225	615
Донецька	325	205	205	205	580
Луганська	345	205	205	205	600
Одеська	300	200	200	200	595
Миколаївська	310	205	205	205	598
Запорізька	320	200	200	200	605
Херсонська	310	195	195	195	585
АР Крим	280	175	175	175	540
Закарпаття і Прикарпаття					
Закарпатська	270	195	195	195	530
Івано- Франківська	310	200	200	200	550
Чернівецька	310	215	215	215	580

Також були отримані суми ефективних температур повітря ($^{\circ}\text{C}$) за період сходи-утворення суцвіть гороху для визначення ростової функції листа (β_l) для всієї території України (рис. 3.3).

На рис. 3.3 простежується збільшення сум температур з півночі на південь та із заходу на схід. В залежності від сум температур за цей період змінюється часовий хід ростової функції та її значення по регіонам України.

Перевірка адекватності моделі проводилась шляхом співставлення розрахованих за моделлю значень урожаю зерна гороху з експериментально отриманими нами значеннями урожаю в 2007 та 2008 рр.

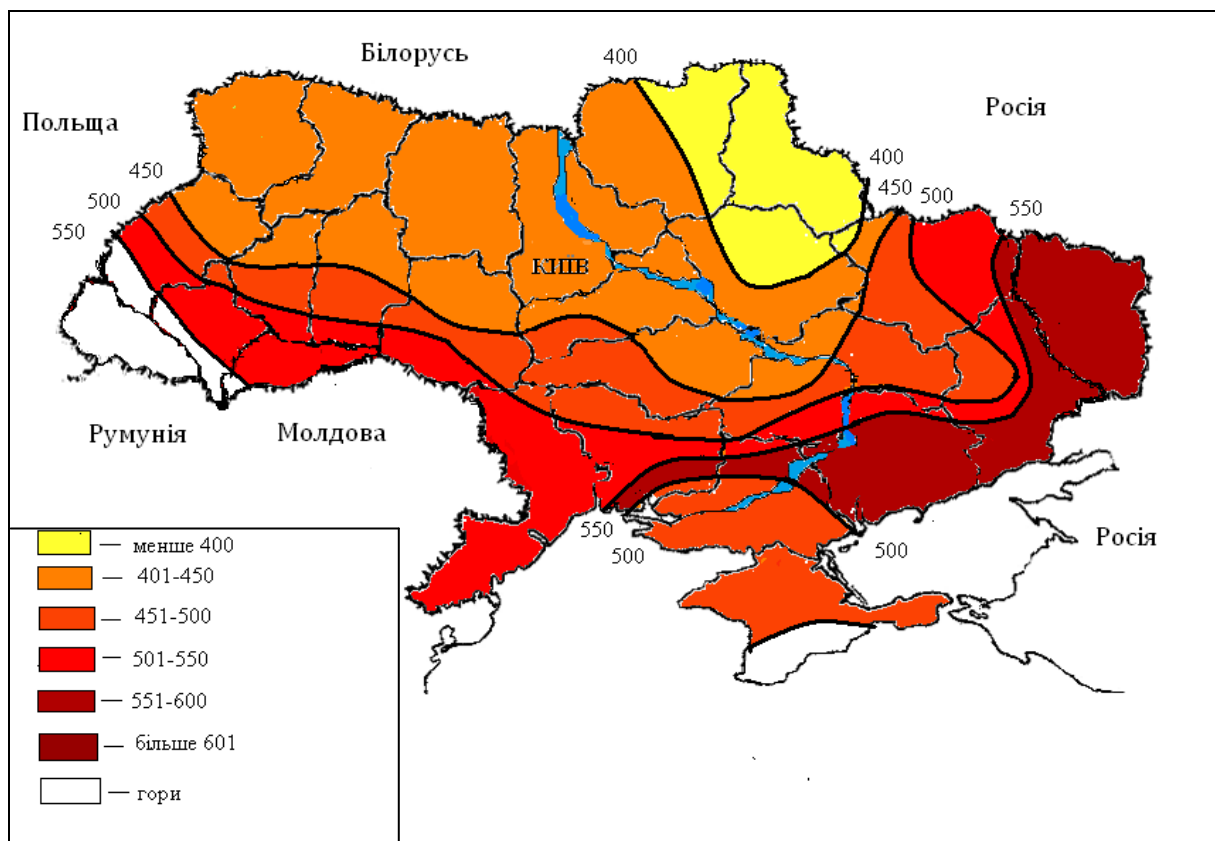


Рисунок 3.3 – Суми ефективних температур повітря (°C) за період сходів-утворення суцвіть гороху для визначення ростової функції листя (β_l)

Таблиця 3.5 – Перевірка адекватності моделі формування урожаю гороху

Роки	Строки посіву	Площа листкової поверхні, m^2/m^2		Суха біомаса бобів, g/m^2	
		експеримент	розрахунок	експеримент	розрахунок
2007	ранній	2,2	2,4	104	118
	середній	2,4	2,1	109	125
	пізній	1,8	2,0	56	65
2008	ранній	2,8	2,5	230	200
	середній	2,6	2,3	211	176
	пізній	1,94	2,2	84	100
Середня відносна похибка розрахунку, %		12%		16%	

Відносна похибка розрахунку зерна гороху становила відповідно 12 % та 16 %, що дозволяє нам використовувати модель для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю культури та прогнозування врожаю (табл. 3.5).

Висновки до розділу 3

У цьому розділі були проаналізовані існуючі моделі продуктивності гороху. Процес формування врожаю розглядається нами як складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається не тільки факторами навколишнього середовища і біологічними особливостями рослин, але і взаємозв'язком між самими процесами.

Виконана робота ґрунтується на розвитку і застосуванні базової динамічної моделі формування врожаю сільськогосподарських культур. Нами вивчено структуру моделі формування врожайності гороху. Також, в цьому розділі описана ідентифікація параметрів моделі формування врожаю гороху методом незалежного визначення. В основу ідентифікації були покладені матеріали агрометеорологічних спостережень мережі агро- та гідрометеорологічних станцій України за агрометеорологічними умовами вирощування гороху в період 1986-2005 рр., а також літературні джерела, в яких висвітлюється досліджувана проблема.

Перевірка адекватності моделі проводилась шляхом співставлення розрахованих за моделлю значень урожаю зерна гороху з експериментально отриманими нами значеннями урожаю в 2007 та 2008 рр. Відносна похибка розрахунку зерна гороху становила відповідно 12 % та 16 %.

4. КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ

Мета цього дослідження – вивчення впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності гороху по основних природно-кліматичних зонах України. В якості вихідної інформації використовувалися середньообласні дані спостережень по мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Як теоретична основа дослідження використана модель формування врожаю сільськогосподарських культур, адаптована нами стосовно культури гороху.

4.1 Вплив агрометеорологічних умов на продуктивність гороху при різних строках сівби

Продуктивність посівів, яка визначається за моделлю формування врожаю, залежить, з одного боку, від факторів навколишнього середовища, а з іншого, - від параметрів моделі. Отже модель формування врожаю гороху дає можливість оцінити вплив різних чинників середовища на продуктивність посіву [40, 41, 158].

За допомогою цієї моделі можна досліджувати фотосинтетичну діяльність посівів в різних ситуаціях і різних природно-кліматичних зонах. При цьому можуть розглядатись найрізноманітніші поєднання параметрів, що характеризують умови росту.

Чисельний експеримент виконано на основі середніх багаторічних даних агрометеорологічних спостережень за період з 1986 по 2005 роки. За основу взяті такі показники: середньодекадна температура повітря

(T , °C), середньоденна тривалість сонячного сяйва (SS , год), середньодекадний дефіцит насичення повітря (d , мм), сума опадів за декаду (R , мм), запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 см і 0-100 см (W , мм).

За допомогою модифікованої моделі розраховані основні показники інтенсивності фотосинтезу і урожаю гороху по основних природно-кліматичних зонах України: Полісся, Лісостеп, Північний і Південний Степ. В результаті виконаної роботи дана кількісна оцінка впливу строків сівби на інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин в посівах і урожай гороху по вищевказаних зонах. Як основний показник для такої оцінки нами взята величина приросту рослинної маси за декаду.

Розглянемо більш детально вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності гороху на прикладі найбільш високоврожайних областей кожної з природно-кліматичних зон України: в Поліссі – на прикладі Івано-Франківської області, в Лісостепу – Київської області, в Північному Степу – Дніпропетровської області, в Південному Степу – Одеської області.

В Івано-Франківській області посіви гороху проводились 15 квітня (ранній), 25 квітня (середній) і 5 травня (пізній). За волого - температурним режимом метеорологічні умови в період сівби були сприятливими. Друга декада квітня (ранній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря 7,4 °C, запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили 178 мм при сумі опадів за цю декаду 22 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря був 5,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва за декаду раннього строку сівби 4,9 год (рис. 4.1).

$T, ^\circ\text{C}; R, \text{мм}; d, \text{мм}; SS, \text{год}$

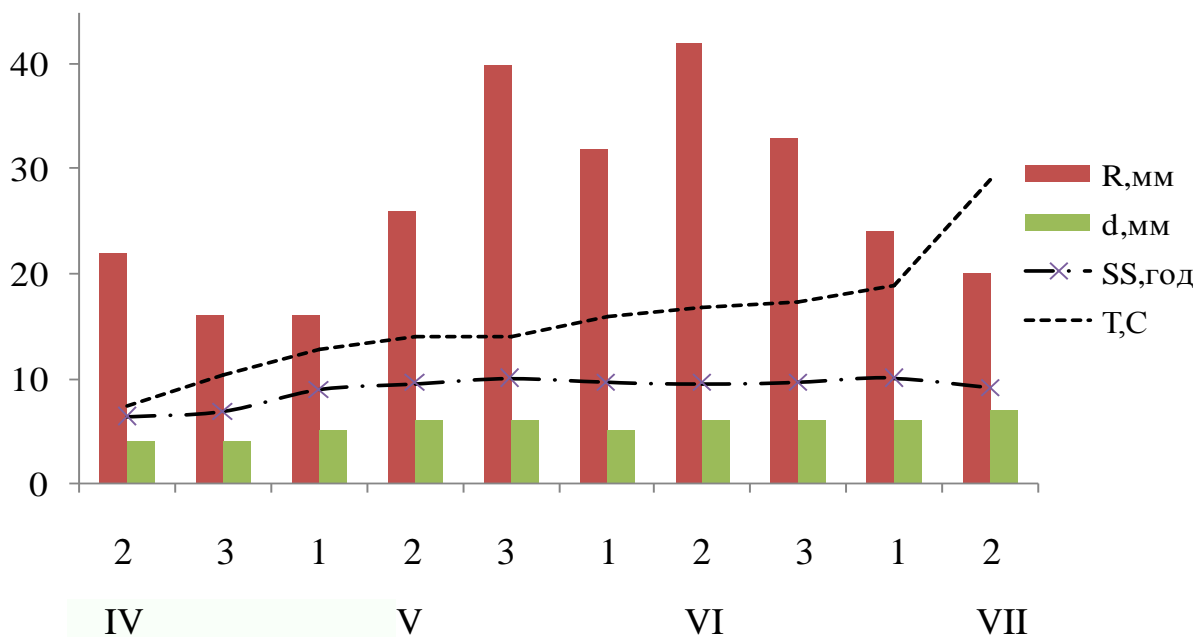


Рисунок 4.1 – Агриметеорологічні умови вегетації гороху у Івано-Франківській області

У третій декаді квітня (середній термін сівби) спостерігалось підвищення середньодекадної температури повітря до $10,3\text{ }^\circ\text{C}$. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизилися до 160 мм , а сума опадів склала 16 мм . Середньодекадний дефіцит насичення повітря дорівнював $6,0\text{ мм}$. Середньоденна тривалість сонячного сйва - $6,1\text{ год}$.

Перша декада травня (пізній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря $12,7\text{ }^\circ\text{C}$. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту склала 152 мм при сумі опадів за декаду $16,0\text{ мм}$. Середньодекадний дефіцит насичення повітря становив $6,0\text{ мм}$. Середньоденна тривалість сонячного сйва – $7,8\text{ год}$.

Поява сходів і період цвітіння при всіх строках сівби проходили на фоні збільшення середньодекадної температури повітря з $7,4\text{ }^\circ\text{C}$ до $15,8\text{ }^\circ\text{C}$. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизилися від 160 до 132 мм . Сума опадів за цей період помітно збільшилася з

16,0 мм до 40,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря за розглядуваний період склав 5,0 – 7,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного саява становила 6,1 - 7,7 год.

Період досягання почався наприкінці червня при ранньому і середньому строках сівби і на початку липня при пізньому терміні сівби. Середньодекадна температура повітря в цей період склала 16,8 - 18,8 °С, при середніх запасах продуктивної вологи 38 мм, при сумі опадів 32 – 42 мм і дефіциті насичення повітря 6,0 – 7,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного саява – 7,0 – 8,0 год.

У табл. 4.1 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами. Можна відзначити, що погодні умови, які склалися в Івано-Франківській області, були сприятливими для вирощування гороху. Оскільки горох потребує значної кількості вологи, то сума опадів у 241 мм, яка випала за період вегетації, та середні запаси продуктивної вологи в 154 мм забезпечили високу вологість ґрунту під культурою, що сприяло формуванню потужної кореневої системи і листкового апарату гороху.

Такі особливості погодних умов відповідним чином позначилися на наростанні площі листя, представлені на рис. 4.2. Починаючи з фази сходів, спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні при всіх строках сівби. Далі темпи наростання площі листя стрімко збільшувались, і в період цвітіння величина площі листя досягла максимуму. В кінці вегетації спостерігалось поступове зменшення величини площі листя [45].

Наростання листкової поверхні при середньому терміні сівби відбувалось швидше і динамічніше, ніж при ранньому і пізньому

Таблиця 4.1 – Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху по основних міжфазних періодах в Івано-Франківській області

Показники	Посів - сходи			Сходи – цвітіння			Цвітіння – достигання		
	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній
Строки посіву									
Тривалість періоду, (дні)	17	15	12	40	41	37	26	24	22
Середня температура повітря, (°C)	8,9	11,5	13,3	15,9	17,3	18,7	22,7	23,0	23,2
Сума активних температур, (°C)	140	152	150	741	760	764	315	395	380
Сума ефективних температур, (°C)	38	62	71	521	530	504	268	275	280
Сума опадів, (мм)	36,0	38,0	32,0	98,0	114,0	140,0	73,0	75,0	57,0
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК), (відн. од.)	2,6	2,5	2,1	1,3	1,5	1,8	2,4	1,9	1,5
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100}), (мм)	169	156	150	149	142	136	115	100	85

строках. При ранніх строках сівби площа листя в фазі сходів склала $0,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при середньому терміні сівби – $0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при пізньому – $0,11 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Відзначено, що при середньому терміні сівби сформувалася найбільша площа листків і в період цвітіння вона досягла $2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При пізніх термінах сівби найбільша відносна площа листкової поверхні відзначалася також в період цвітіння і склала $2,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

При пізньому терміні сівби сформувалася найменша кількість листя у рослин, тому в період цвітіння їх відносна площа була найменшою і дорівнювала лише $2,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$

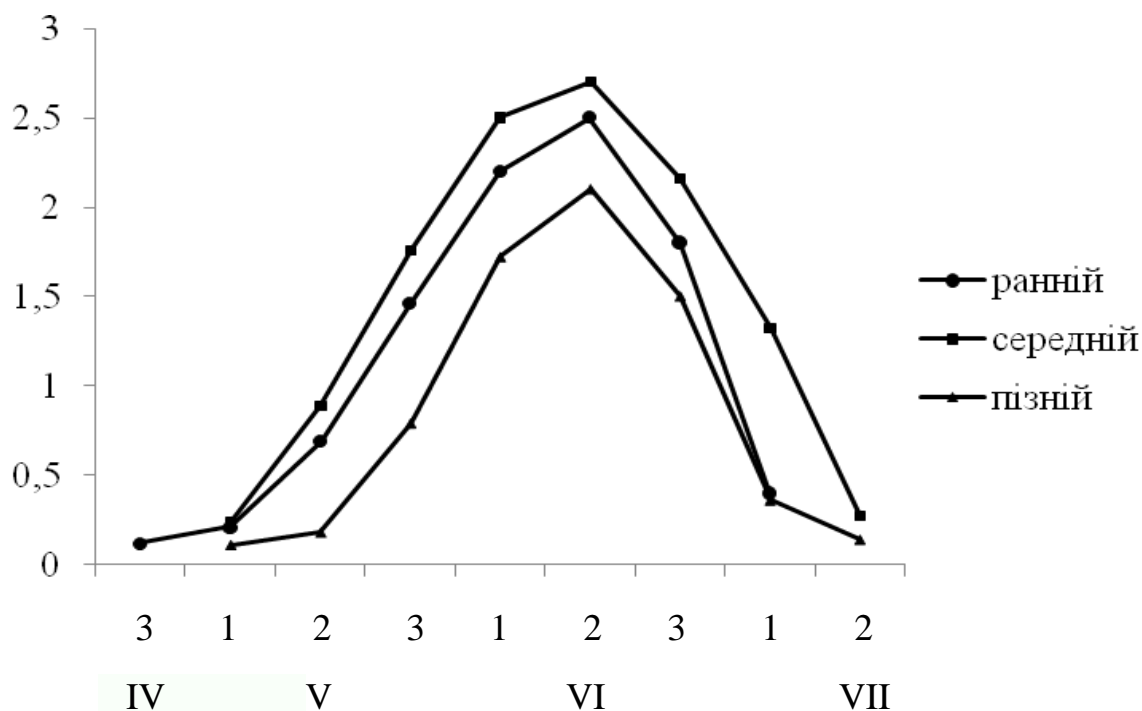


Рисунок 4.2 – Динаміка відносної площі листя гороху в Івано-Франківській області

Важливу роль у формуванні врожаю відіграє продуктивність роботи листя, яка визначається через чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ).

Наявність даних про площу листової асиміляційної поверхні і врожай сухої біомаси дозволила нам розрахувати величину чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ).

На рис. 4.3 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Івано-Франківській області. Аналізуючи дані табл. 4.1 і рис. 4.3, відзначимо, що при середньому терміні сівби в період цвітіння - досягання спостерігалась найвища ЧПФ. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження.

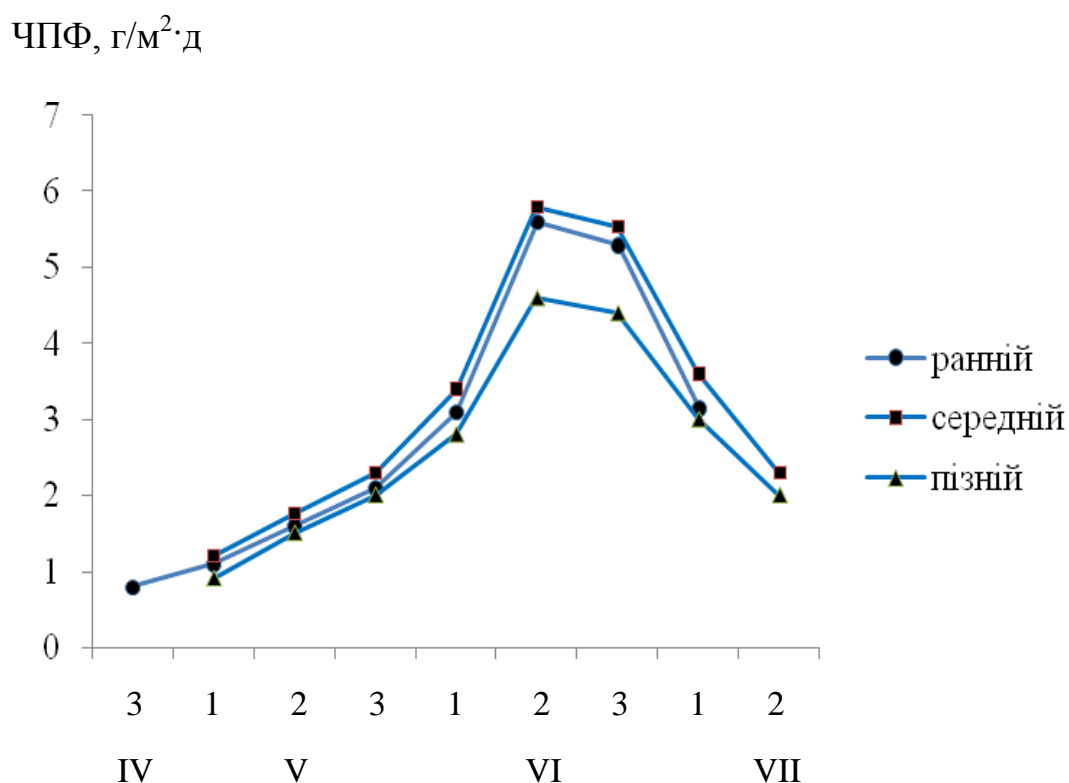


Рисунок 4.3. – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів гороху в Івано-Франківській області

У період максимального розвитку листя, коли його відносна площа становила $2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$, чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою і досягла $5,8 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$. Найнижча чиста продуктивність фотосинтезу була у рослин при пізньому терміні сівби. Це зумовлено скороченням тривалості досліджуваного періоду і найменшою площею листової поверхні ($2,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$). При пізньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась також в період цвітіння - досягання (друга декада червня) і становила $4,6 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$. При ранньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась в другій декаді червня і дорівнювала $5,6 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$.

Було розраховано фотосинтетичний потенціал посівів (ФП), на величину якого значно вплинули строки сівби (табл. 4.2 і 4.8). ФП характеризується сумарною площею листя за весь вегетаційний період.

Таблиця 4.2 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби в Івано-Франківській області

Строки сівби	Максимальна площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	ЧПФ, максимальна за вегетацію, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$	$K_{\text{госп}}$, відн.од.	ФП за вегетацію, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Суха маса зерен, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай, при стандартній вологості (14 %), ц/га
ранній	2,5	5,6	0,35	116	148	16,9
середній	2,7	5,8	0,37	121	159	18,1
пізній	2,1	4,6	0,33	98	123	14,1

При середньому терміні сівби, коли сформувалась найбільша відносна площа листкової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення – $121 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Також було розраховано коефіцієнт господарської частини врожаю ($K_{\text{госп}}$). Найбільше значення $K_{\text{госп}}$ відзначалось при середньому терміні сівби і становило 0,37 відн.од. Найбільший урожай сформувався також при середньому терміні сівби і становив 18,1 ц/га [43].

На рис. 4.4 представлена динаміка агрометеорологічних умов вегетації гороху в Лісостепу (на прикладі Київської області).

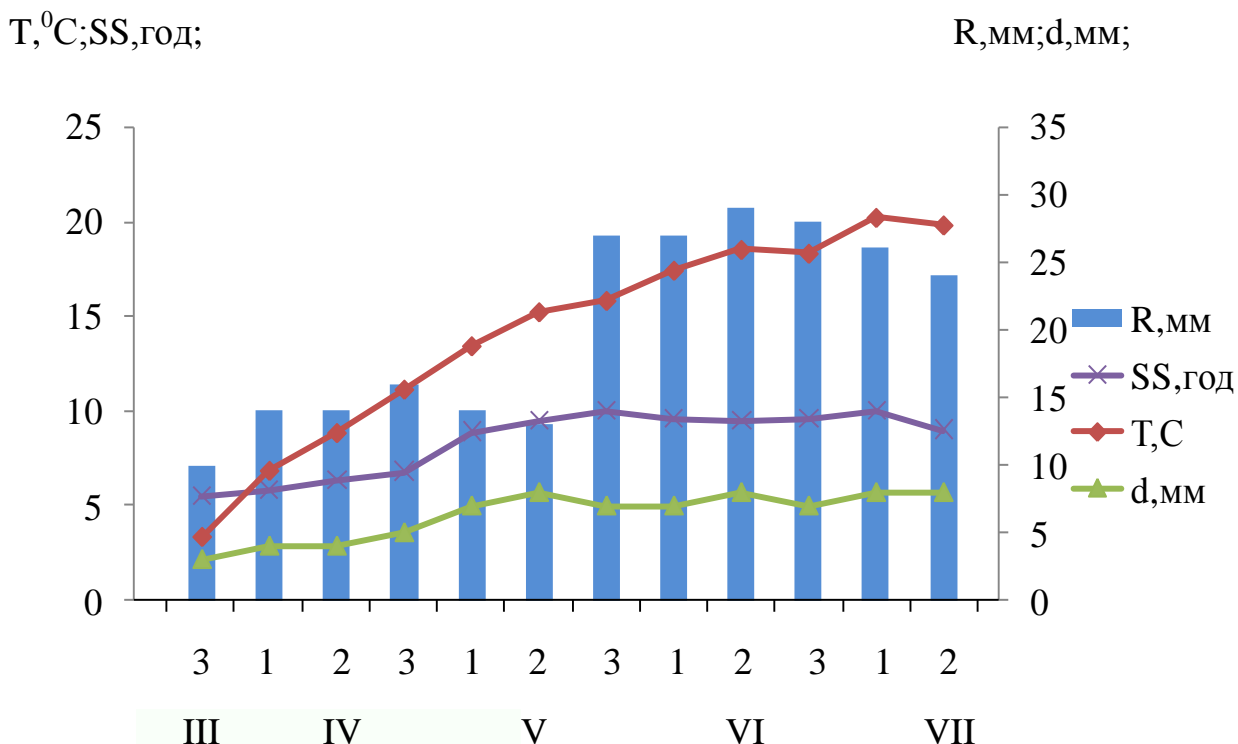


Рисунок 4.4 – Агрометеорологічні умови вегетації гороху в Київській області

Посіви гороху в Київській області проводились 29 березня (ранній), 9 квітня (середній) і 19 квітня (пізній). Третя декада березня (ранній строк сівби) характеризувалась середньодекадною

температурою повітря $3,3^{\circ}\text{C}$, сумою опадів 10,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 3,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва за декаду раннього строку сівби – 5,5 год.

У першій декаді квітня (середній термін сівби) спостерігалось підвищення середньодекадної температури повітря до $6,8^{\circ}\text{C}$. Сума опадів склала 14,0 мм. Середньо декадний дефіцит насичення повітря був 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва – 5,8 год.

Друга декада квітня (пізній строк сівби) характеризується середньодекадною температурою повітря $8,8^{\circ}\text{C}$. Сума опадів за декаду – 14,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва – 6,3 год.

Поява сходів і період цвітіння при всіх строках сівби проходили на фоні збільшення середньодекадної температури повітря з $8,8^{\circ}\text{C}$ до $18,3^{\circ}\text{C}$. Сума опадів за цей період помітно зросла з 14,0 мм до 28,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря за цей період склав 4,0 – 7,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва досягла 6,3 – 9,6 год.

Період досягання почався в першій половині липня при ранньому і середньому термінах сівби і в другій половині липня при пізньому строку сівби. Середньодекадна температура повітря в цей період коливалась в межах $20,2 - 19,8^{\circ}\text{C}$, при сумі опадів 26,0мм - 24,0мм і дефіциті насичення повітря 8,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва – 10,0 – 9,0 год.

У табл. 4.3 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами в Київській області.

Метеорологічні умови Київської області відрізнялись як за температурним режимом, так і за умовами зволоження. У Київській

області сума активних температур за весь період вегетації гороху склала 1599°C.

Умови зволоження були також достатньо сприятливими: сума опадів склала 235 мм, а середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили 160 мм.

Такі особливості погодних умов відповідним чином позначились на наростанні площі листя. На рис. 4.5 представлена динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах у Київській області. Починаючи з фази сходів, спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні при всіх строках сівби. Далі темпи наростання площі листя стрімко збільшувались до періоду цвітіння рослин. В кінці вегетації величина площі листя зменшувалась.

Наростання листкової поверхні при середньому терміні сівби відбувалось швидше і динамічніше, ніж при ранньому і пізньому строках. При ранньому терміні сівби площа листя в фазі сходи склала 0,14 м²/м², при середньому терміні сівби – 0,15 м²/м², при пізньому – 0,07 м²/м².

Відзначено, що при середньому терміні сівби сформувалася найбільша площа листя і в період цвітіння досягла 2,98 м²/м². При ранньому терміні сівби найбільша відносна площа листкової поверхні спостерігалась в період цвітіння, але була меншою – 2,95 м²/м². При пізньому терміні сівби сформувалась найменша кількість листя у рослин, тому наприкінці цвітіння їх відносна площа була найменшою і склала 2,73 м²/м².

На рис. 4.6 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Київській області. Найвища чиста продуктивність фотосинтезу – 7,3 (г/м²·д) спостерігалась у рослин при середньому терміні сівби, у період максимального розвитку листя, коли

Таблиця 4.3 – Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху за основними між фазними періодами у Київській області

Показники	Посів - сходи			Сходи – цвітіння			Цвітіння – достигання		
	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній
Терміни посіву									
Тривалість періоду, (дні)	20	18	13	53	51	48	31	29	26
Середня температура повітря, (° C)	7	9,3	14,0	14,1	15,3	16,6	18,7	19,1	19,3
Сума активних температур, (° C)	140	168	182	745	782	796	581	555	503
Сума ефективних температур, (° C)	40	78	117	480	527	556	426	410	373
Сума опадів, (мм)	26,5	26,4	24,4	97	103,5	108,6	86	78,6	68,4
Гідротермічний коефіцієнт (<i>ГТК</i>), (відн. од.)	1,9	1,6	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (<i>W₀₋₁₀₀</i>), (мм)	176	177	172	166	146	140	108	112	112

Площа листя, м²/ м²

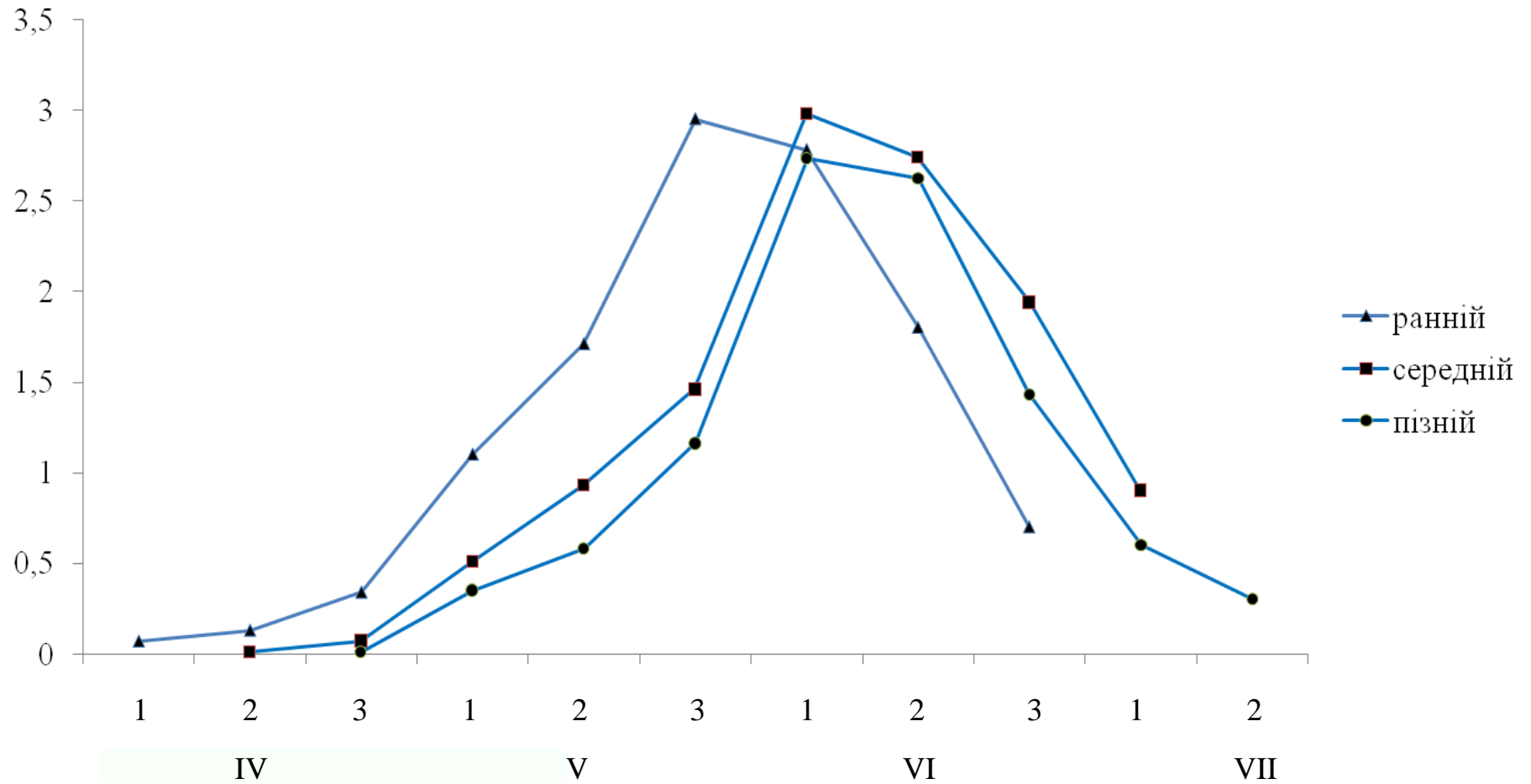


Рисунок 4.5. - Динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах у Київській області

ЧПФ, г/м²·д

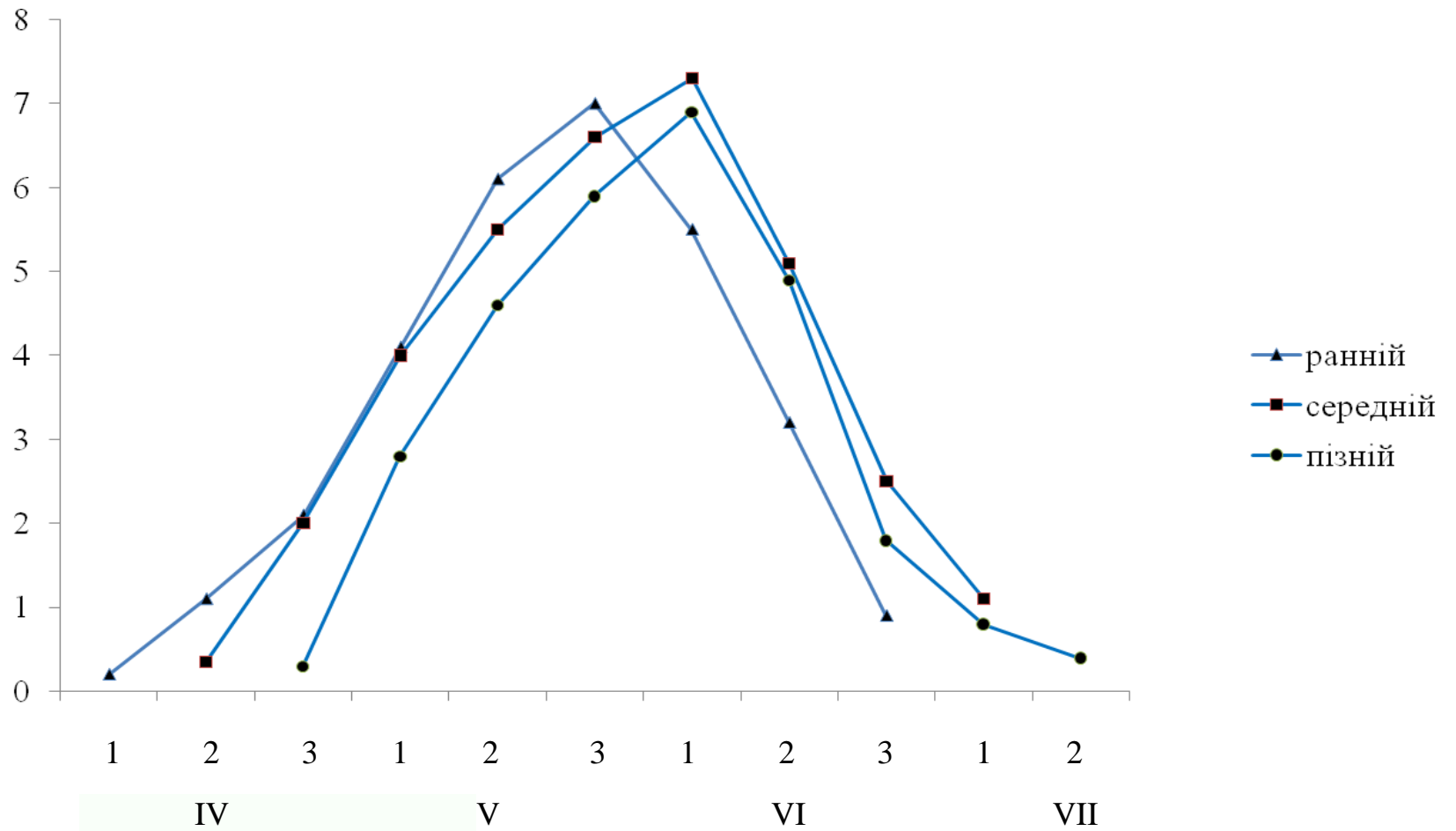


Рисунок 4.6 - Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів гороху в Київській області

відносна площа його становила 2,98 м²/м². Найнижча чиста продуктивність фотосинтезу була у рослин при пізньому терміні сівби. Це зумовлено найменшою площею листкової поверхні – 2,73 м²/ м².

При ранньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась в період цвітіння (третя декада травня) і становила 7,0 г/м²·д. При пізньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу відзначалась в першій декаді червня і становила 6,9 г/м²·д.

Також, було розраховано фотосинтетичний потенціал посівів гороху (табл. 4.4 і 4.8). При середньому терміні сівби, коли сформувалась найбільша відносна площа листкової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення – 134 м²/м². Найбільше значення К_{госп} спостерігалось при середньому терміні сівби і становило 0,34 відн.од. Найбільший урожай сформувався також при середньому терміні сівби і становив 19,4 ц/га.

Таблиця 4.4 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби в Київській області

Строки сівби	Максимальна площа листя, м ² /м ²	ЧПФ, максим.за вегетацію, г/м ² ·д	К _{госп} , відн.од.	ФП за вегетацію, м ² /м ²	Суха маса зерен, г/м ²	Урожай, при стандартній вологості (14 %), ц/га
ранній	2,95	7,0	0,33	130	166	18,9
середній	2,98	7,3	0,34	134	170	19,4
пізній	2,73	6,9	0,32	115	165	18,8

На рис. 4.7 представлено агрометеорологічні умови вегетації гороху в Північному Степу на прикладі Дніпропетровської області. В Дніпропетровській області посіви гороху проводились 27 березня (ранній), 7 квітня (середній) і 17 квітня (пізній).

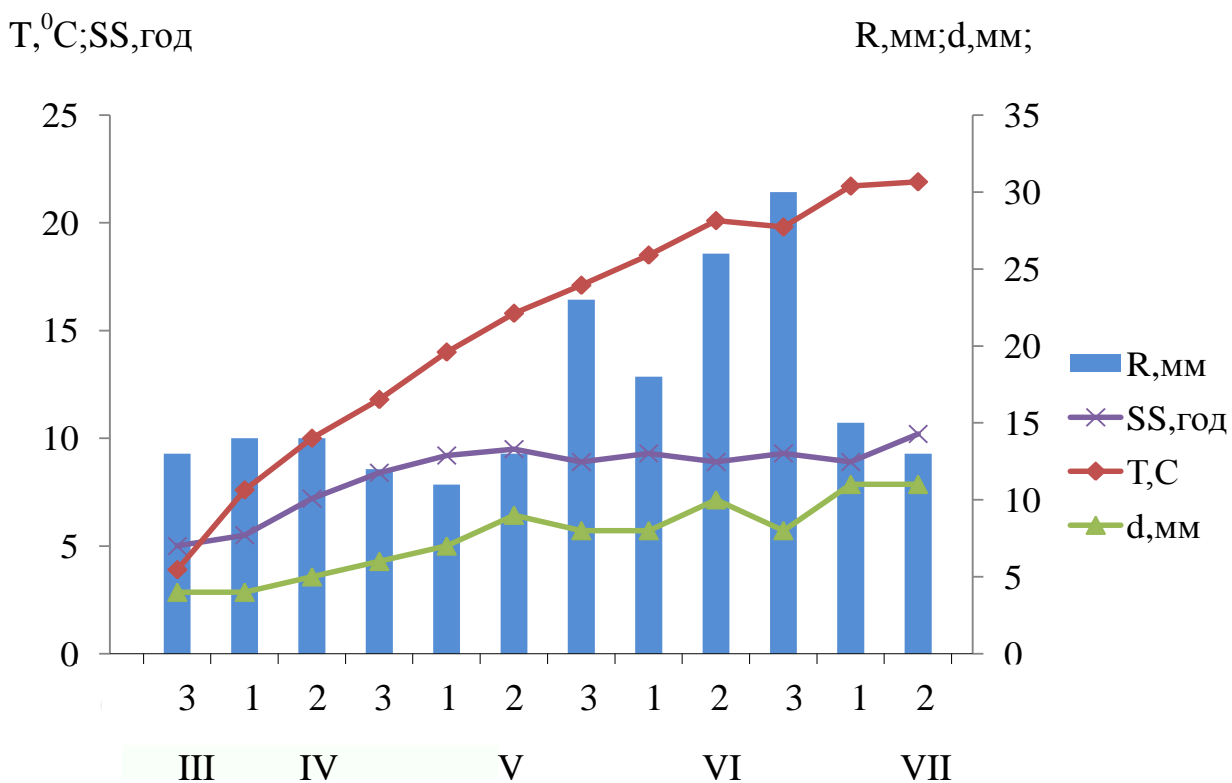


Рисунок 4.7 – Агрометеорологічні умови вегетації гороху в Дніпропетровській області

За волого - температурним режимом метеорологічні умови в період сівби були сприятливими. Третя декада березня (ранній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря $3,9 ^\circ\text{C}$, запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили 158 мм при сумі опадів за цю декаду 13 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного саява за декаду раннього строку сівби – 5,5 год.

У першій декаді квітня (середній термін сівби) спостерігалось підвищення середньодекадної температури повітря до 7,6 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизилися до 150 мм, а сума опадів склала 14 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва – 5,5 год.

Друга декада квітня (пізній строк сівби) характеризується середньодекадною температурою повітря 10,0 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту склала 145 мм при сумі опадів за декаду 14,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря становив 5,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва 7,2 год.

Поява сходів і період цвітіння при всіх строках сівби проходили на фоні збільшення середньодекадної температури повітря з 10,0 °С до 20,1 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизились від 130 до 48 мм. Сума опадів за цей період помітно збільшилась з 14,0 мм до 26,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря за даний період склав 5,0 – 10,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва становила 7,2 – 8,9 год.

Період досягання почався наприкінці червня при ранньому терміні сівби і на початку липня при середньому і пізньому строках. Середньодекадна температура повітря в цей період склала 19,8 – 21,9 °С, при середніх запасах продуктивної вологи 40 мм, при сумі опадів 13 – 30 мм і дефіциті насичення повітря 8,0 – 11,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сяйва – 8,9 – 10,2 год.

У табл. 4.5 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами. Можна відзначити, що погодні умови, які склалися в Дніпропетровській області були сприятливими для вирощування гороху. Оскільки горох потребує

Таблиця 4.5 – Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами у Дніпропетровській області

Показники	Посів - сходи			Сходи – цвітіння			Цвітіння – достигання		
	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній
Терміни посіву									
Тривалість періоду, (дні)	17	15	12	62	59	54	15	18	16
Середня температура повітря, (° C)	5,8	8,8	10,9	15,7	16,2	18,0	19,2	20,5	21,2
Сума активних температур, (° C)	100	112	121	784	824	865	328	358	358
Сума ефективних температур, (° C)	40	57	81	575	635	645	263	278	298
Сума опадів, (мм)	28	26	23	87	99	80	45	50	40
Гідротермічний коефіцієнт (<i>ГТК</i>), (відн. од.)	2,8	2,3	1,9	1,1	1,2	0,9	1,4	1,4	1,1
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (<i>W₀₋₁₀₀</i>), (мм)	140	138	127	102	98	96	54	43	39

Площа листя, м²/ м²

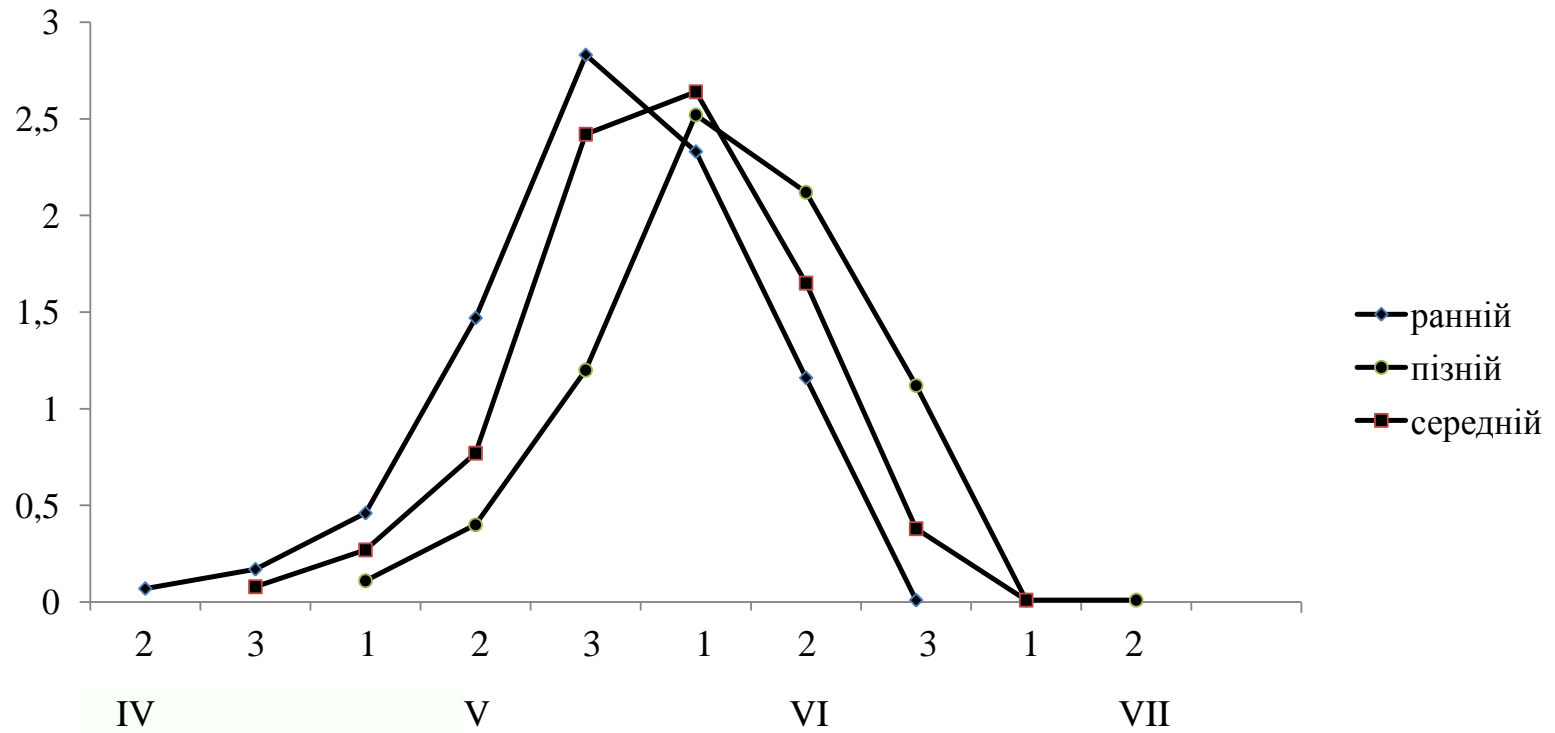


Рисунок 4.8 – Динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах у Дніпропетровській області

значної кількості вологи, то сума опадів у 176 мм, яка випала за період вегетації, і середні запаси продуктивної вологи в 98 мм забезпечили високу вологість ґрунту під культурою.

Зазначені особливості погодних умов відповідним чином позначились на наростанні площі листя (рис. 4.8). Починаючи з фази сходів, спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні при всіх строках сівби.

Наростання листкової поверхні при ранньому терміні сівби відбувалось швидше і динамічніше, ніж при середньому і пізньому строках. При ранньому терміні сівби площа листя в фазі сходів склала $0,07 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при середньому терміні сівби – $0,11 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при пізньому – $0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Відзначено, що при ранньому терміні сівби сформувалась найбільша площа листків і в період цвітіння вона досягла $2,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При середньому терміні сівби найбільша відносна площа листкової поверхні спостерігалась також в період цвітіння і склала $2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

При пізньому терміні сівби сформувалась найменша кількість листя у рослин, тому в період цвітіння їх відносна площа була найменшою – $2,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

На рис. 4.9 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Дніпропетровській області. Аналізуючи дані табл. 4.5 і рис. 4.8, можна відзначити, що при ранньому терміні сівби в період цвітіння спостерігалась найвища ЧПФ. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження. У період максимального розвитку листя, коли відносна площа його становила $2,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$, чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою і склала $7,1 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$. Найнижча чиста продуктивність фотосинтезу була у рослин при пізньому терміні сівби – $4,5 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$. Це зумовлено скороченням тривалості досліджуваного періоду і найменшою площею листкової

поверхні – $2,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При середньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу відзначалась також в період цвітіння (перша декада червня) і становила $6,8 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$.

ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$

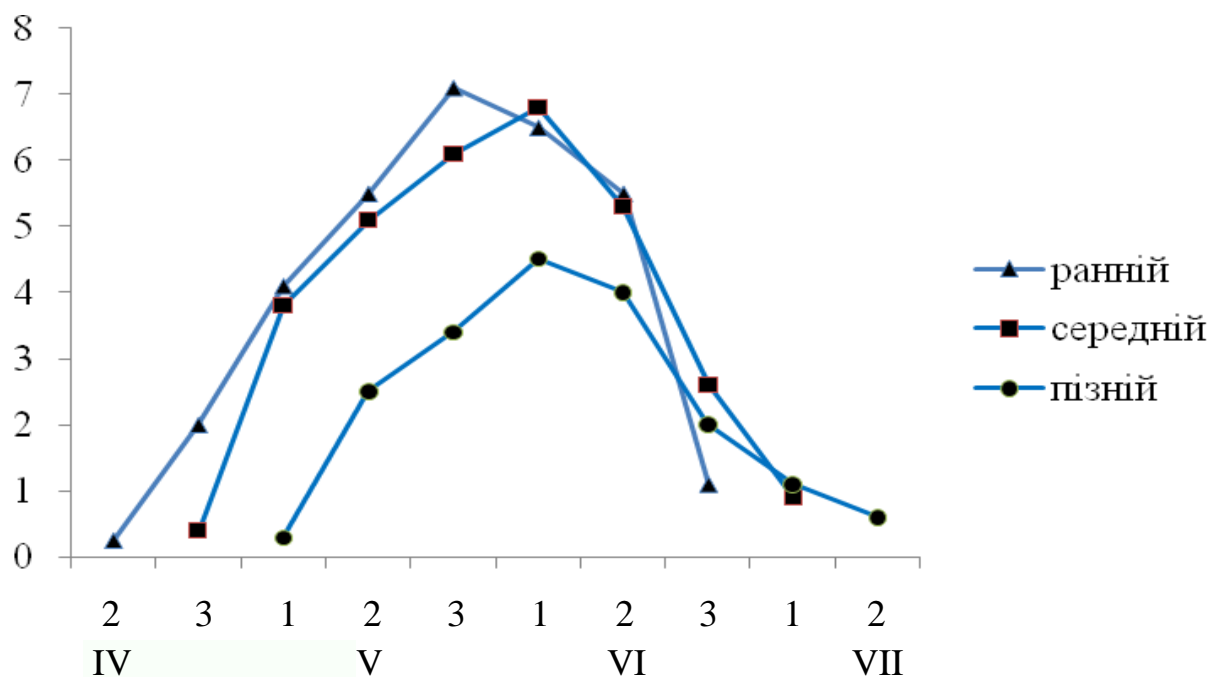


Рисунок 4.9 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Дніпропетровській області

Було розраховано фотосинтетичний потенціал посівів (ФП), на величину якого значно вплинули строки сівби (табл. 4.6). За рахунок раннього строку сівби, коли сформувалась найбільша відносна площа листової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення – $136 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найбільше значення $K_{\text{госп}}$ спостерігалось при ранньому терміні сівби і становило 0,36 відн.од. Найбільший урожай сформувався також при ранньому терміні сівби і становить $20,6 \text{ ц}/\text{га}$ [43].

Таблиця 4.6. - Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби в Дніпропетровській області

Строки сівби	Максим. площа листя, м ² /м ²	ЧПФ, максим.за вегетацію, г/м ² ·добу	К _{госп} , відн.од.	ФП за вегет., м ² /м ²	Суша маса зерен, г/м ²	Урожай, ц/га при стандарт. вологості (14 %)
ранній	2,84	7,1	0,36	136	164	20,6
середній	2,7	6,8	0,32	130	148	16,9
пізній	2,6	4,5	0,32	110	112	13,9

На рис. 4.10 представлено агрометеорологічні умови вегетації гороху в Південному Степу на прикладі Одеської області.

В Одеській області посіви гороху проводились 18 березня (ранній), 28 березня (середній) і 8 квітня (пізній). За волого - температурним режимом метеорологічні умови в період сівби були сприятливими.

Друга декада березня (ранній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря 3,4 °С, запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили 138 мм при сумі опадів за цю декаду 11 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,9 мм. Середньоденна тривалість сонячного сйва за декаду раннього строку сівби – 5,1 год.

У третій декаді березня (середній термін сівби) спостерігалось підвищення середньодекадної температури повітря до 5,3 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизились до 113 мм, а сума опадів склала 13 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сйва – 5,1 год.

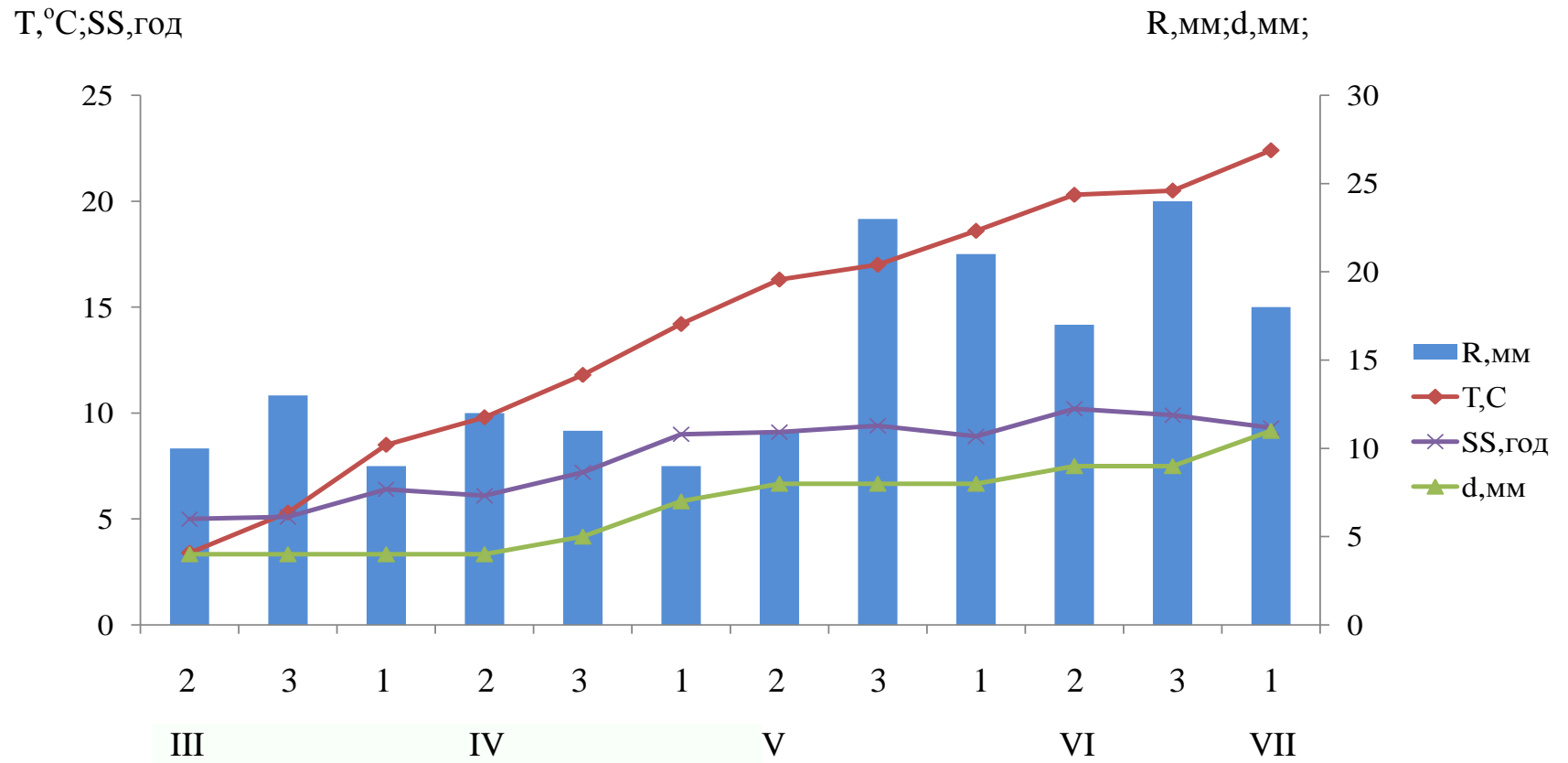


Рисунок 4.10 – Агрометеорологічні умови вегетації гореху в Одеській області

Перша декада квітня (пізній строк сівби) характеризувалась середньодекадною температурою повітря 8,5 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту склали 113 мм при сумі опадів за декаду 9,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря склав 4,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва – 6,4 год.

Поява сходів і період цвітіння при всіх строках сівби проходили на фоні збільшення середньодекадної температури повітря з 8,5 °С до 20,3 °С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту знизились від 113 до 74 мм. Сума опадів за цей період помітно збільшилась з 9,0 мм до 23,0 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря за даний період склав 4,0 – 9,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва становила 6,1 – 9,4 год.

Період досягання почався наприкінці червня при ранньому і середньому строках сівби і на початку липня при пізньому терміні. Середньодекадна температура повітря в цей період коливалась в межах 20,3 – 22,4 °С, при середніх запасах продуктивної вологи 53 мм, при сумі опадів 17 – 24 мм і дефіциті насичення повітря 9,0 – 11,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сьйва – 9,9 – 10,4 год.

У табл. 4.7 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами. Можна відзначити, що погодні умови, які склалися в Одеській області були сприятливими для вирощування гороху. Оскільки горох потребує значної кількості вологи, то сума опадів у 178 мм, яка випала за період вегетації, та середні запаси продуктивної вологи в 88 мм, забезпечили високу вологість ґрунту під культурою, що сприяло формуванню потужної кореневої системи і листкового апарату гороху.

На рис. 4.11 представлено динаміку відносної площі листя рослин гороху по декадах в Одеській області. Починаючи з фази сходів,

Таблиця 4.7 - Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами в Одеській області

Показники	Посів - сходи			Сходи – цвітіння			Цвітіння - досягання		
	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній	ранній	середній	пізній
Терміни посіву									
Тривалість періоду, (дні)	19	17	14	50	49	46	17	16	14
Середня температура повітря, (° C)	6,7	7,7	9,2	14,4	15,4	15,8	19,5	20,4	21,3
Сума активних температур, (° C)	127	171	170	720	797	769	526	523	487
Сума ефективних температур, (° C)	32	86	100	470	552	539	391	393	367
Сума опадів, (мм)	32	34	32	106	114	138	38	41	42
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК), (відн. од.)	2,5	2,0	1,9	1,5	1,4	1,8	0,7	0,8	0,9
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100}), (мм)	117	117	116	145	104	87	79	59	42

Площа листя, м²/ м²

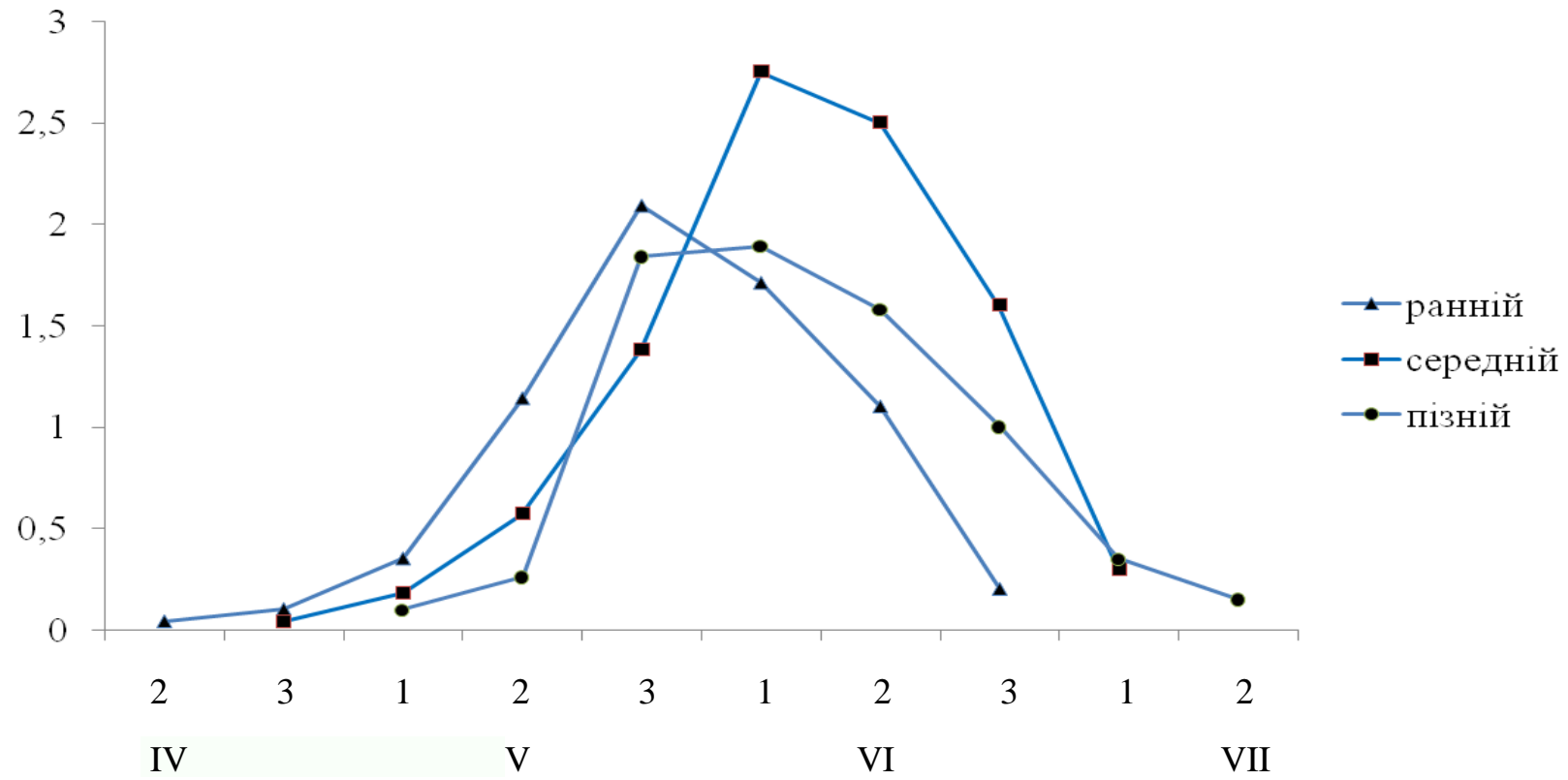


Рисунок 4.11 - Динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах в Одеській області

спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні при всіх строках сівби. Далі наростання площі листя стрімко збільшувалось і в період цвітіння досягла свого максимуму. В кінці вегетації відзначалось поступове зниження величини площі листя, це зумовлено старінням рослин.

Наростання листкової поверхні при ранньому терміні сівби проходило швидше і динамічніше, ніж при середньому і пізньому строках.

При ранньому терміні сівби площа листя в фазі сходів склала $0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при середньому терміні сівби – $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$, при пізньому – $0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Відзначено, що при ранньому терміні сівби сформувалась найбільша площа листків і в період цвітіння досягла $2,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При середньому терміні сівби найбільша відносна площа листкової поверхні спостерігалась також в період цвітіння і склала $2,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

При пізньому терміні сівби сформувалась найменша кількість листя у рослин, тому в період цвітіння їх відносна площа була найменшою – $1,89 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

На рис. 4.12 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Одеській області. Аналізуючи дані табл. 4.7 і рис. 4.11, відзначимо, що при ранньому терміні сівби в період цвітіння спостерігалась найвища ЧПФ. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження. У період максимального розвитку листя, коли відносна площа його становила $2,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$, чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою і досягла $7,0 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{д}$. Найнижча чиста продуктивність фотосинтезу була у рослин при пізньому терміні сівби. Це зумовлено скороченням тривалості досліджуваного періоду і найменшою площею листкової поверхні – $1,89 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При середньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігалась в

період цвітіння (третья декада травня) і становила $5,9 \text{ г/м}^2\cdot\text{д}$. При пізньому терміні сівби найвища продуктивність фотосинтезу спостерігається в першій декаді червня і становить $5,1 \text{ г/м}^2\cdot\text{д}$ (табл. 4.8; 4.9).

ЧПФ, $\text{г/м}^2\cdot\text{д}$

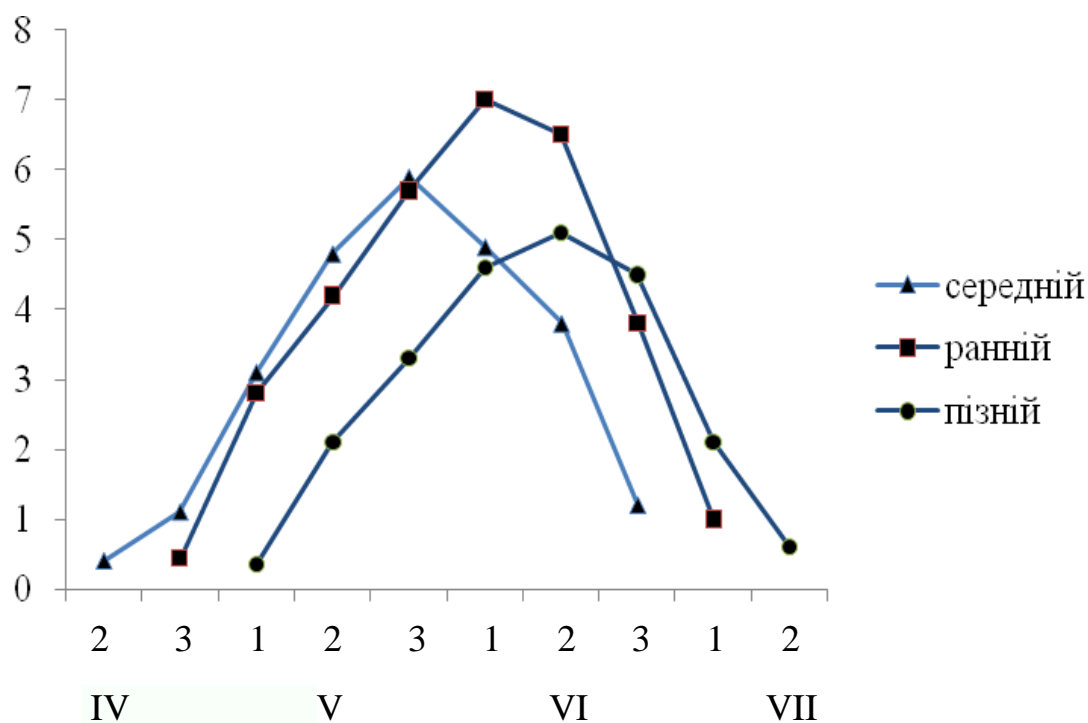


Рисунок 4.12 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в Одеській області

При більш сприятливих метеорологічних умовах, які склались при ранньому терміні сівби, сформувалась найбільша площа листової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення – $165 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найбільше значення $K_{\text{госп}}$ відзначено при середньому терміні сівби і становить 0,37 відн.од. Найбільший урожай сформувався також при середньому терміні сівби – 18,7 ц/га.

В результаті виконаних розрахунків за допомогою модифікованої моделі були визначені основні показники інтенсивності фотосинтезу і урожаю гороху по основних природно-кліматичних зонах України. Результати розрахунків представлені в табл. 4.9.

Таблиця 4.8 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби в Одеській області

Строки сівби	Максимальна площа листя, м ² /м ²	ЧПФ, максимальна за вегетацію, г/м ² ·д	К _{госп} , відн.од	ФП за вегетацію, м ² /м ²	Суша маса зерен, г/м ²	Урожай при стандартній вологості 14 %, ц/га
ранній	2,75	7,0	0,37	165	180	18,7
середній	2,09	5,9	0,33	141	125	14,3
пізній	1,89	5,1	0,32	112	122	12,8

Проаналізувавши показники фотосинтетичного потенціалу (ФП) в кожній природно-кліматичній зоні для посівів різних строків сівби, відзначимо, що в Поліссі максимальні значення ФП спостерігались при середньому терміні сівби і складають 121 м²/м², в Лісостепу – при середньому терміні сівби – 134 м²/м², в Північному та Південному Степу – при ранньому терміні сівби – 136 м²/м² та 165 м²/м², відповідно.

Максимальні показники врожаю гороху при 14 % вологості в Поліссі та Лісостепу, так само як і максимальні показники фотосинтетичного потенціалу і площі листя, спостерігалися при середньому терміні сівби і становили 18,1 ц/га і 19,4 ц/га відповідно.

Таблиця 4.9 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху при різних строках сівби в основних природно-кліматичних зонах України

Природно-кліматичні зони, область	Строки сівби	Максимальна площа листя, м ² /м ²	ЧПФ, максимальна за вегетацію, г/м ² ·д	К _{госп} , відн.од.	ФП за вегетацію, м ² /м ²	Суха маса зерен, г/м ²	Урожай при стандартній вологості 14 %, ц/га
1	2	3	4	5	6	7	8
Полісся (Івано-Франківська область)	ранній	2,5	5,6	0,35	116	148	16,9
	середній	2,7	5,8	0,37	121	159	18,1
	пізній	2,1	4,6	0,33	98	123	14,1
Лісостеп (Київська область)	ранній	2,95	7,0	0,33	130	166	18,9
	середній	2,98	7,3	0,34	134	170	19,4
	пізній	2,73	6,9	0,32	115	165	18,8
Північний Степ (Дніпропетровська область)	ранній	2,84	7,1	0,36	136	164	20,6
	середній	2,7	6,8	0,32	130	148	16,9
	пізній	2,6	4,5	0,32	110	112	13,9

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Південний Степ (Одеська область)	ранній	2,75	7,0	0,37	165	180	18,7
	середній	2,09	5,9	0,33	141	125	14,3
	пізній	1,89	5,1	0,32	112	122	12,8

У Північному та Південному Степу максимальні показники врожаю спостерігались при ранньому терміні сівби і становили 20,6 ц/га та 18,7 ц/га, відповідно.

4.2 Вплив факторів навколишнього середовища на процес фотосинтезу гороху

Метою представленою дослідження є оцінка впливу факторів навколишнього середовища на інтенсивність фотосинтезу зеленого листя гороху. Основними процесами, в результаті яких формується рослинна маса, є фотосинтез і дихання. Фотосинтез – основний процес утворення органічних речовин у рослин. Продуктивність фотосинтезу визначається агрометеорологічними факторами, які постійно змінюються протягом усього вегетаційного періоду. На певному етапі розвитку рослини продуктивність фотосинтезу одиниці площі листя при заданих умовах освітлення залежить від агрометеорологічних умов, а саме від температури повітря і умов зволоження. При описі процесу фотосинтезу нами взято за основу рівняння Монсі і Саєкі [165]

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}), \quad (4.1)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпечення в реальних умовах освітленості, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

Φ_{\max} – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2 , мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$; α_{ϕ} – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, $\text{мгCO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$;

$I_{\Phi AP}$ – інтенсивність фотосинтетично-активної радіації (ФАР) в середині посіву, кал/(см²·хв); j – номер кроку розрахункового періоду.

За допомогою рівняння 4.1 виконувався розрахунок інтенсивності фотосинтезу в біологічно оптимальних умовах середовища. Для визначення інтенсивності фотосинтезу в реальних умовах необхідно врахувати вплив зовнішніх факторів і фази розвитку рослин гороху. Так, $\Phi_{\max} = 25$ мг СО₂/(дм²·год); $\alpha_{\Phi} = 400$ мгСО₂/(дм⁻²·год⁻¹)/(кал·см⁻²·хв⁻¹); $I_{\Phi AP}$ змінюємо від 0,01 до 1 кал/(см²·хв).

На рис. 4.13 представлено графік залежності інтенсивності фотосинтезу листя гороху Φ від фотосинтетично-активної радіації (ФАР) в умовах оптимальної вологозабезпеченості при різних рівнях температури повітря ($t = 22^{\circ}\text{C}$, $t = 13^{\circ}\text{C}$).

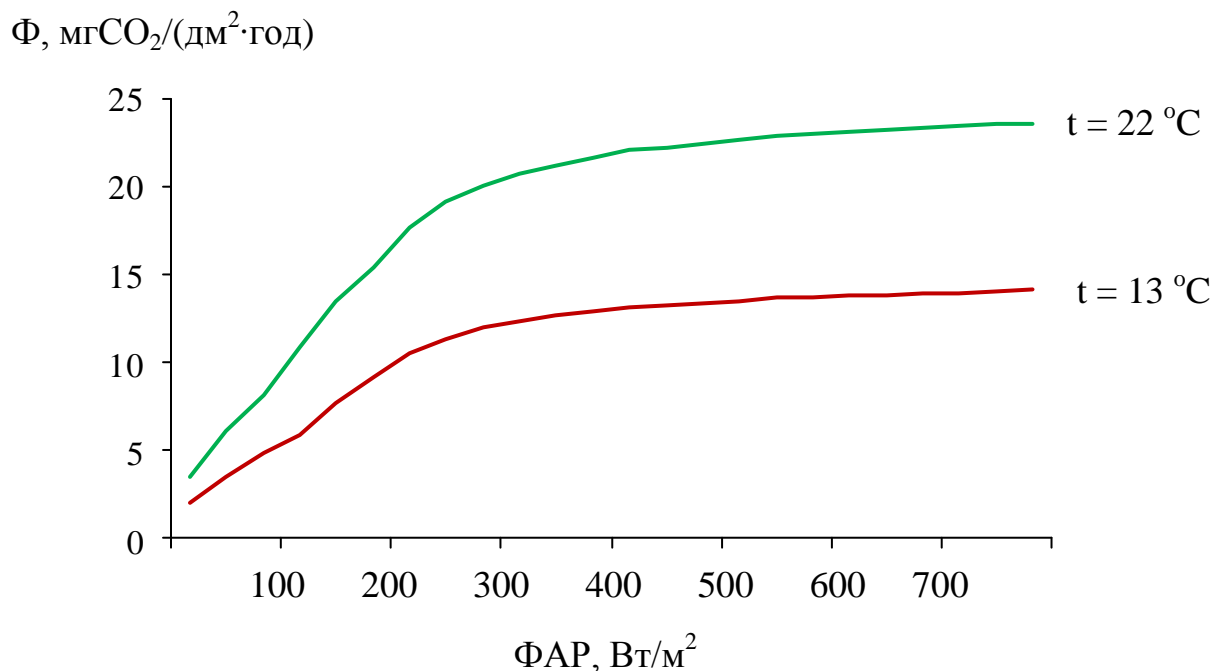


Рисунок 4.13 – Залежність інтенсивності фотосинтезу листя гороху (Φ) від фотосинтетично - активної радіації (ФАР) при різних рівнях температури повітря

Порівнюючи світлові криві фотосинтезу, можна відзначити, що збільшення щільності потоку падаючої фотосинтетично-активної радіації призводить до збільшення інтенсивності фотосинтезу. Форма кривих не змінюється в залежності від рівня температури повітря. Максимальний фотосинтез спостерігається при щільності потоку падаючої ФАР більшій ніж $500-700 \text{ Вт/м}^2$ і температурі повітря 22°C і становить $23,5 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$. При зниженні температури повітря інтенсивність фотосинтезу знижується. При температурі повітря 13°C максимальний фотосинтез становить $14,2 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ [39]. При погіршенні умов вологозабезпечення посівів інтенсивність фотосинтезу знижується [161].

На рис. 4.14 представлено графік залежності інтенсивності фотосинтезу від ФАР при різних рівнях вологозабезпечення посівів.

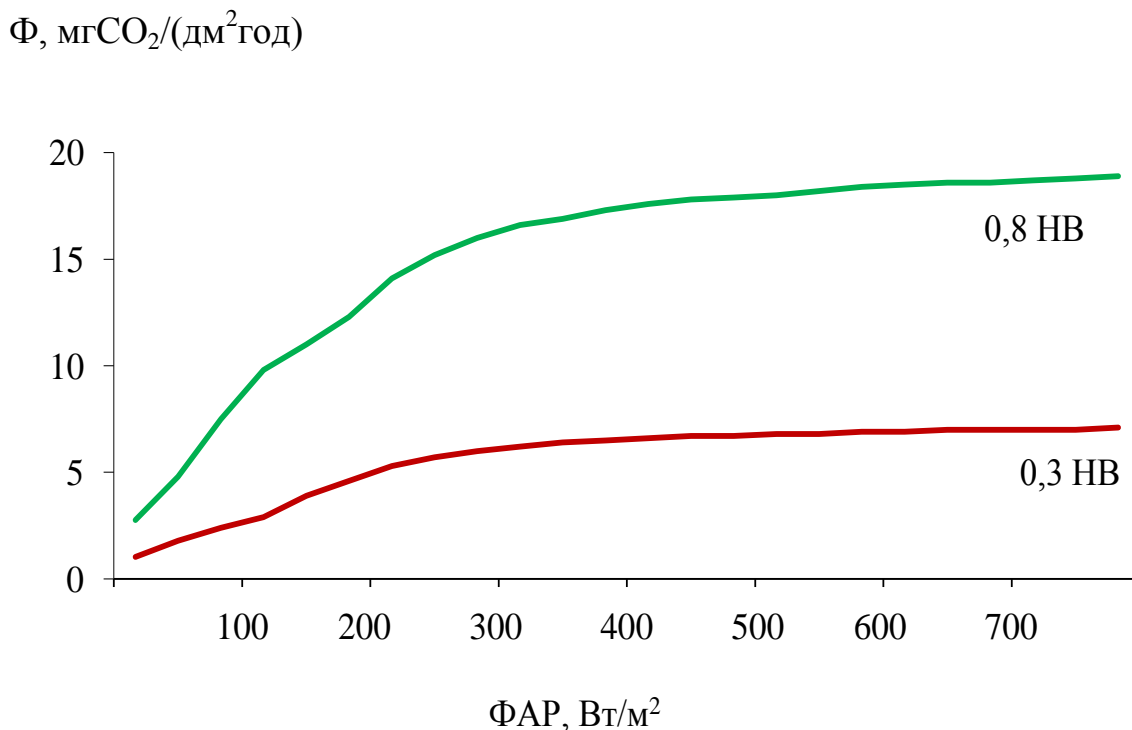


Рисунок 4.14 – Залежність інтенсивності фотосинтезу (Ф) від ФАР при різних рівнях вологозабезпечення посівів

За умови високого рівня вологозабезпечення і оптимальної температури максимальний фотосинтез спостерігається при щільності потоку падаючої ФАР більшій ніж $500 - 700 \text{ Вт/м}^2$ і становить $18,9 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$. При низькій вологозабезпеченості і оптимальній температурі максимальний фотосинтез становить $7,1 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$. Форма кривих не змінюється в залежності від рівня вологості ґрунту.

На рис. 4. 15 представлена залежність інтенсивності фотосинтезу листка від температури повітря та запасів продуктивної вологи в ґрунті при інтенсивності ФАР 450 Вт/м^2 . Ми провели співставлення інтенсивності фотосинтезу листка від сполучення температури повітря та вологості ґрунту в шарі 0-100 см. Вологість ґрунту приводиться в частках від найменшої вологоємності (НВ).

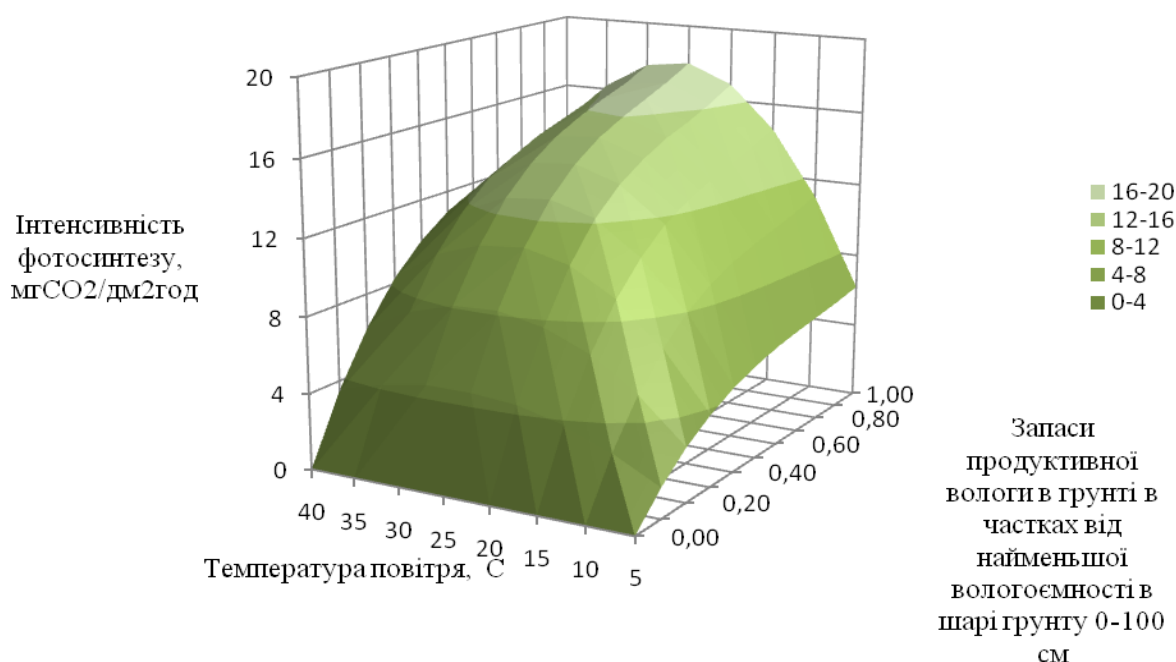


Рисунок 4.15 – Залежність інтенсивності фотосинтезу листка від температури повітря та запасів продуктивної вологи в ґрунті при інтенсивності ФАР 450 Вт/м^2

З даних рис. 4.15 видно, що підвищення температури до певного рівня (22 °С) підвищує інтенсивність фотосинтезу. Підвищення запасів продуктивної вологи в ґрунті спричиняє зростання інтенсивності фотосинтезу, максимальні його значення спостерігались при запасах продуктивної вологи 80-100 % від НВ.

На рис. 4.16 представлено графік залежності фотосинтезу листя Φ від температури повітря при різних рівнях вологості ґрунту:

1 – оптимальна вологість (80 % від НВ);

2 – нестача вологи (30% від НВ).

Φ , мгСО₂/(дм²год)

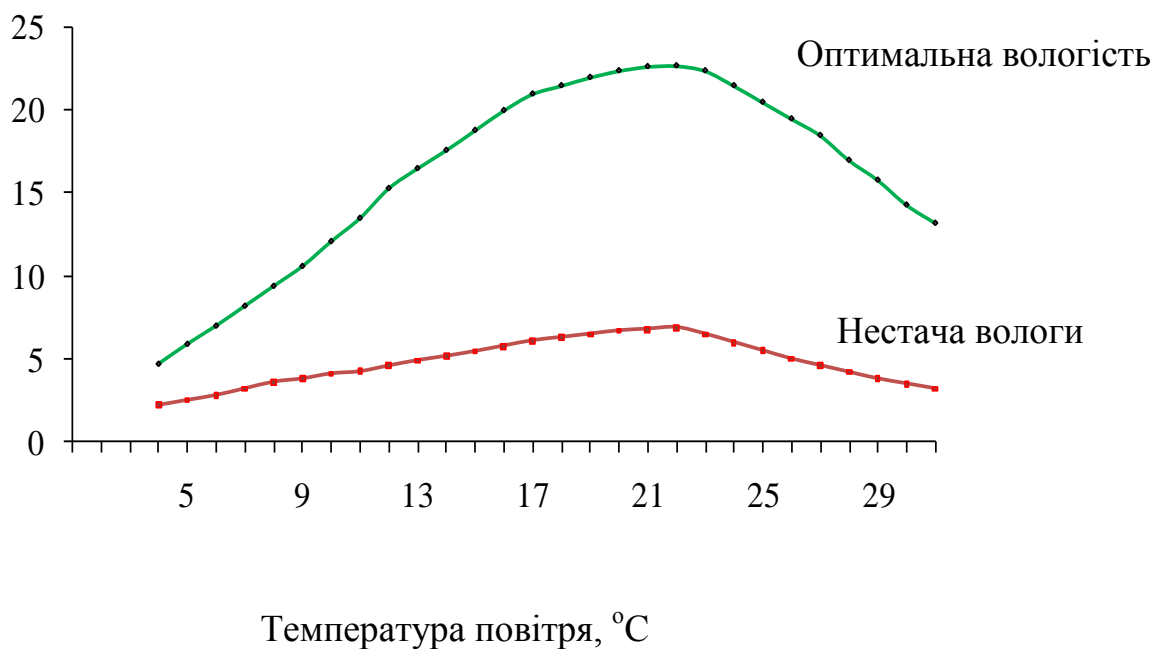


Рисунок 4.16 – Залежність інтенсивності фотосинтезу (Φ) від температури повітря при різних рівнях вологості ґрунту.

Порівняння світлових кривих фотосинтезу, отриманих при оптимальній вологості (умова 1) і при нестачі вологи (умова 2), показує, що збільшення щільності потоку падаючої ФАР призводить до

збільшення інтенсивності фотосинтезу. Максимальний фотосинтез спостерігається при щільності потоку падаючої ФАР більшій ніж $500 - 700 \text{ Вт/м}^2$ і температурі повітря 22°C .

При оптимальній вологості і температурі 22°C максимальний фотосинтез становить $23 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$, а при нестачі води – $6,8 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$. При зниженні температури повітря інтенсивність фотосинтезу знижується [158, 167].

Висновки до розділу 4

В результаті виконаної роботи визначено вплив різних строків сівби на інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин культури гороху. Дана порівняльна кількісна оцінка продуктивності гороху в різних природно-кліматичних зонах при різних строках сівби. Отримані результати показали, що при пізніх строках сівби формування продуктивності гороху відбувається за менш сприятливих агрометеорологічних умов, що призводить до значного зниження площі листя, яке в свою чергу зумовлює зменшення ФП і, як наслідок цього, - зниження врожаю. За допомогою чисельних експериментів визначені особливості впливу різних агрометеорологічних умов на інтенсивність фотосинтезу. Визначена кількісна оцінка впливу величин сонячної радіації, температури повітря, вологозабезпечення, при яких інтенсивність фотосинтезу гороху досягає максимальних значень.

5. МЕТОД ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ

5.1 Існуючі методи прогнозування врожайності гороху

Статистичний прогноз – це ймовірнісна оцінка можливості розвитку того чи іншого об'єкта (процесу) і величини його ознак в майбутньому, визначена на основі статистичної закономірності, виявленої за даними минулого періоду. Об'єктом статистичного прогнозування можуть бути ті явища і процеси, управління якими, вплив яких не може бути однозначно і повністю визначено. Статистичний прогноз передбачає не тільки правильне якісне передбачення, але і досить точний кількісний вимір ймовірних можливостей очікуваних значень ознак [7, 32, 33, 34, 72, 101, 118, 119].

Дослідження впливу агрометеорологічних факторів на продуктивність посівів і прогнозування врожайності сільськогосподарських культур є головними проблемами агрометеорології [66, 68, 97, 100, 102, 127].

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт з моделювання продукційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики становили довгоперіодні динамічні моделі формування врожаю. Моделювання дозволило узагальнити значну кількість даних, які відображають вплив факторів навколишнього середовища на ряд найважливіших процесів життєдіяльності рослин, сукупність яких являє собою процес формування врожаю.

Застосування ЕОМ в агрометеорологічних дослідженнях перетворило раніше малодоступні моделі продукційного процесу рослин на один з перспективних прийомів кількісного опису впливу

агрометеорологічних умов на процес формування врожаю сільськогосподарських культур. Динамічні моделі продуктивності дозволяють відтворити ефект впливу агрометеорологічних умов на основні показники фотосинтетичної діяльності посівів і реально оцінити ступінь цього впливу. Такий підхід виявився особливо плідним. На цій основі відкрилась можливість приступити до створення методів оцінки агрометеорологічних умов розвитку сільськогосподарських культур, прогнозування їх врожайності [96, 97].

Для планування сільськогосподарського виробництва надзвичайно важливе значення має прогнозування врожайності зернобобових культур на різні строки. В останні 15 - 20 років завдяки підвищенню культури землеробства, рівня механізації, впровадження нових сортів, нових систем землеробства врожаї зернобобових культур значно підвищились. Але, незважаючи на всі зусилля, різниця в валових зборах зерна в різні роки з різними агрометеорологічними умовами збільшується.

В наш час для окремих районів СНД розроблено метод прогнозу валового збору зернобобових культур [100]. Для території України і Молдови цей метод розробив В.П.Дмитренко [28], методи прогнозу середньообласної врожайності гороху для окремих областей Західного Сибіру [74] і Північного Казахстану запропонував М.Г.Лубнін, для Європейської частини СНД – Н.З.Іванова-Зубкова [36, 37], для Казахстану - Д.П.Федюшина [133, 134].

В Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті А.А. Левенко [68] розробив методику прогнозу середніх по області значень врожайності і валового збору гороху. Виробничі випробування методики проведені Українським УДКСУ на матеріалах за 1986 - 1995рр. За їх результатами і за рішенням Технічної ради Українського УДКСУ від 26.12.1995р. рекомендується використовувати

запропонований метод прогнозу середньої врожайності і валового збору гороху в Україні в якості основного в Дніпропетровській, Кіровоградській, Одеській, Черкаській, Полтавській, Донецькій, Луганській, Харківській та Київській областях. В інших областях України - як орієнтовний. Середня справджуваність методу склала в середньому 84%.

При розробці методу прогнозу вся територія України умовно поділена на три зони. В першу зону увійшли Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Хмельницька, Тернопільська, Рівненська та Волинська області; в другу зону - Житомирська, Вінницька, Черкаська, Сумська, Полтавська та Харківська області; в третю зону - Кіровоградська, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Кримська, Дніпропетровська, Донецька, Луганська та Запорізька області. Середні обласні значення очікуваної врожайності (y_n) розраховуються після 10 липня із завчасністю 40 - 50 днів до збирання за формулою

$$y_{II} = y_T + k_o^j \cdot k_u \quad (5.1)$$

де y_T - врожайність, визначена шляхом екстраполяції кривої тренда;
 k_o^j - коефіцієнт, який враховує вплив метеорологічних умов на врожайність даного року стосовно до врожайності еталонного року ($j = 1, 2, 3$ - номер зони);
 k_u - значення тренда модулів відхилення врожайності від її тренда в ц/га.
 За еталонний при розробці методики було обрано 1988 р.

У цій схемі коефіцієнт k_o^j для кожної з названих вище зон розраховується за формулами:

для зони 1

$$k_o^1 = k_{or}^1 + \Delta_{1r}^1 + \Delta_{2r}^1 + \Delta_{3r}^1 + \Delta_{4r}^1 + \Delta_{5r}^1, \quad (5.2)$$

для зони 2

$$k_0^2 = k_{ог}^2 + \Delta_{г}^2 + \Delta_{2г}^2 + \Delta_{3г}^2 + \Delta_{4г}^2 + \Delta_{5г}^2, \quad (5.3)$$

для зони 3

$$k_0^3 = k_{ог}^3, \quad (5.4)$$

де k_0^1, k_0^2, k_0^3 – середні значення коливання врожаю відповідно для зон 1, 2 і 3 в залежності від сум температур не нижчих від 15 °С за період квітень - перша декада червня включно; $\Delta_{г}^1, \Delta_{2г}^1, \Delta_{3г}^1, \Delta_{4г}^1, \Delta_{5г}^1$ – помилки для зони 1 відповідно за рахунок середньої температури повітря за травень, першу декаду червня, за квітень, запасів продуктивної вологи в мм в шарі ґрунту 0 - 100 см за першу декаду червня і за травень; $\Delta_{г}^2, \Delta_{2г}^2, \Delta_{3г}^2, \Delta_{4г}^2, \Delta_{5г}^2$ – помилки для зони 2 відповідно за рахунок середньої температури повітря за травень, квітень, першу декаду червня, запасів продуктивної вологи в мм за квітень в шарі 0 - 20 см, за травень в шарі 0 - 100 см.

Рівень врожаю з урахуванням тренда y_T і величина його коливання $k_{и}$ визначаються з аналізу рядів динаміки врожайності так: врожайність відноситься до нестационарних випадкових величин, тобто з часом змінюється її рівень, а також значення відхилень від нього. Тому необхідно відокремлення як тренда врожайності y_T , так і тренда цих відхилень $k_{и}$. Для надійного визначення цих величин потрібні ряди врожайності не менше, ніж за 15 років.

5.2 Основи динаміко-статистичних методів прогнозування середньообласного урожаю сільськогосподарських культур

Динаміко-статистичні методи прогнозування врожаю сільськогосподарських культур ґрунтуються на поєднанні двох

прогнозів: прогнозу тенденції врожайності за допомогою методу гармонійних ваг (МГВ) і оцінки відхилень врожайності від тенденції, що виконується за допомогою методів оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю, які базуються на застосуванні прикладних динамічних моделей продуктивності сільськогосподарських культур.

5.2.1 Прогнозування середньообласної тенденції врожайності за допомогою методу гармонійних ваг

Екстраполяція тенденції врожайності.

Основна ідея методу гармонійних ваг полягає в тому, що значення часового ряду (y) зважують так, щоб пізні спостереження мали великі ваги. Тобто вплив більш пізніх спостережень має сильніше відобразитися за прогнозованою оцінкою, ніж вплив попередніх [97].

При використанні МГВ як деякого наближення $\hat{f}(t)$ істинного тренда $f(t)$ часового ряду врожайності сільськогосподарських культур береться ламана лінія, яка згладжує задане число точок часового ряду Y_t .

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (5.5)$$

Окремі відрізки ламаної лінії (змінного тренда) – це його окремі фази. Для визначення окремих фаз змінного тренда вибираємо число $k < n$ і знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \quad i = 1, 2, \dots, n - k + 1, \quad (5.6)$$

причому для

$$i=1, \quad t=1, 2, \dots, k;$$

для

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

для

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

Параметри a_i і b_i рівняння (5.6) визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції $Y_i(t)$ визначаємо в точках

$$t=i+h-1, \quad (h=1, 2, \dots, k).$$

Кількість значень $Y_i(t)$ в кожній точці t позначаємо через g_i , а через $Y_i(t)$ - значення функції $Y_i(t)$ для $t = i$. Точки змінного тренда - це середні значення всіх $Y_i(t)$, які визначаються за виразом

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j=1, 2, \dots, g_i). \quad (5.7)$$

Прирости ω_{t+1} функції $f(t)$ визначаються як

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (5.8)$$

розраховується середня приростів

$$\bar{\omega} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1}, \quad (5.9)$$

де C_{t+1}^n - коефіцієнти, які задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t=1, 2, \dots, n-1); \quad (5.10)$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{n+1}^n = 1. \quad (5.11)$$

Гармонічні коефіцієнти визначаються за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (5.12)$$

де m_{t+1} – гармонічні ваги.

Вираз (5.9) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням більші ваги. Якщо найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (5.13)$$

то вага інформації m_3 , що відноситься до наступного моменту часу, буде визначатися як

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (5.14)$$

Таким чином, ряд гармонійних ваг визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (5.15)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (5.13).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності виконується за виразом

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{\omega} \quad (5.16)$$

при початковій умові $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

5.2.2 Підготовка вихідної інформації для екстраполяції тенденції врожайності. Оцінка правильності вибору тренда врожайності гороху

Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньообласної врожайності сільськогосподарських культур по всіх категоріях господарств в центнерах з гектара.

При розрахунку врожайності сільськогосподарської культури на прогнозований рік необхідно враховувати, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається середньообласна врожайність сільськогосподарської культури, повинен містити не менше 18 років. Ми розглядаємо ряд врожайності гороху за 30-річний період, за цієї умови число років, що утворюють одну фазу змінного тренда, повинно дорівнювати 14 ($k = 14$).

Метод прогнозу врожайності гороху ґрунтується на розчленуванні величини врожаю на дві складові - випадкову і не випадкову, і отже, флуктуації врожаїв по роках можна поділити на систематичні і несистематичні. Тоді точність прогнозу врожаю з використанням динаміко-статистичного методу по одному тимчасовому ряду багато в чому залежить від правильності цього поділу. В зв'язку з цим в нашій розробці застосування методу гармонійних ваг для виявлення тимчасової динаміки врожаю супроводжується перевіркою об'єктивності вибору тренда.

Так, об'єктивність вибору лінії тренда перевіряється на основі гіпотези про випадковість відхилень від неї фактичних врожаїв. Ця перевірка здійснена методом серій, сутність якого полягає в тому, що при порівнянні значень відхилень від тренда з їх медіаною утворюються

серії однакових за знаком відхилень від останньої, і кількість цих серій $\nu(N)$ і протяжність найдовшої серії $K_m(N)$ повинні задовольняти наступні дві нерівності (при 5-відсотковому рівні значущості):

$$\left. \begin{aligned} \nu(N) &> (N+1-1,96)\sqrt{N-1}/2 \\ K_m(N) &< 3,3(\lg N+1) \end{aligned} \right\}, \quad (5.17)$$

де N – довжина ряду врожаїв.

Щоб визначити ліві частини нерівності (5.17), з відхилень від тренда $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ утворюємо для кожної з розглянутих областей варіаційний ряд $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$, де $\varepsilon^{(1)}$ – найменше з усіх відхилень, а ε_{med} – медіана цього варіаційного ряду. Далі визначимо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i -му місці ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ставиться знак плюс, якщо i -те спостереження у вихідному ряду перевищує медіану, і знак мінус, якщо воно менше від медіани. Якщо i -те спостереження дорівнює медіані, воно опускається. Потім підраховуємо протяжність найдовшої серії $k_{max}(N)$ і загальне число серій $\nu(N)$ для кожної області.

Екстраполяція тенденції врожайності гороху в пропонованій роботі виконана при різних значеннях довжини фази k . Для кожної лінії тренда (з певною k) виконаний розрахунок параметрів $\nu(N)$ і $K_m(N)$. Результати розрахунків згладжених значень врожаю гороху і оцінки випадковості відхилень врожаїв від тренда методом серій представлені в таблиці 5.1 на прикладі Одеської області.

В Одеській області протяжність найдовшої серії $k_{max}(N)$ дорівнює 5, а права частина першої нерівності (5.17) дорівнює 7,9. Максимальне число серій $\nu(N)$ становить 15, а права частина другого виразу нерівності (5.17) дорівнює 8,2. Порівняння лівих і правих частин нерівності (5.17)

показує, що обидві нерівності справедливі, таким чином, ми бачимо, що об'єктивність обраних ліній тренда підтверджується [47, 49].

Аналогічним чином була виконана перевірка гіпотези про правильність вибору вигляду тренда для всіх областей України стосовно до ґрунтово-кліматичних зон. Дані розрахунку по основних природно-кліматичних зонах України представлені в таблиці 5.2.

Таким чином, гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренда приймається. Зростаюча тенденція врожайності, яка характеризує рівень культури землеробства за середніх ґрунтово-кліматичних умов, виключена з тимчасового ряду правильно.

Таблиця 5.1 – Оцінка випадковості відхилень врожайності гороху від тренда на прикладі Одеської області

Роки	ε	ε у спадному порядку	Серії
1	2	3	4
1985	0,37	10,32	+
1986	-10,36	8,33	-
1987	0,85	6,89	+
1988	8,33	4,99	+
1989	2,21	4,88	+
1990	-3,16	4,05	-
1991	2,11	3,81	+
1992	1,55	3,23	+
1993	4,88	3,17	+
1994	-4,07	3,01	-
1995	-4,53	2,21	-
1996	-4,56	2,11	-
1997	3,23	1,55	+
1998	3,01	0,85	+
1999	-2,28	0,37	-
2000	-4,73	-0,53	-
2001	4,99	-0,82	+
2002	-1,96	-1,96	-

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
2003	-8,82	-2,27	-
2004	10,32	-2,28	+
2005	6,89	-2,39	+
2006	4,05	-3,16	+
2007	-8,4	-4,04	-
2008	3,81	-4,07	+
2009	-2,27	-4,53	-
2010	-0,53	-4,56	-
2011	-2,39	-4,73	-
2012	-4,04	-8,4	-
2013	-0,82	-8,82	-
2014	3,17	-10,36	+
$\varepsilon_{med} = -0,08$			

Таблиця 5.2 – Оцінка правильності вибору тренда врожайності гороху по основним природно-кліматичним зонам України

Природно-кліматична зона, область	$K_{max}(n)$	$v(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
1	2	3	4	5
Полісся				
Волинська	5	12	7,91	8,2
Житомирська	4	13	7,91	8,2
Львівська	5	12	7,91	8,2
Рівненська	4	14	7,91	8,2
Чернігівська	5	11	7,91	8,2
Закарпатська	4	10	7,91	8,2
Івано-Франківська	5	11	7,91	8,2
Лісостеп				
Вінницька	4	13	7,91	8,2
Київська	5	11	7,91	8,2
Полтавська	4	13	7,91	8,2

Продовження таблиці 5.2.

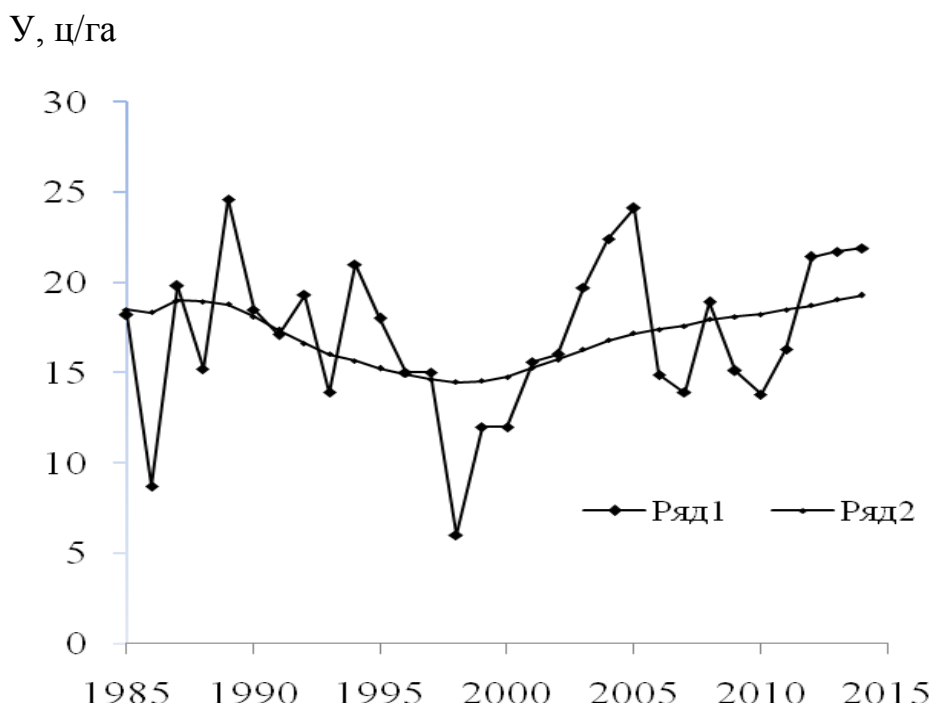
1	2	3	4	5
Сумська	3	15	7,91	8,2
Тернопільська	4	16	7,91	8,2
Харківська	5	11	7,91	8,2
Хмельницька	5	14	7,91	8,2
Черкаська	5	11	7,91	8,2
Чернівецька	3	14	7,91	8,2
Степ				
АР Крим	3	17	7,91	8,2
Дніпропетровська	6	14	7,91	8,2
Донецька	6	14	7,91	8,2
Запорізька	3	14	7,91	8,2
Кропивницька	3	14	7,91	8,2
Луганська	5	11	7,91	8,2
Миколаївська	3	14	7,91	8,2
Одеська	5	15	7,91	8,2
Херсонська	4	14	7,91	8,2
ПО УКРАЇНІ	5	12	7,91	8,2

5.2.3 Динаміка врожайності гороху

Розглянемо динаміку врожайності гороху в основних природно-кліматичних зонах України [104, 105]. На території Полісся у Волинській області в середньому за період дослідження (1985 - 2014 рр.) урожай гороху склав 19,5 ц/га. У 1989 році був зібраний максимальний за цей період урожай – 24,6 ц/га, а в 1998 році – найменший за розрахунковий період урожай - 6 ц/га.

У період з 1988 по 1998 рр. спостерігалось зниження врожаїв. Початкові значення лінії тренда в цей період становлять 18,9 ц/га, а кінцеві її значення – 14,5 ц/га (рис. 5.1 а). Далі лінія тренда врожаю

а)



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

б)

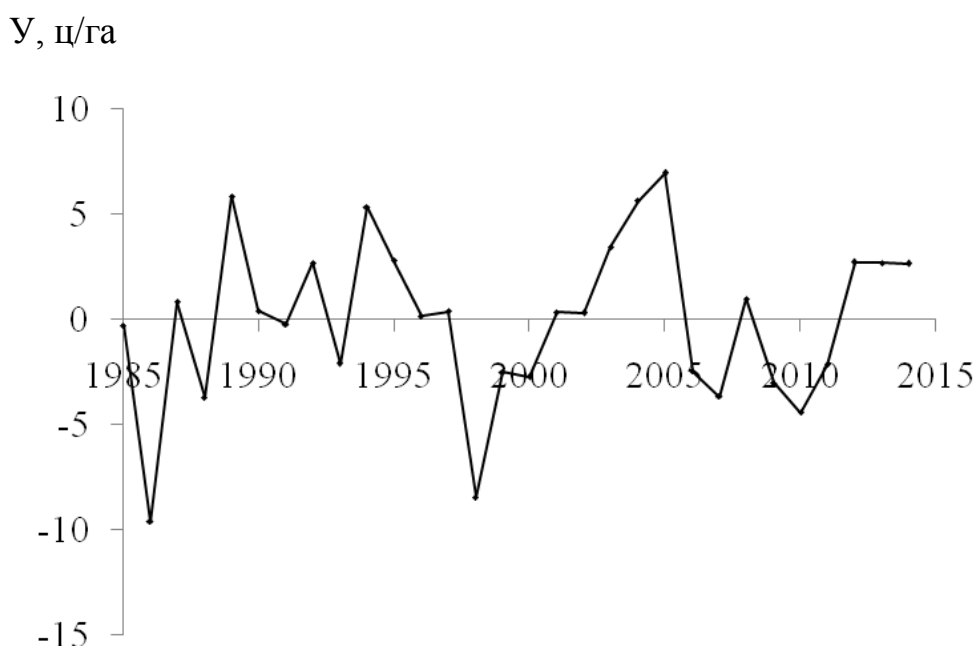


Рисунок 5.1 - Динаміка врожайності гороху в Волинській області (а) і відхилення від лінії тренда в окремі роки (б).

Період 1985-2014 рр.

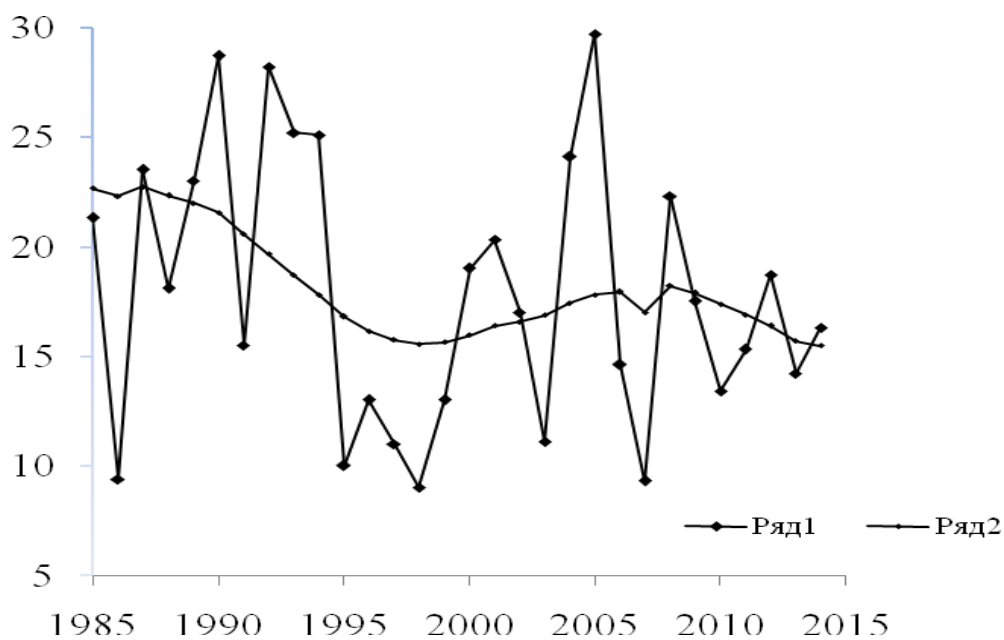
гороху має поступове позитивне зростання. Так, ми бачимо, що починаючи з 1998 року, врожай по лінії тренда склав 14,5 ц/га, а вже в 2014 році збільшився до 19,3 ц/га. Відхилення врожаю від лінії тренда характеризують вплив погодних умов на формування врожаю, вони представлені на рисунку 5.1 б. У 2005 році спостерігалися максимальні позитивні відхилення врожаю від лінії тренда, вони склали 6,9 ц/га, в 1986 році були найбільші негативні відхилення - 9,6 ц/га. В цілому на території Волинської області негативні відхилення врожаїв від лінії тренда спостерігалися в 13 роках, а позитивні – в 17 роках (рис. 5.1 б).

В Лісостепу на території Харківської області (рис. 5.2) середній урожай гороху становив 15,3 ц/га. У 2005 році зібрано максимальний за цей період урожай, який склав 29,7 ц / га, а в 1998 році був зібраний найменший за розрахунковий період урожай - 9 ц/га. У період з 1988 по 1997 рр. спостерігалось зниження врожаїв. Початкові значення лінії тренда в цей період становлять 22,7 ц/га, а кінцеві її значення – 15,6 ц/га (рис. 5.2 а). Далі лінія тренда врожаїв гороху має поступове позитивне зростання. Так, ми бачимо, що починаючи з 1999 року, врожай по лінії тренда склав 15,6 ц/га, а вже в 2009 році збільшився до 17,9 ц/га. У період з 2010 по 2014 рр. відзначилось зниження врожаїв по лінії тренда (з 17,4 ц/га в 2010 р. до 15,5 ц/га у 2014 г.). Відхилення врожаїв від лінії тренда характеризують вплив погодних умов на формування врожаїв, вони представлені на рис. 5.2 (б).

У 2005 році спостерігались максимальні позитивні відхилення врожаю від лінії тренда, вони склали 11,9 ц/га, в 1986 році були найбільші негативні відхилення – -12,9 ц/га. В цілому на території Харківської області негативні відхилення врожаїв від лінії тренда спостерігались в 16 роках, а позитивні – в 14 роках (рис. 5.2 б).

а)

У, ц/га



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

б)

У, ц/га

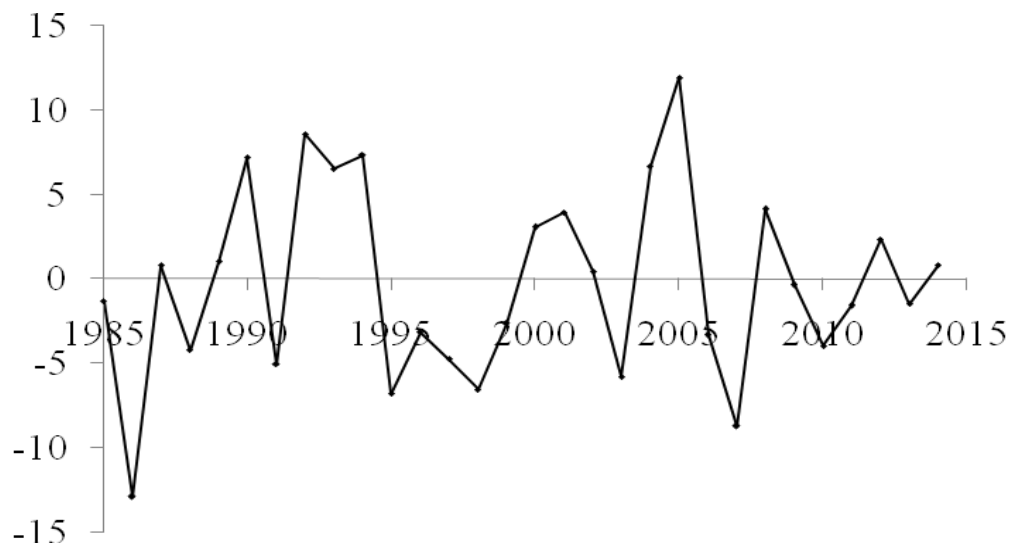


Рисунок 5.2 - Динаміка врожайності гороху в Харківській області (а) і відхилення від лінії тренда в окремі роки (б).
Період 1985-2014 рр.

На території Північного Степу, в Дніпропетровській області середній урожай гороху за розрахунковий період становив 17,7 ц/га. Він також значно змінювався в окремі роки. Урожай в 7,6 ц/га був зібраний в 2003 році, це – найменший урожай за період розрахунків (рис. 5.3 а). У 2005 році отримано максимальний урожай – 28,5 ц/га. Максимальні відхилення від лінії тренда спостерігались в 2001 році і склали 10,2 ц/га. Мінімальні -12,38 ц/га спостерігалися в 1986 році. Позитивні відхилення врожаїв від лінії тренда в Дніпропетровській області відзначились у 18 роках, негативні - в 12 роках (рис. 5.3 б).

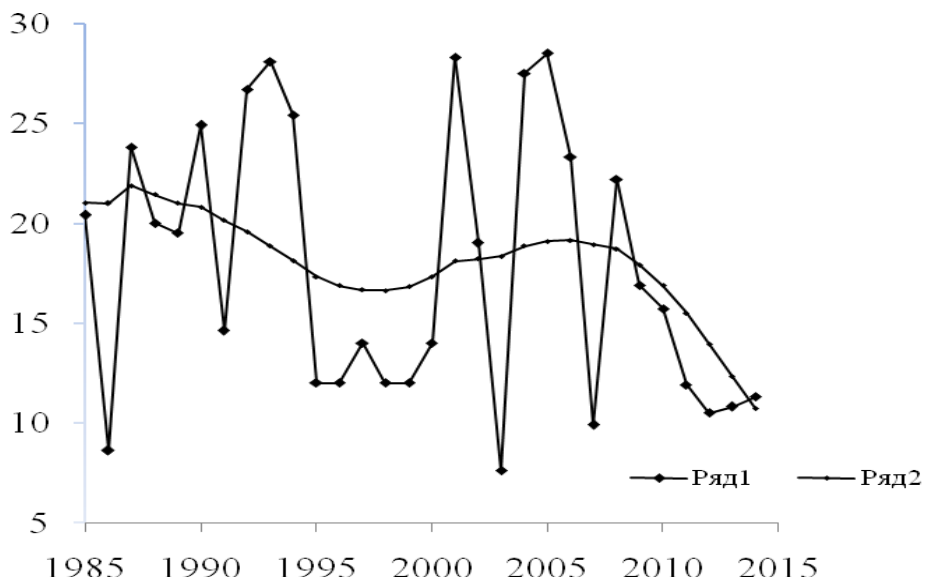
На півдні Степу, в Одеській області середній рівень врожаю становив 18,7 ц/га. Тут також спостерігаються значні коливання врожаїв. Мінімальний урожай був зібраний в 1986 році і склав 5,7 ц/га, а максимальний – 26,4 ц/га в 2004 році (рис. 5.4). Коливання врожаїв, зумовлені впливом погодних умов, також значні. У 1986 році були максимальні негативні відхилення (-10,4 ц/га), а в 2004 році – максимальні позитивні (10,3 ц/га). В загалом позитивні і негативні відхилення врожаїв від лінії тренда розподілилися порівну.

В загалом на території України середній рівень врожаю гороху за розрахунковий період становив 22,5 ц/га. Максимальні врожаї одержані в 2005 році - 26 ц/га, в 2003 році зібрано найменший урожай - 11 ц/га (рис. 5.5 а).

У період з 1985 по 1998 роки значення лінії тренда значно знижувались. Початкові значення цього періоду склали 20,9 ц/га, а кінцеві - 16,9 ц/га. З 1999 по 2006 роки спостерігалось поступове позитивне зростання лінії тренда, а з 2007 по 2014 року лінія тренда поступово знижувалась. На рис. 5.5 б представлені відхилення врожаїв від лінії тренда. У 2005 році спостерігалися найбільші позитивні відхилення врожаю від лінії тренда – 7,6 ц/га, а в 1986 році – найбільші

а)

У, ц/га



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

б)

У, ц/га

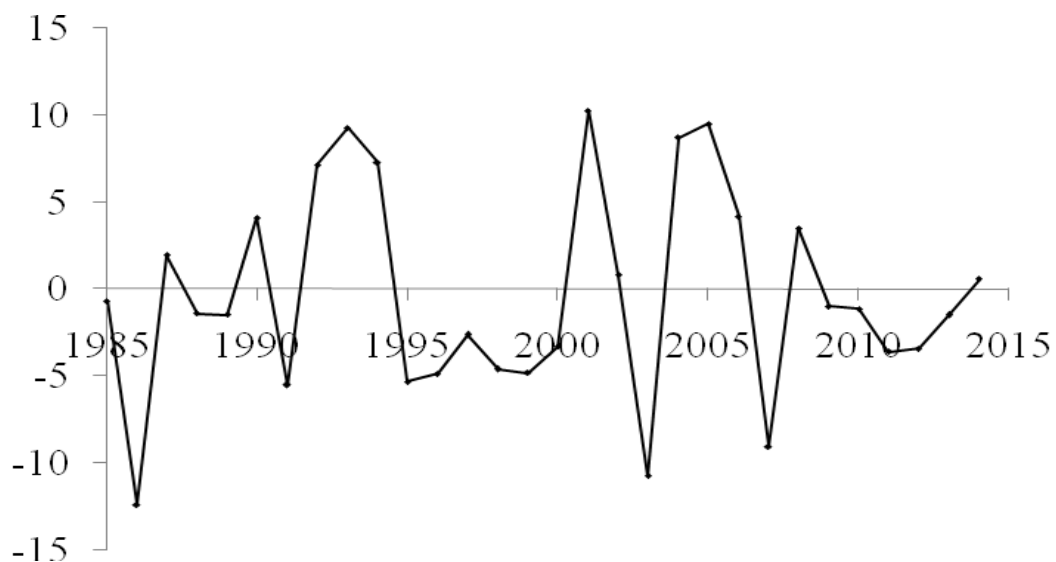
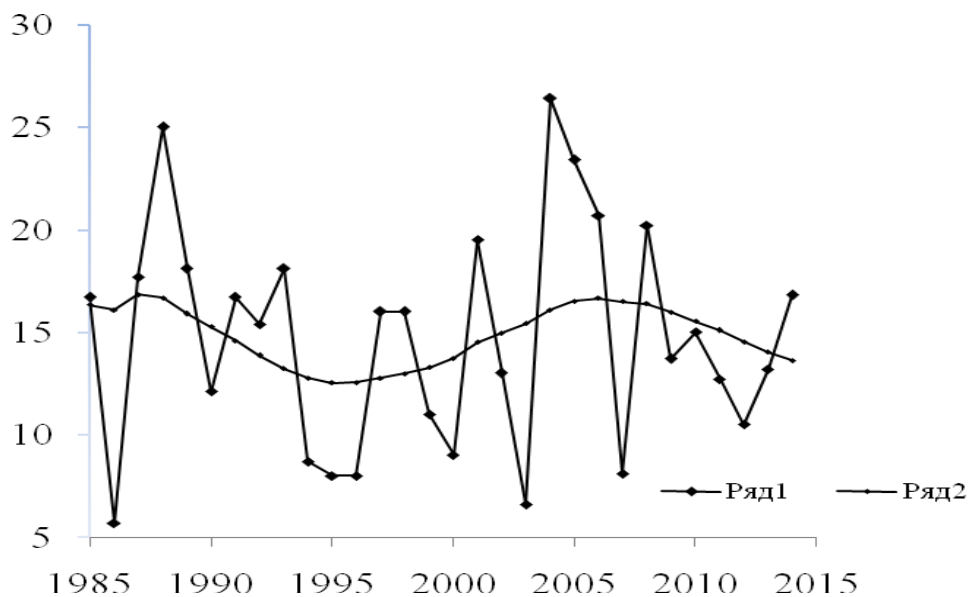


Рисунок 5.3 – Динаміка врожайності гороху в Дніпропетровській області (а) і відхилення від лінії тренда в окремі роки (б). Період 1985-2014 рр.

а)

У, ц/га



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

б)

У, ц/га

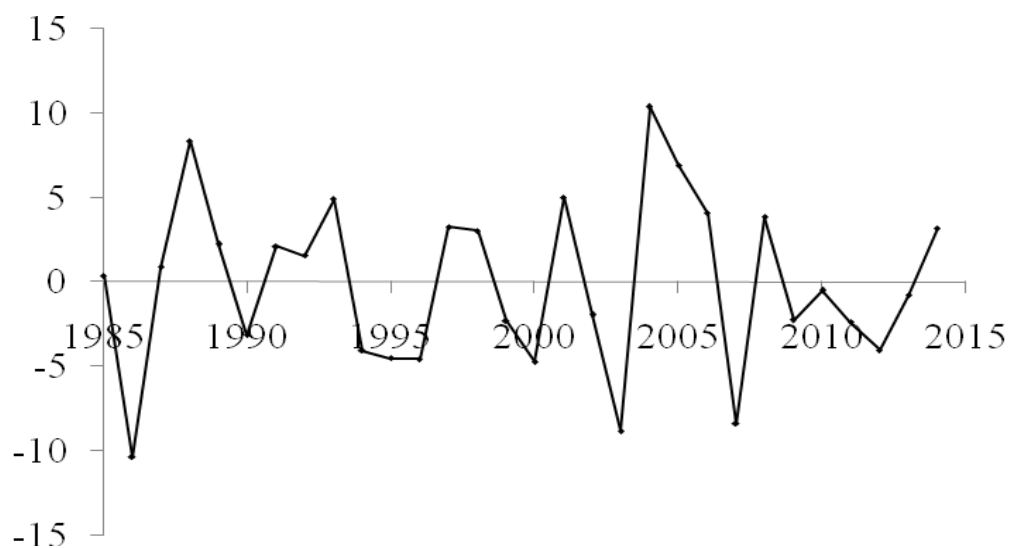


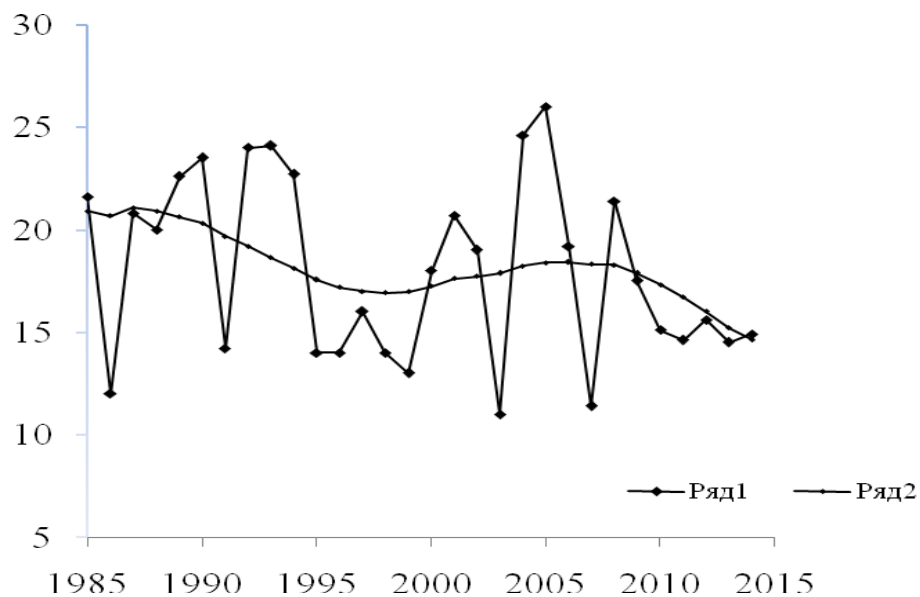
Рисунок 5.4 - Динаміка врожайності гороху в Одеській області (а) і

відхилення від лінії тренда в окремі роки (б).

Період 1985-2014 рр.

а)

У, ц/га



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

б)

У, ц/га

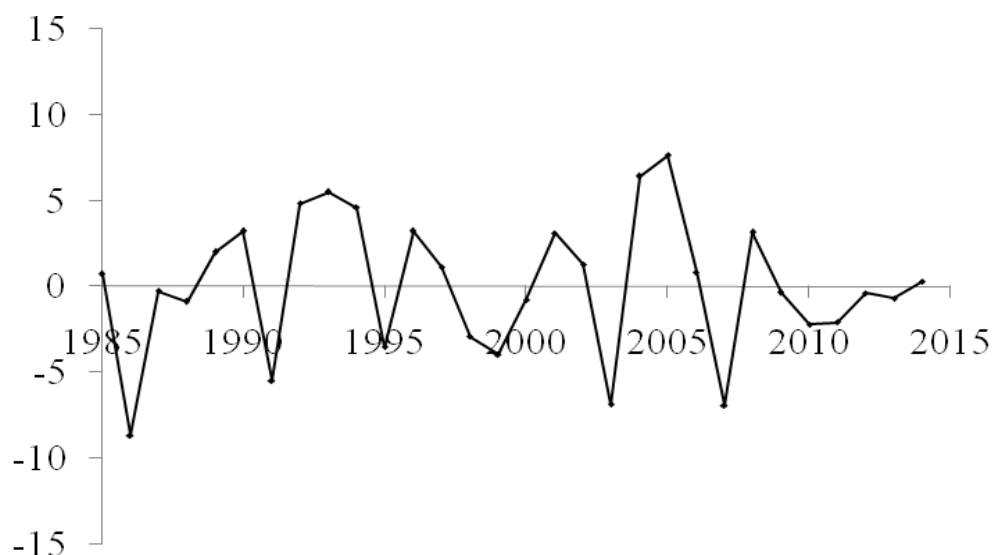


Рисунок 5.5 - Динаміка врожайності гороху по Україні (а) і відхилення від лінії тренда в окремі роки (б).

Період 1985-2014 рр.

негативні відхилення – 8,7 ц/га. В цілому в 13 роках відзначався позитивний вплив погодних умов на формування врожаїв і відхилення від лінії тренда були позитивними. У 17 роках вони були негативними.

Зміну рівнів часового ряду характеризують такі показники: абсолютний приріст, темп зростання [97]. Абсолютний приріст тенденції урожайності ΔY_T

$$\Delta Y_T = Y_{T_i} - Y_{T_i-k} \quad (5.18)$$

Темп зростання тенденції врожайності T_p

$$T_p = (Y_{T_i} / Y_{T_i-k}) \cdot 100 \% \quad (5.19)$$

де Y_{T_i} – значення тенденції врожайності в i – й рік ($i = 1, 2, \dots, n$), т/га;
 Y_{T_i-k} – базовий рівень, віддалений від Y_{T_i} на k років ($k = 5$), т/га.

Чисельні значення середніх характеристик динаміки врожайності гороху по п'ятирічках за аналізований період (1985-2014 рр.) наведені в табл. 5.4, вони включають в себе абсолютний приріст тенденції урожайності (ц/га), який характеризує знак і величину приросту тенденції по п'ятирічках, а також відносну характеристику темпу зростання тенденції (стосовно до базового рівня).

Розглянемо більш детально динаміку тенденції середньообласної врожайності гороху стосовно природно-кліматичних зон України.

На території Степу України в Дніпропетровській області максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в період 2000-2004 рр. і становили 3,5 ц/га, мінімальні значення відзначені в шостій п'ятирічці (2010-2014 рр.) і становили -4,1 ц/га. Максимальний темп зростання тенденції

врожайності також спостерігався в четвертій п'ятирічці (2000-2004 рр.) і становив 121,4%, а мінімальний в шостій п'ятирічці - 70,7%.

В Донецькій області максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в четвертій п'ятирічці (період 2000-2004 рр.) і становили 2,6 ц/га, мінімальні значення відзначались в другій п'ятирічці (1990-1994 рр.) і становили -2,9 ц/га.

Таблиця 5.4 – Динаміка основних характеристик тенденцій середньообласної врожайності гороху по Україні стосовно природно-кліматичних зон (перший рядок – абсолютний приріст, ц/га; другий – темп зростання, %)

Роки спостережень						
Природно-кліматична зона, область	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
1	2	3	4	5	6	7
Полісся						
Волинська	2,3 113,7	-2,7 85,8	-1,6 89,4	3,3 123,2	1,6 108,9	1,1 105,8
Житомирська	4,1 123,2	0,6 102,6	-2,2 90,1	-1,6 91,9	-0,5 97,3	-0,5 98,1
Львівська	1,8 109,4	-2,7 86,6	-2,3 86,5	1,5 131,1	0,8 105,1	0,3 97,9
Рівненська	0,5 103,2	-1,4 91,5	-0,1 99,3	2,2 114,4	-0,2 98,6	-0,6 97,4
Чернігівська	2,0 111,3	-3,0 84,7	-1,2 92,3	3,2 121,5	0,9 104,9	0,8 102,8
Закарпатська	-0,5 97,7	-4,2 79,6	-1,9 87,4	4,4 132,8	2,7 113,5	-0,1 99,7
Івано-Франківська	1,2 105,8	-1,8 91,4	-0,7 96,4	2,8 115,5	0,9 104,2	-1,1 94,8

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7
Лісостеп						
Вінницька	1,9 108,9	-2,7 88,1	-1,6 91,8	1,4 108,2	0,9 104,6	1,8 109,2
Київська	3,8 117,3	-2,4 90,5	-1,3 94,1	2,8 113,1	0,9 103,8	-0,1 99,8
Полтавська	0,7 103,1	-5,3 77,8	-2,6 84,7	3,5 123,1	1,8 108,9	0,7 103,6
Сумська	1,8 108,6	-3,8 83,2	-2,5 86,0	1,9 112,4	1,3 107,1	0,9 104,9
Тернопільська	0,4 101,9	-1,3 93,5	-1,2 93,4	2,1 112,3	1,7 108,4	1,5 109,9
Харківська	1,9 109,5	-4,3 80,8	-2,0 87,9	3,2 121,5	0,5 102,4	-1,9 89,0
Хмельницька	3,1 116,8	0,2 100,9	-2,2 89,6	0,04 100,2	1,3 106,9	1,5 107,9
Черкаська	1,9 108,6	-3,5 85,4	-1,8 90,9	2,9 116,2	1,3 105,9	0,9 103,4
Чернівецька	6,2 131,2	-1,8 93,1	-5,2 77,6	0,2 100,9	2,7 114,2	0,6 102,8
Степ						
АР Крим	-4,2 83,8	-4,9 75,8	-0,3 98,1	3,1 120,7	0,2 101,3	0,8 101,3
Дніпропетровська	2,2 111	-2,9 86,2	-1,5 91,4	3,5 121,4	0,2 100,9	-4,1 70,7
Донецька	0,9 104,9	-2,9 84,9	-1,3 91,4	2,6 118,5	-0,8 95,7	-1,2 94,0
Запорізька	-0,9 95,0	-2,1 88,3	-0,9 93,7	3,0 121,4	1,6 108,5	1,5 108,8
Кропивницька	-0,9 95,9	-3,7 81,6	-1,3 91,4	3,7 126,0	0,5 102,4	0,4 101,6
Луганська	0,9 104,6	-5,4 71,3	-1,5 87,3	4,2 137,6	0,3 101,6	0,1 100,3

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7
Миколаївська	0,01 100,1	-1,9 86,9	-0,2 98,7	3,4 126,7	1,1 106,1	-2,2 87,1
Одеська	-1,2 92,9	-2,8 81,7	0,8 106,8	3,6 126,7	-0,2 98,9	-1,9 87,8
Херсонська	-1,5 91,2	-1,8 88,4	-0,3 97,7	3,3 125,2	0,9 105,6	0,9 105,3
ПО УКРАЇНІ	0,9 104,7	-2,7 84,5	-1,2 93,3	2,2 113,2	0,2 101,2	-2,4 88,5

Максимальний темп зростання тенденції врожайності також спостерігався в четвертій п'ятирічці (2000-2004 рр.) і становив 118,5%, а мінімальний – в другій п'ятирічці – 84,9%.

В Запорізькій області спостерігалась аналогічна ситуація: максимальні значення абсолютного приросту і темпу зростання тенденції врожайності спостерігались в четвертій п'ятирічці і дорівнювали 3 ц/га і 121,4% відповідно. Мінімальні значення цих характеристик спостерігались в другій п'ятирічці (1990-1994 рр.), становили -2,1 ц/га і 88,3%, відповідно.

Максимальні значення абсолютного приросту і темпу зростання тенденції врожайності в Кіровоградській області спостерігались в четвертій п'ятирічці і складали 3,7 ц/га і 126% відповідно. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності відзначались в другій п'ятирічці і складали -3,7 ц/га, мінімальні значення темпу зростання становили 81,6%.

У Південному Степу на території Миколаївської області максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в четвертій п'ятирічці і складали 3,4 ц/га. Максимальний

темп зростання також спостерігався в цей період і становив 126,7%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в шостій п'ятирічці і склали -2,2 ц/га. Темп зростання тенденції врожайності в цей же період також був мінімальним – 87,1%.

В Одеській області максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в четвертій п'ятирічці – 3,6 ц/га. Максимальний темп зростання також спостерігався в цей період і становив 126,7%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в другій п'ятирічці -2,8 ц/га. Значення темпу зростання тенденції врожайності в цей же період також було мінімальним – 81,7%.

У Лісостепу в другій і третій п'ятирічках у всіх областях цієї зони відзначалось падіння значень абсолютних приростів і темпів зростання врожайності. Максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності у Вінницькій, Київській, Хмельницькій та Чернівецькій областях спостерігались в першій п'ятирічці і сягали від 1,9 до 6,2 ц/га. Максимальний темп зростання врожайності також спостерігався в першій п'ятирічці і становив від 108,9 до 131,2%. У Полтавській, Сумській, Тернопільській, Харківській та Черкаській областях максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в четвертій п'ятирічці і склали від 1,9 до 3,5 ц/га. Максимальний темп зростання в цих областях також спостерігався в четвертій п'ятирічці і становив від 112,3 до 123,1%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності у всіх областях (крім Хмельницької та Чернівецької областей), відзначались в другій п'ятирічці і склали (-1,3) - (-4,3) ц/га. Значення темпу зростання врожайності в цей же період мінімальні 77,8 - 93,5%. У Хмельницькій та Чернівецькій областях мінімальні значення абсолютного приросту

спостерігались в третій п'ятирічці і складали -2,2 і -5,2 ц/га відповідно, а мінімальні значення темпу зростання врожайності були 77,6 і 89,6%.

На території Полісся у всіх областях, крім Житомирської та Львівської, максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в четвертій п'ятирічці (2000-2004 рр.) і становили 1,8 - 4,4 ц/га. На цей же період припадають і максимальні значення темпу зростання врожайності, які складають 114,4 - 132,8%. У Житомирській та Львівській областях цей показник припадає на першу п'ятирічку (1985-1989 рр.) і становить 1,8-4,1 ц/га. Максимальний темп зростання врожайності гороху в Житомирській і Львівській областях спостерігався в цей же період і складав 109,4 - 123,2%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в другій п'ятирічці (1990-1994 рр.) у всіх областях, крім Житомирської. Значення мінімального абсолютного приросту становили від -1,4 до -4,2 ц/га. У Житомирській області цей показник спостерігався в третій п'ятирічці (1995 - 1999 рр.) і становив -2,2 ц/га. Значення темпу зростання тенденції врожайності в ці ж періоди мінімальні – 84,7 - 91,5%.

В цілому по Україні максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в четвертій п'ятирічці (2000-2004 рр.) і становили 2,2 ц/га. Максимальний темп зростання врожайності також припадав на четверту п'ятирічку – 113,2%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в другій п'ятирічці і складали -2,7 ц/га, а мінімальний темп зростання врожайності в цей період склав 84,5%.

В результаті дослідження кожної зони України, можна відзначити, що в більшості областей приріст тенденції був досить високим в четвертій і п'ятій п'ятирічках (2000-2009 рр.). У період другої і третьої

п'ятирічок (1990 - 1999 рр.) у всіх природно-кліматичних зонах приріст тенденції урожайності стає різко негативним. У шостій п'ятирічці (2010-2014 рр.) тенденція врожайності і темпи зростання знижуються.

Таким чином, нами об'єктивно визначена тенденція середньообласної врожайності гороху і виявлені особливості в динаміці врожайності гороху в областях України за період 1985-2014 рр., які вказують на негативні тенденції у виробництві гороху.

Аналіз динаміки середньообласної врожайності гороху по Україні протягом 1985 - 2014 рр. вказує на різний її характер у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Особливості в динаміці врожайності гороху в усіх зонах України, починаючи з 1985 року, можна пояснити впливом на сільськогосподарське виробництво часто повторюваних несприятливих погодних умов. Цей вплив сповільнив тенденцію врожайності гороху.

5.3. Перевірка справджуваності методу прогнозу

Експериментальна перевірка динамічних моделей продуктивності посівів є трудомістким завданням і передбачає одночасне вимірювання різних метеорологічних, агрометеорологічних і фізіологічних параметрів рослинного покриву в польових і лабораторних умовах.

Порівняльна оцінка моделей формування врожайності показала, що тільки для невеликої кількості моделей розрахунки зіставлялися з результатами спеціально виконаних для цього експериментів. Найчастіше результати розрахунків порівнювалися з приростами загальної біомаси або кінцевої врожайності сільськогосподарських культур. Модель формування врожайності сільськогосподарських культур була адаптована до умов вирощування гороху в Україні, було

проведено коригування щодо різних умов, також модель була доповнена новими параметрами і впроваджена в практику прогнозування.

Розглянемо, як складається прогноз врожаю гороху на прикладі однієї з найбільш врожайних областей Лісостепу України – Київської області. Прогноз врожаю складався за період 2011-2015 рр. Найбільший фактичний і розрахунковий (прогностичний) врожай гороху відмічався у 2015 році.

Прогноз складався в червні в фазу цвітіння. До дати складання прогнозу ми взяли фактичні дані (середньодекадну температуру повітря (T , °C), середньоденну тривалість сонячного сяйва (SS , год), середньодекадний дефіцит насичення повітря (d , мм), суму опадів за декаду (R , мм), запаси продуктивної вологи (W_{0-20} , W_{0-100}) в шарі ґрунту 0-20 і 0-100 см. Оскільки після дати цвітіння урожай практично сформувався, ми взяли середні багаторічні дані (середньодекадну температуру повітря (T , °C), середньоденну тривалість сонячного сяйва (SS , год), середньодекадний дефіцит насичення повітря (d , мм), суму опадів за декаду (R , мм), запаси продуктивної вологи (W_{0-20} , W_{0-100}) в шарі ґрунту 0-20 і 0-100 см.

На рис. 5.6 представлені агрометеорологічні умови вегетації гороху в Київській області. Метеорологічні умови 2015 року для появи сходів і формування листкового апарату були оптимальними за волого - температурним режимом. Посів культури провели 1 квітня. Середньодекадна температура повітря становила 5,2 °C. Середньодекадний дефіцит насичення повітря – 3 мм. Сума опадів склала 32 мм, запаси продуктивної вологи (W_{0-20}) в шарі ґрунту 0-20 см дорівнювали 42 мм, а (W_{0-100}) в шарі ґрунту 0-100 см – 169 мм.

Середньоденна тривалість сонячного сйва на дату сівби гороху склала 4,4 години. За сприятливих метеорологічних умов сходи появилися через 17 діб.

$T, ^\circ\text{C}; SS, \text{год}$

$R, \text{мм}; d, \text{мм};$

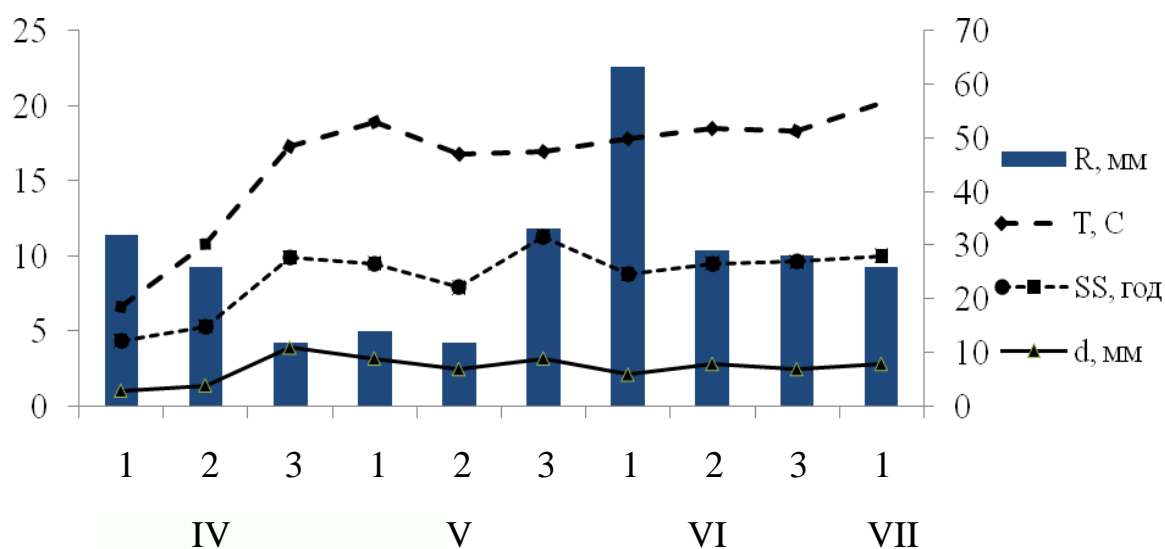


Рисунок 5.6 – Агрометеорологічні умови вегетації гороху в Київській області в 2015 році

Період сходи - цвітіння в тому році проходив при сприятливих середньодекадних температурах повітря 16,8 - 18,9 °С, сумі опадів за період 118 мм і середніх запасах продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту 112 мм. Дефіцит насичення повітря склав в середньому 7,0 мм. Середньоденна тривалість сонячного сйва коливалася в межах 7,9 - 11,3 год.

Період досягання почався в першій декаді липня. Середньодекадна температура в цей період склала 20,2 °С, сума опадів - 26 мм, середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту -

106 мм. Середньодекадний дефіцит насичення повітря в цей період становив 8,0 мм, а середньоденна тривалість сонячного сяйва – 10,0 год.

В табл. 5.5 представлені агрометеорологічні умови періоду вегетації культури гороху за основними міжфазними періодами.

Таблиця 5.5 – Агрометеорологічні умови вегетації культури гороху по основних міжфазних періодах в Київській області в 2015р.

Показники	Посів - сходи	Сходи – цвітіння	Цвітіння – достигання
Тривалість періоду, (дні)	17	42	31
Середня температура повітря, (°C)	11,0	17,4	18,9
Сума активних температур, (°C)	250	555	528
Сума ефективних температур, (°C)	398	547	368
Сума опадів, (мм)	70	118	83
Гідротермічний коефіцієнт (<i>ГТК</i>), (відн. од.)	2,8	2,1	1,6
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100}), (мм)	172	112	109

Метеорологічні умови 2015 року були сприятливими, як за температурним режимом, так і за умовами зволоження. Оскільки горох потребує значної кількості вологи, то сума опадів у 271 мм, яка випала за період вегетації, та середні запаси продуктивної вологи в 131 мм,

забезпечили високу вологість ґрунту під культурою, що сприяло формуванню потужної кореневої системи і листкового апарату гороху.

Такі особливості погодних умов відповідним чином позначилися на наростанні площі листя (рис. 5.7). Починаючи з фази сходів, спостерігався поступовий приріст площі листкової поверхні. Так, на початок періоду сходів (2 декада квітня) площа листкової поверхні склала $0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

В період цвітіння (третя декада травня) темпи наростання площі листя досягли максимуму – $2,97 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Наприкінці вегетації спостерігалось зменшення величини площі листя за рахунок старіння рослин.

Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$

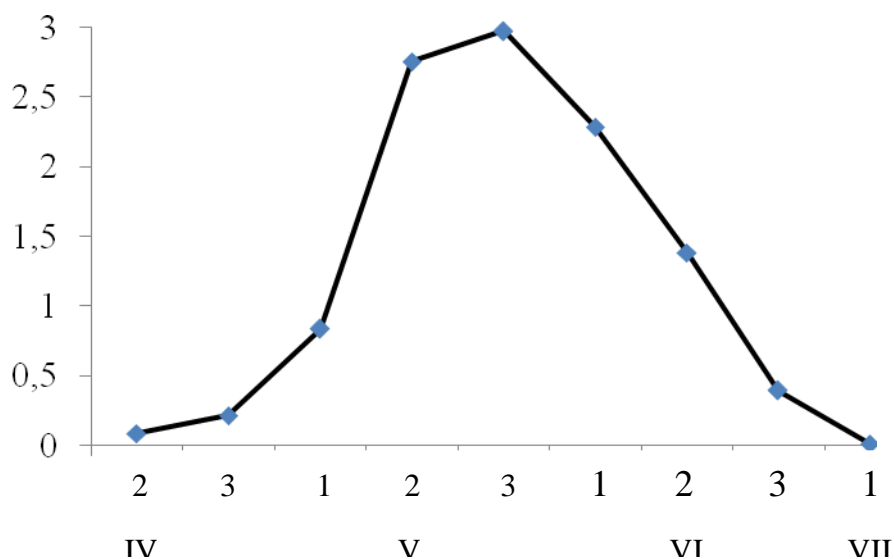


Рисунок 5.7 – Динаміка відносної площі листя рослин гороху по декадах в 2015 році в Київській області

Розглянемо динаміку накопичення загальної сухої біомаси рослин гороху. Аналізуючи отримані результати, представлені на рис. 5.8,

відзначимо, що в 2015 році найбільшу кількість надземної біомаси накопичили рослини в період цвітіння – досягання. Так, в період сходів гороху суха біомаса склала 5,0 – 14,3 г/м², в період цвітіння – досягання загальна суха біомаса досягла 211 – 631 г/м².

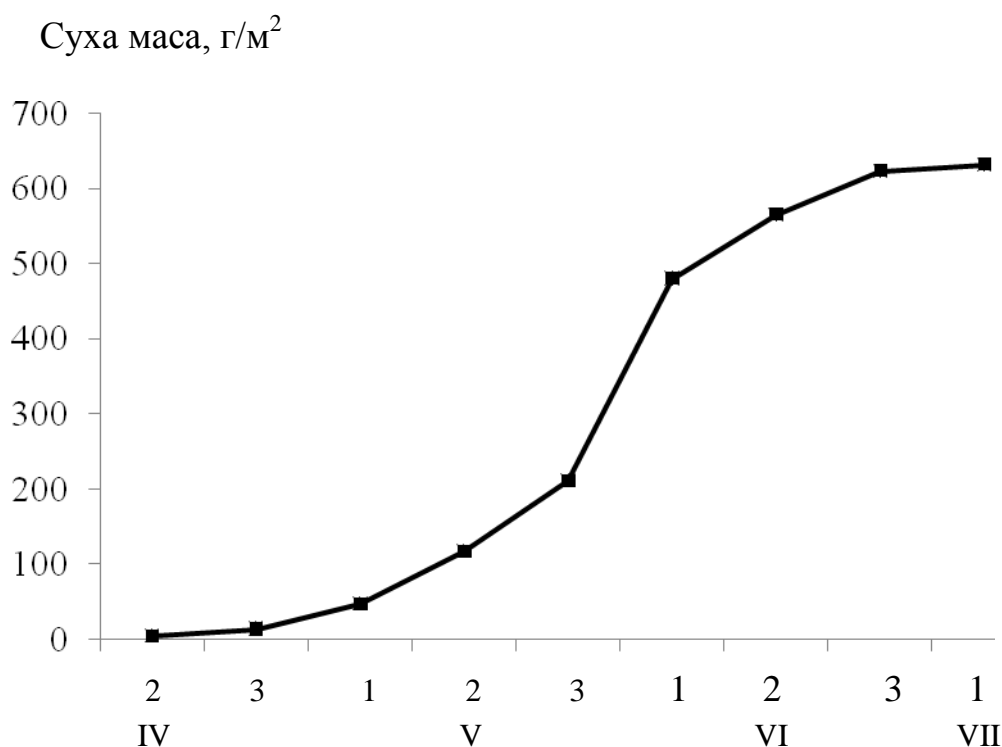


Рисунок 5.8. – Динаміка накопичення загальної сухої маси рослин гороху в період вегетації 2015 р. в Київській області

На рис. 5.9 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів гороху в 2015 році. Як видно з рис. 5.9, чиста продуктивність фотосинтезу у рослин гороху була найвищою в період цвітіння і склала 8,5 г/м²·д. Це зумовлено сприятливими умовами зволоження, а також стрімким ростом листкового апарату (максимальні значення площі листкової поверхні становили 2,97 м²/м²).

ЧПФ, г/м²·д

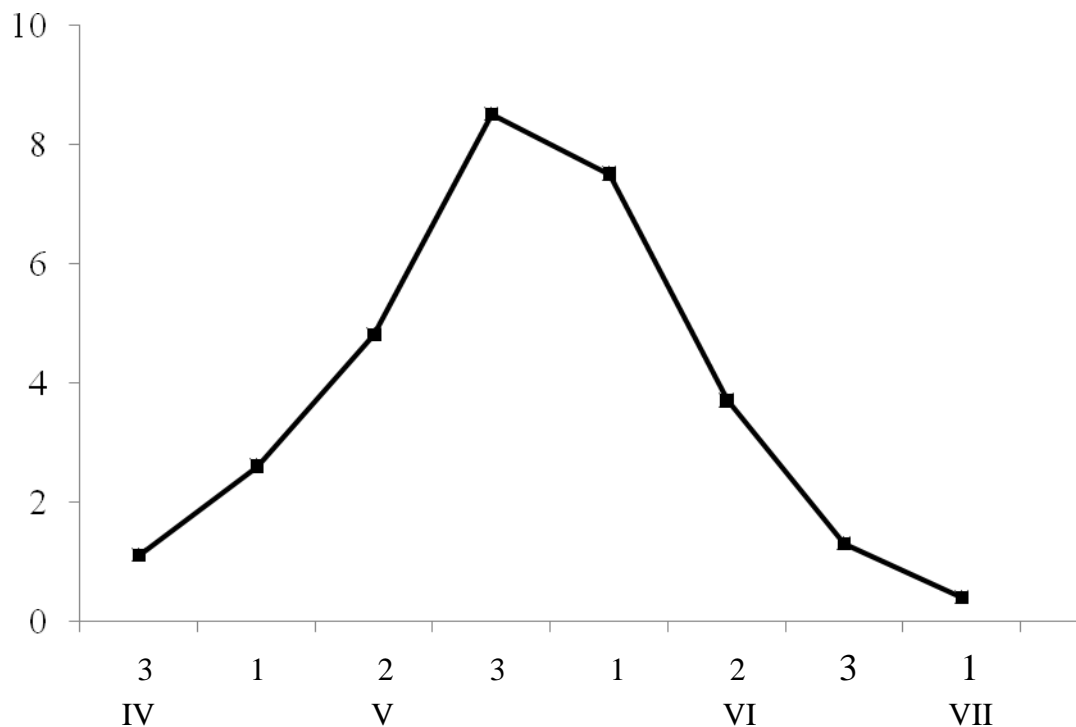


Рисунок 5.9. – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів гороху в 2015 році в Київській області

Коли сформувалась найбільша відносна площа листкової поверхні і загальна суха біомаса рослин, фотосинтетичний потенціал досяг максимального значення і склав 119 м²/м² (табл. 5.6). Також було розраховано коефіцієнт господарської частини врожаю $K_{\text{госп}}$, який становив 0,5 відн.од. За виконаними розрахунками урожай, який сформувався за період вегетації гороху у 2015 році, становив 27,8 ц/га.

Розроблений нами на основі моделі метод оцінки умов формування врожаю і прогнозу середньої по області врожайності був переданий на виробниче випробування в Український гідрометеорологічний центр.

Таблиця 5.6 – Фотосинтетична продуктивність рослин гороху в Київській області

Рік	Максимальна площа листя, м ² /м ²	ЧПФ, максимальна за вегетацію, г/м ² ·д	К _{госп} , відн.од.	ФП за вегетацію, м ² /м ²	Суха маса зерен, г/м ²	Урожай, при стандартній вологості 14 %, ц/га
2015	2,97	8,5	0,5	119	235	27,8

Перевірка адекватності моделі формування врожайності гороху велася нами таким способом. Цей спосіб полягає в порівнянні розрахованої за допомогою моделі середньої обласної урожайності гороху з фактичною врожайністю. Перевірка виконувалась за даними вегетаційних періодів 2011-2015 рр. Оцінювалась абсолютна і відносна похибка розрахунку врожайності (табл. 5.7 - 5.11).

Відносна похибка є відношенням різниці розрахункової і фактичної врожайності до фактичної врожайності. Відносна похибка розрахунку коливається від 0,6 до 19%. Результати зіставлення розрахованих (за прогнозами з місячною завчасністю) і фактичних значень врожайності по всіх природно-кліматичних зонах України за 2011 – 2015 рр. представлені на рис. 5.10. Як видно з наведених даних, при порівнянні розрахункової і фактичної врожайності спостерігається досить добре узгодження розрахункових значень зі значеннями фактичними.

Таблиця 5.7 – Порівняння розрахункової та фактичної середньої обласної врожайності гороху в Україні, 2011 рік

Природно-кліматична зона, область	Урожайність, ц/га		Похибка	
	фактична	розрахункова	абсолютна, ц/га	відносна, %
1	2	3	4	5
Полісся				
Волинська	16,3	17,0	0,7	4,2
Житомирська	13,3	14,8	1,5	11,3
Львівська	15,3	17,4	2,1	13,7
Рівненська	14,7	17,2	2,5	17,0
Івано-Франківська	19,2	20,1	0,9	4,7
Чернігівська	13,8	15,5	1,7	12,3
Закарпатська	15,9	15,0	-0,9	5,7
Лісостеп				
Вінницька	17,0	19,8	2,8	16,5
Київська	15,8	18,2	2,4	15,2
Полтавська	15,2	14,0	-1,2	7,9
Сумська	14,6	15,7	1,1	7,5
Тернопільська	17,6	20,2	2,6	15,0
Харківська	15,3	14,6	-0,7	4,6
Хмельницька	18,5	20,9	2,4	12,9
Черкаська	17,1	16,0	-1,0	5,8
Чернівецька	16,6	19,5	2,9	17,5
Степ				
АР Крим	16,5	15,9	-0,6	3,6
Дніпропетровська	11,9	13,8	1,9	16,0
Донецька	14,5	16,5	2,0	13,8
Запорізька	13,4	14,3	0,9	6,7
Кропивницька	14,5	16,2	1,7	11,7
Луганська	11,2	13,1	1,9	17,0
Миколаївська	14,8	16,4	1,6	10,8

Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5
Одеська	12,7	14,6	1,9	14,9
Херсонська	12,9	11,0	-1,9	14,7
По Україні	14,6	16,1	1,5	10,3

Таблиця 5.8 – Порівняння розрахункової та фактичної середньої обласної врожайності гороху в Україні, 2012 рік

Природно-кліматична зона, область	Урожайність, ц/га		Похибка	
	фактична	розрахункова	абсолютна, ц/га	відносна, %
1	2	3	4	5
Полісся				
Волинська	16,3	17,0	0,8	3,7
Житомирська	13,3	14,8	-2,6	13,3
Львівська	15,3	17,4	1,9	12,3
Рівненська	14,7	17,2	2,1	10,1
Івано-Франківська	19,2	20,1	1,4	7,6
Чернігівська	13,8	15,5	-1,7	10,4
Закарпатська	15,9	15,0	0,6	3,8
Лісостеп				
Вінницька	17,0	17,8	-0,8	3,8
Київська	15,8	18,2	-2,3	7,9
Полтавська	15,2	14,0	0,6	2,8
Сумська	14,6	15,7	0,2	1,1
Тернопільська	17,6	20,2	-1,5	6,9
Харківська	15,3	14,6	0,9	4,8
Хмельницька	18,5	20,9	1,8	12,6
Черкаська	17,1	16,0	-0,6	2,5
Чернівецька	16,6	19,5	1,8	8,7

Продовження таблиці 5.8

1	2	3	4	5
Степ				
АР Крим	12,3	11,5	-0,8	6,5
Дніпропетровська	10,5	9,6	-0,9	8,6
Донецька	15,4	13,1	-2,3	14,9
Запорізька	13,7	12,2	-1,5	10,9
Кропивницька	16,4	13,8	-2,6	15,9
Луганська	16,3	18,0	1,7	10,4
Миколаївська	13,1	12,1	-1,0	7,6
Одеська	10,5	9,4	-1,1	10,5
Херсонська	10,2	9,8	-0,4	3,9
По Україні	14,6	16,1	1,4	9,0

Таблиця 5.9 – Порівняння розрахункової та фактичної середньої обласної врожайності гороху в Україні, 2013 рік

Природно-кліматична зона, область	Урожайність, ц/га		Похибка	
	фактична	розрахункова	абсолютна, ц/га	відносна, %
1	2	3	4	5
Полісся				
Волинська	21,7	19,0	-2,7	12,5
Житомирська	14,2	15,0	0,8	0,6
Львівська	14,6	16,4	1,8	12,3
Рівненська	20,4	19,2	-1,2	5,9
Івано-Франківська	20,3	19,4	-0,9	4,4
Чернігівська	14,0	15,7	1,7	12,1
Закарпатська	14,4	14,8	0,4	2,8
Лісостеп				
Вінницька	23,3	20,1	-3,2	13,7
Київська	23,9	21,8	-2,1	8,8
Полтавська	18,8	16,8	-2,0	10,6

Продовження таблиці 5.9

1	2	3	4	5
Сумська	17,7	15,7	-2,0	11,3
Тернопільська	19,8	17,8	-2,0	10,1
Харківська	14,2	12,9	-1,3	9,2
Хмельницька	18,4	19,7	1,3	7,1
Черкаська	22,5	20,7	-1,8	8,0
Чернівецька	16,7	15,2	-1,5	9,0
Степ				
АР Крим	8,4	9,3	0,9	10,7
Дніпро-петровська	10,8	8,9	-1,9	17,6
Донецька	9,5	8,4	-1,1	11,6
Запорізька	11,1	13,1	2,0	18,0
Кропивницька	19,9	19,4	-0,5	2,5
Луганська	10,5	10,9	0,4	3,8
Миколаївська	13,3	13,2	-0,1	1,0
Одеська	13,2	15,0	1,8	13,6
Херсонська	12,0	10,4	-1,6	13,3
По Україні	14,5	15,6	1,1	7,6

Таблиця 5.10 – Порівняння розрахункової та фактичної середньої обласної врожайності гороху в Україні, 2014 рік

Природно-кліматична зона, область	Урожайність, ц/га		Похибка	
	фактична	розрахункова	абсолютна, ц/га	відносна, %
Полісся				
Волинська	29,4	26,7	-2,7	9,2
Житомирська	20,5	21,2	0,7	3,4
Львівська	17,6	19,8	2,2	12,5
Рівненська	21,5	20,4	-1,1	5,1
Івано-Франківська	20,6	19,7	-0,9	4,4
Чернігівська	18,2	18,9	0,7	3,8
Закарпатська	15,1	15,6	0,5	3,3
Лісостеп				
Вінницька	25,0	21,2	-3,8	15,2
Київська	27,9	26,1	-1,8	6,5
Полтавська	25,1	24,0	-1,1	4,4
Сумська	25,0	26,9	1,9	7,6
Тернопільська	28,5	29,3	1,2	4,2
Харківська	20,2	22,5	2,3	11,4
Хмельницька	25,7	24,4	-1,3	5,1
Черкаська	27,2	26,5	-0,7	2,6
Чернівецька	16,1	19,0	2,9	18,0
Степ				
АР Крим	нема даних	-	-	-
Дніпропетровська	20,4	18,1	-2,3	11,3
Донецька	13,4	11,1	-2,3	17,2
Запорізька	17,7	15,8	-1,9	8,9
Кропивницька	27,1	28,6	1,5	5,5
Луганська	10,9	11,2	0,3	2,8
Миколаївська	23,2	21,2	-2,0	8,6
Одеська	18,8	19,2	0,4	2,1
Херсонська	16,1	16,9	0,8	5,0
По Україні	21,4	22,6	1,2	5,6

Таблиця 5.11 – Порівняння розрахункової та фактичної середньої обласної врожайності гороху в Україні, 2015 рік

Природно-кліматична зона, область	Урожайність, ц/га		Похибка	
	фактична	розрахункова	абсолютна, ц/га	відносна, %
Полісся				
Волинська	29,2	28,6	-0,6	2,1
Житомирська	19,9	18,0	-1,9	9,5
Львівська	19,0	16,0	-3,0	15,8
Рівненська	24,3	22,8	-1,5	6,2
Івано-Франківська	23,6	24,4	0,8	3,4
Чернігівська	19,0	17,1	-1,9	10,0
Закарпатська	17,0	17,8	0,8	4,7
Лісостеп				
Вінницька	18,2	18,6	0,4	2,2
Київська	26,2	27,8	1,6	6,1
Полтавська	25,0	23,9	-1,1	4,4
Сумська	25,2	28,0	2,8	11,1
Тернопільська	28,0	25,4	2,6	9,3
Харківська	19,3	16,6	-2,7	14,0
Хмельницька	18,7	15,9	-2,8	15,0
Черкаська	25,0	26,1	1,1	4,4
Чернівецька	11,0	12,5	1,5	13,6
Степ				
АР Крим	нема даних	-	-	-
Дніпропетровська	20,0	21,5	1,5	7,5
Донецька	13,8	11,2	-2,6	18,8
Запорізька	21,4	17,8	-3,6	16,8
Кропивницька	21,2	18,3	-2,9	13,7
Луганська	13,5	14,9	1,4	10,4
Миколаївська	17,8	15,2	-2,6	14,6
Одеська	15,8	18,5	2,7	17,0
Херсонська	27,4	28,1	0,7	2,6
По Україні	20,4	21,2	0,8	3,9

Як видно, відмінності між прогнозованими і фактичними значеннями середньої по області врожайності гороху не перевищує 19%, що дозволяє говорити про можливість використання запропонованої динамічної моделі врожайності гороху для прогнозування середньої обласної урожайності.

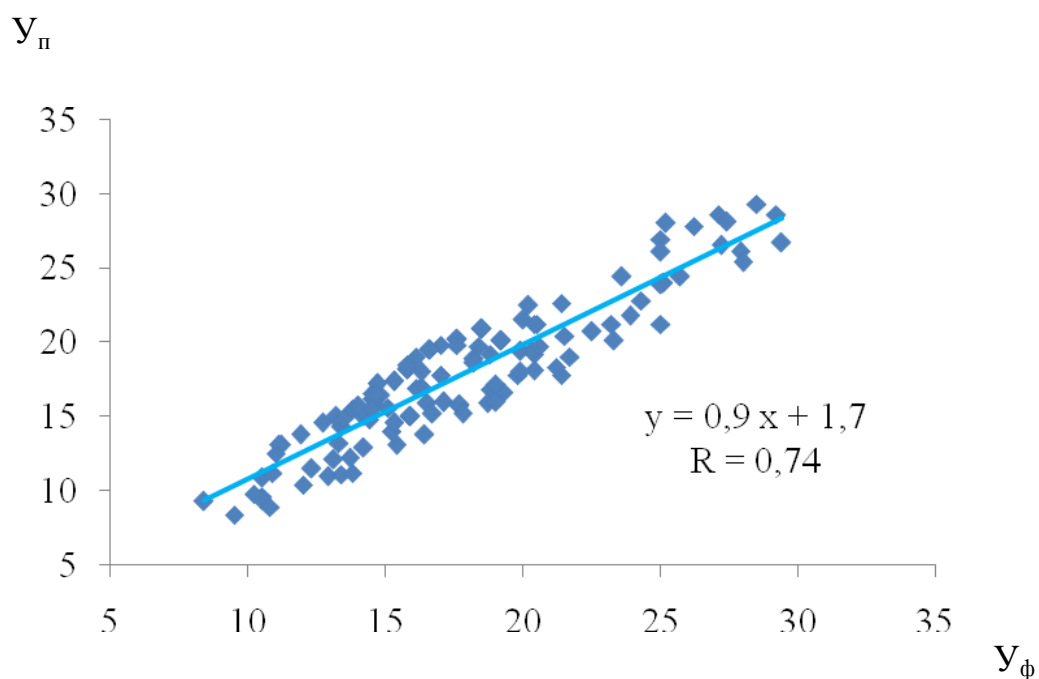


Рисунок 5.10 – Порівняння прогнозованих $Y_{\text{п}}$ і фактичних $Y_{\text{ф}}$ значень середньої обласної врожайності гороху за 2011-2015 роки.

Висновки до розділу 5

В цьому розділі розглянуто методи оцінки і прогнозу врожайності гороху. На теоретичній основі виконані всі подальші дослідження в галузі прогнозування врожайності.

Виконана перевірка гіпотези щодо правильності вибору вигляду тренда для всіх областей України стосовно природно-кліматичних зон.

Нами об'єктивно виділена тенденція середньообласної врожайності гороху і виявлені особливості в динаміці врожайності гороху в областях України за період 1985-2014 рр., які вказують на негативні тенденції у виробництві гороху.

Аналіз динаміки середньообласної врожайності гороху по Україні протягом 1985 - 2014 рр. вказує на різний її характер у різних природно-кліматичних зонах. Особливості в динаміці врожайності гороху в усіх зонах України, починаючи з 1985 року, можна пояснити впливом на сільськогосподарське виробництво часто повторюваних несприятливих погодних умов. Цей вплив сповільнив тенденцію врожайності гороху.

Виконана перевірка адекватності моделі. Відмінності між прогнозованими і фактичними значеннями середньої по області врожайності гороху не перевищувала 19%, що дозволяє твердити про можливість використання запропонованої динамічної моделі врожайності гороху для прогнозування середньої обласної врожайності.

6 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ

Зернобобові культури – одна з найважливіших груп сільськогосподарських рослин. Зерно цих культур використовують на харчові, кормові і технічні цілі. Урожайність їх залежить від технології вирощування, клімату, сортів та багатьох інших факторів.

Горох – найбільш поширена зернобобова культура, що пояснюється його високою середньою урожайністю та цінними продовольчими й кормовими якостями. Зерно гороху містить від 16 до 36% білка, до 54% вуглеводів, 1,6% жиру, понад 3% зольних речовин.

Сучасний рівень валового виробництва зерна зернобобових культур в Україні не задовольняє потреб народного господарства. Розрахунки показують, що вони можуть бути задоволені при доведенні валових зборів зерна їх в Україні не менш як до 10 - 12 млн. т. Основний напрям успішного вирішення цієї проблеми – подальше підвищення середньої врожайності зернобобових культур в усіх районах їх вирощування.

Зважаючи на важливість цієї культури, розглянемо як будуть змінюватись умови розвитку гороху під впливом змін клімату [20, 121].

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період з 2015 по 2050 рр. нами розглядалися такі варіанти:

- базовий період (1986 – 2005 рр.)
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм *RCP 4.5* за період 2015 – 2050 рр.;
- кліматичні умови періоду 2015 – 2050рр.за сценарієм *RCP 4.5* (кліматична норма + CO₂);

Виконана робота є продовженням досліджень з оцінки впливу кліматичних змін на галузі економіки України, результати яких узагальнені в роботі [102]. Для дослідження використовувався сценарій можливих змін клімату *RCP 4.5* на період до 2050 року.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур:

- модель формування продуктивності агроєкосистеми;
- модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO_2 в атмосфері.

Розрахунки виконувались для природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостеп, Північний Степ, Південний Степ [55].

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності сільськогосподарських культур розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів гороху в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів розглядалась нами у розрізі основних агрокліматичних зон за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій зміни клімату в Україні *RCP 4.5*.

Розглянемо як під впливом змін клімату будуть змінюватись дати настання фаз розвитку гороху, показники розвитку його по міжфазних періодах, показники фотосинтетичної продуктивності та урожай.

Як видно із табл. 6.1 середні багаторічні терміни сівби гороху спостерігались з 30 березня в Південному Степу України, зміщувались на більш пізні терміни в Лісостеповій зоні, а саме до 8 квітня і ще пізніше в Поліссі – до 15 квітня.

Таблиця 6.1 – Фази розвитку гороху за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*

Період	Посів	Сходи	Цвітіння	Достигання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Полісся					
1986-2005	15.04	30.04	15.06	12.07	89
<i>RCP 4.5</i>	10.04	6.05	18.06	24.07	104
Різниця	-5	+7	+3	+12	+15
Лісостеп					
1986-2005	8.04	25.04	12.06	12.07	95
<i>RCP 4.5</i>	2.04	3.05	15.06	22.07	111
Різниця	-6	+8	+3	+12	+16
Північний Степ					
1986-2005	7.04	21.04	7.06	06.7	90
<i>RCP 4.5</i>	1.04	27.04	12.06	16.07	97
Різниця	-6	+6	+5	+10	+7
Південний Степ					
1986-2005	30.03	18.04	4.06	30.06	91
<i>RCP 4.5</i>	1.04	21.04	10.06	12.07	96
Різниця	-2	+3	+6	+12	+5

За умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5*, терміни сівби гороху змістяться на більш ранні строки в порівнянні з середніми багаторічними в усіх зонах України. Відчутніші відхилення спостерігатимуться у Поліссі (5 днів), в Лісостепу та Північному Степу (6 днів), менші в Південному Степу (2 дні).

Відповідно змістяться і строки появи сходів. Сходи гороху за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалися в Поліссі 30 квітня, Лісостепу 25 квітня, Північному Степу – 21 квітня, та в Південному Степу 18 квітня. За сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* відхилення термінів сходів наставатимуть пізніше середніх багаторічних термінів на 7 днів у Поліссі, на 8 днів - в Лісостепу, і пізніше середніх багаторічних на 3 – 6 днів в степовій зоні.

Наступні за сходами фази розвитку гороху цвітіння та досягання за сценарієм *RCP 4.5* в усіх природно - кліматичних зонах наставатимуть пізніше, ніж в базовий період: на 3 дні в Поліссі і Лісостепу, на 5 - 6 днів в Північному та Південному Степу. Внаслідок зміни термінів настання фаз розвитку гороху зміниться і тривалість його вегетаційного періоду. Вона зросте від 89 днів (середня багаторічна) до 104 днів в Поліссі, від 95 днів (середня багаторічна) до 111 днів в Лісостепу, від 90 днів (середня багаторічна) до 97 днів в степовій зоні.

Під впливом змін клімату зміняться агрокліматичні умови вирощування гороху (табл. 6.2)

В період від сходів до цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями коливалась від 12,9°C в Південному Степу до 14,6°C в Північному Степу, в Поліссі 14,9°C, в Лісостепу 14,4 °C.

За сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* від сходів до цвітіння середня температура коливатиметься від 11,1 °C в Лісостепу до 13,3 °C в Поліссі та від 13,6°C в Північному Степу до 14,4°C в Південному Степу. Розрахунки за сценарієм показують, що в цей період очікується середня температура нижче базової на -1,6°C в Поліссі, на – 3,3 °C в Лісостепу та на -1,0 °C в Північному Степу. В Південному Степу вона буде вищою середніх багаторічних значень на 1,5 °C.

Таблиця 6.2 – Агрокліматичні умови вирощування гороху за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*

Періоди розрахунку	сходи – цвітіння					цвітіння – досягання					Вегетаційний період	
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровування, мм	вологозабезпеченність, відн.од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	Випаровування, мм	вологозабезпеченність, відн. од	сума опадів, мм	вологозабезпеченність, відн.од
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Полісся												
1986 – 2005	14,9	95	124	132	1,06	18,2	117	107	112	1,05	211	1,06
<i>RCP 4.5</i>	13,3	115	112	121	1,08	17,8	106	94	109	1,16	222	1,12
Різниця	-1,6	+17%	-10%	-8 %	+2 %	-0,4	-9 %	-12 %	-3 %	+11 %	+5 %	+6 %
Лісостеп												
1986 – 2005	14,4	100	147	159	1,08	18,9	93	110	113	0,97	190	1,03
<i>RCP 4.5</i>	11,1	119	121	123	1,4	18,1	96	102	109	1,4	216	1,4
Різниця	-3,3	+19%	-18%	-23	+31	-0,8	+3 %	-7 %	-4 %	+44 %	+14 %	+36 %

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Північний Степ												
1986 – 2005	14,6	44	120	167	0,8	20,0	64	99	143	0,6	108	0,7
<i>RCP 4.5</i>	13,6	77	94	121	1,14	19,7	60	59	145	0,7	138	0,9
Різниця	-1,0	+75%	-22 %	-28 %	+43%	-0,3	-6 %	-40 %	+1 %	+17%	+28 %	+29 %
Південний Степ												
1986 – 2005	12,9	46	121	180	0,7	19,4	74	70	151	0,5	120	0,6
<i>RCP 4.5</i>	14,4	66	80	155	0,8	21,0	40	30	141	0,6	104	0,7
Різниця	+1,5	+43%	-34%	-14 %	+14 %	-8 %	-46%	-57%	-7 %	+20%	-13 %	+17 %

Сума опадів в період від сходів до цвітіння за середніми багаторічними даними коливалася від 44 мм в Північному Степу до 100 мм в Лісостепу.

Кількість опадів від сходів до цвітіння за сценарієм *RCP 4.5* збільшиться в Поліссі та Лісостепу на 17-19 %, а в Південному Степу – на 12 %. Особливо різке збільшення опадів спостерігатиметься в Північному Степу (на 75%) та Південному Степу (на 43%).

Сумарне випаровування за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* зменшиться в Поліссі на 10%, в Лісостепу на 18%, в Північному Степу на 22%, а в Південному Степу на 34%.

Як показують розрахунки за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* в період від сходів до цвітіння випаровуваність в Поліссі, Лісостепу та Північному Степу в порівнянні з базовим зменшиться від 8% до 28%.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів гороху від сівби до цвітіння коливалась від 0,7 відн. од в Північному Південному Степу до 1,08 відн. од. в Лісостепу. За умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5* вологозабезпеченість посівів гороху збільшиться в Поліссі на 2 %, в Лісостепу на 31 %, в Північному Степу на 43 % та Південному Степу на 14 %.

Середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями в період від цвітіння до досягання коливалась від 18,2 °С в Поліссі до 20,0 °С в Північному Степу.

В період з 2011 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* від цвітіння до досягання середня температура складатиме 21,0 °С в Південному Степу, що вище середньої температури базового періоду на 0,6°С. В Поліссі, Лісостепу та Північному Степу середня температура повітря коливатиметься в межах 17,8-19,7 °С, що буде нижче рівня середньої багаторічної на 0,3-0,8 °С.

В період від цвітіння до досягання сума опадів коливалась в середньому багаторічному від 64 мм в Північному Степу до 117 мм в Поліссі. За сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* сума опадів зросте на 3 % в Лісостепу, а в Поліссі, Північному Степу та Південному Степу зменшиться на 9 %, 6 % та 46 % відповідно.

Сумарне випарування в період від цвітіння до досягання за середніми багаторічними значеннями коливалось від 70 мм в Південному Степу до 110 мм в Лісостепу.

В період цвітіння-досягання за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* сумарне випарування зменшиться в Поліссі на 12 %, в Лісостепу на 7 % та 45 %. В Північному та Південному Степу сумарне випарування зменшиться на 40 % та 57 % відповідно.

Від цвітіння до досягання випаровуваність за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5* збільшиться в Північному Степу на 1 %. Випаровуваність зменшиться в Поліссі на 3 %, в Лісостепу на 4% та Південному Степу на 7 %.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів гороху від цвітіння до досягання коливалась від 0,5 відн.од в Південному Степу до 1,05 відн. од. в Поліссі. За умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5* за період 2015 – 2050 рр. вологозабезпеченість зросте в Поліссі та Лісостепу від 1,16 відн.од. до 1,4 відн.од., в Північному Степу до 0,7 відн. од., в Південному Степу вологозабезпеченість збільшиться до 0,6 відн. од., що на 20 % більше від середньо багаторічного значення.

Кількість опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5* за вегетаційний період збільшиться в Поліссі на 5 %, в Лісостепу на 14 %, в Північному Степу на 28 %, а в Південному Степу зменшиться на 13 %.

Вологозабезпеченість за умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5* збільшиться в усіх зонах (табл. 6.2).

Зміни агрокліматичних умов спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів гороху, що обумовить рівень його урожайності. Такими показниками будуть розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси зерна, коефіцієнт господарської ефективності, який показує долю урожаю господарсько-цінної частини врожаю в загальному врожаї біомаси посівів (табл.6.3).

Розглянемо розподіл цих показників у природно-кліматичних зонах України при зміні кліматичних умов за сценарієм *RCP 4.5* в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності гороху, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 6.3).

Динаміка окремих показників фотосинтетичної діяльності наводиться на рис. 6.1 – 6.16.

Як видно з табл. 6.3 та рис. 6.1 – 6.4 *площа листя* в період максимального розвитку в середньому за базовий період коливалась від $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в Поліссі до $2,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в Лісостепу. Розрахунки за сценаріями *RCP 4.5* по варіанту «клімат» показують, що збільшення площі листя відбудеться за сценарієм *RCP 4.5* на 9 % у Поліссі та Лісостепу, на 15 % у Північному Степу, зниження на 25 % відбудеться у Південному Степу.

Розрахунки за варіантом «клімат + збільшення CO_2 » вказують на збільшення площі листя в порівнянні із її середнім багаторічним значенням і в порівнянні з варіантом «клімат», а саме: у Поліссі на 13 %, у Північному Степу на 15 %, у Лісостепу на 9 %, у Південному Степу на 25 %.

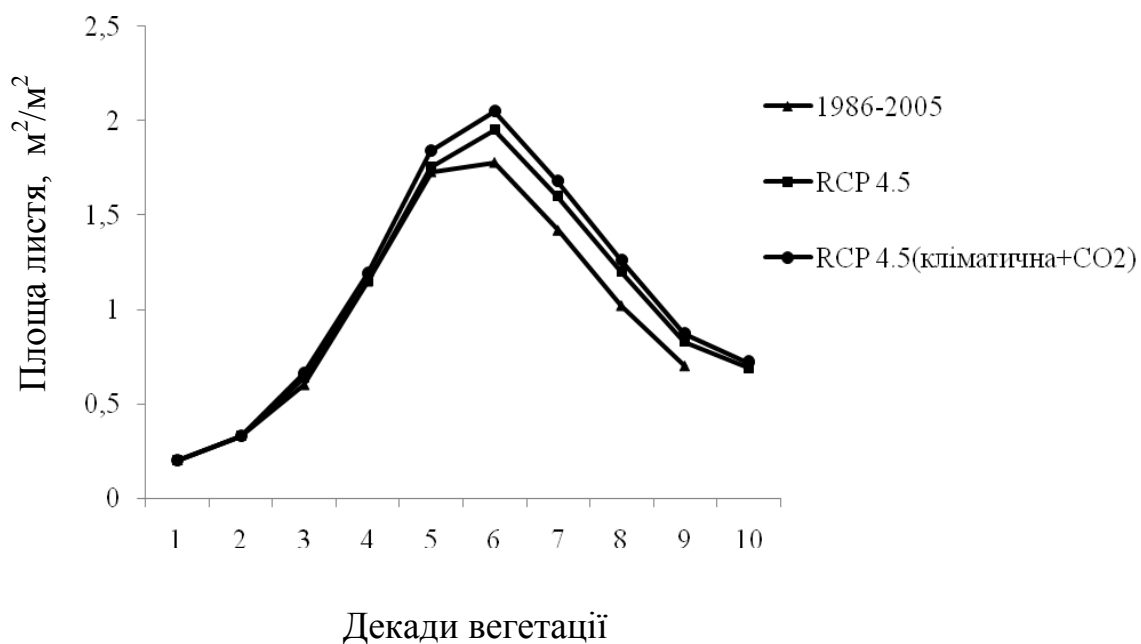


Рисунок 6.1 – Динаміка площі листя гороху в Поліссі за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

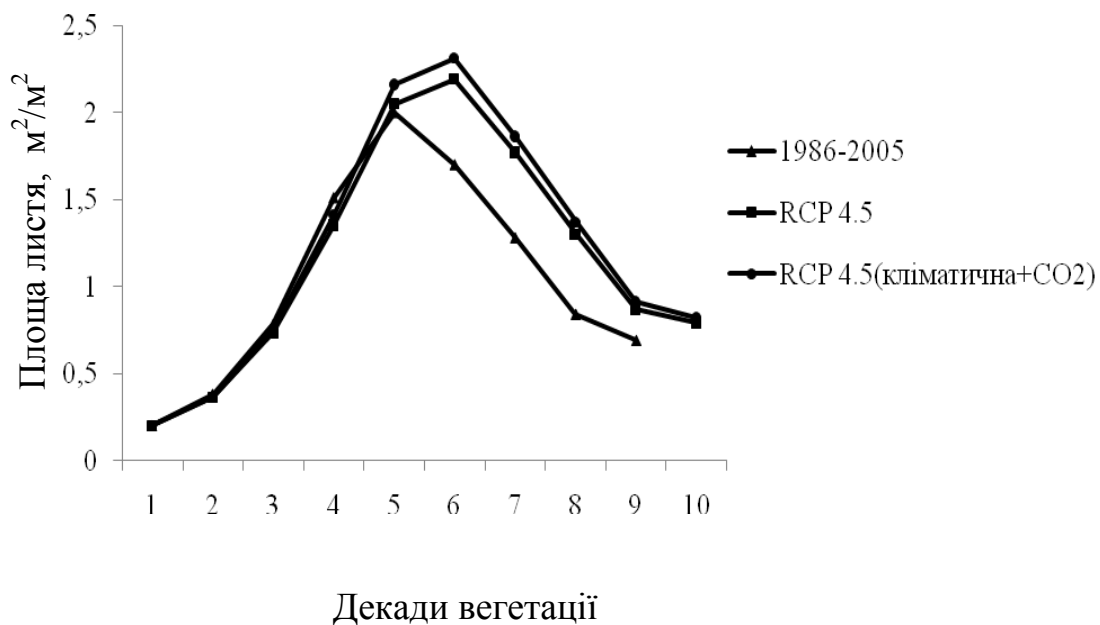


Рисунок 6.2 – Динаміка площі листя гороху в Лісостепу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Таблиця 6.3 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності гороху за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*

Період	Варіант	Площа листя в період максимального розвитку, м ² /м ²	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м ² дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м ² дек	Суша біома-са г/м ²	Фотосинте-тичний потенціал, м ² /м ²
1	2	3	4	5	6	7
Полісся						
1986-2005	Базовий	1,78	67	107	383	88
<i>RCP 4.5</i>	Клімат	1,95	71	131	426	100
	Клімат + збільшення CO ₂	2,05	72	141	455	107
Лісостеп						
1986-2005	Базовий	2,0	76	135	451	91
<i>RCP 4.5</i>	Клімат	2,2	69	145	510	109
	Клімат + збільшення CO ₂	2,3	71	155	544	121
Північний Степ						
1986-2005	Базовий	1,96	86	143	423	85
<i>RCP 4.5</i>	Клімат	2,3	75	158	503	108
	Клімат + збільшення CO ₂	2,4	76	169	537	113

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4	5	6	7
Південний Степ						
1986-2005	Базовий	1,95	78	125	384	79
<i>RCP 4.5</i>	Клімат	1,6	73	92	298	75
	Клімат + збільшення CO ₂	1,64	75	98	317	77

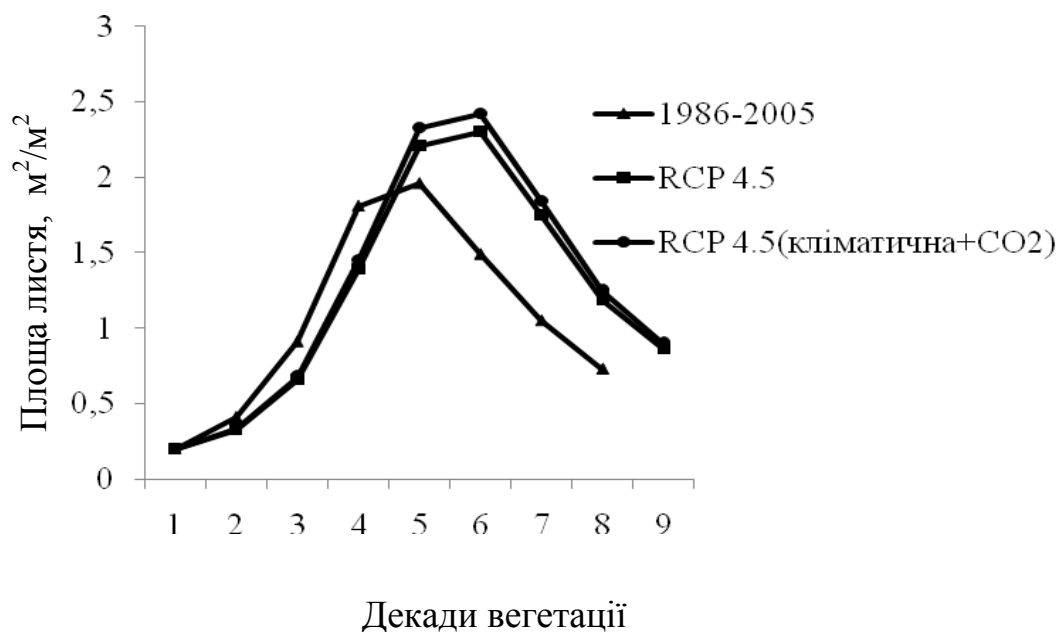


Рисунок 6.3 – Динаміка площі листя гороху в Північному Степу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

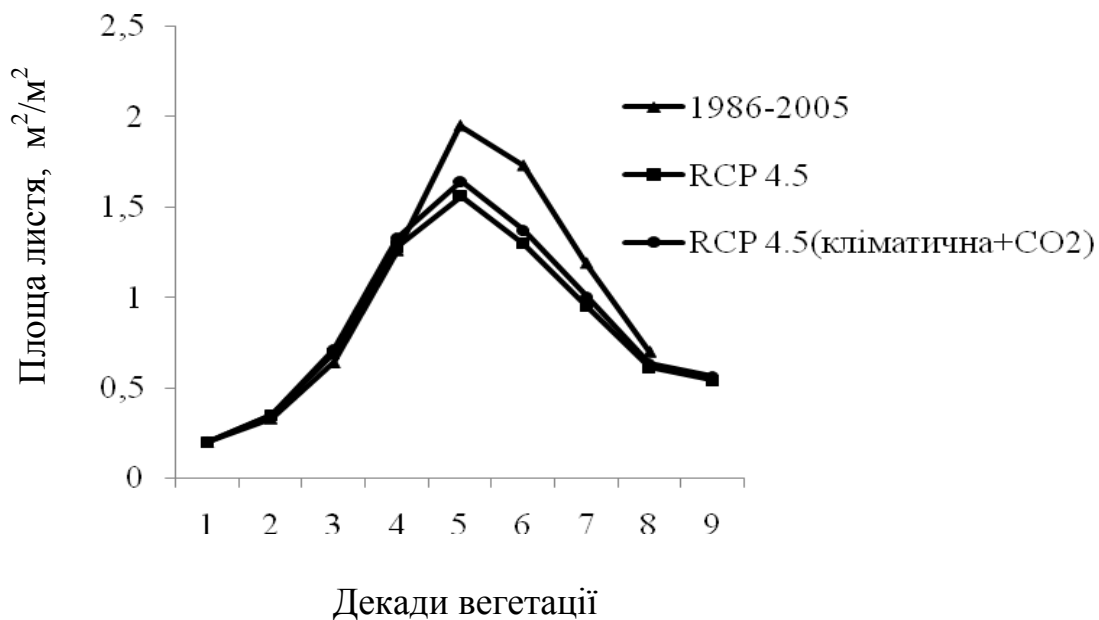


Рисунок 6.4 – Динаміка площі листя гороху в Південному Степу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

в Лісостепу – на 13 %, в Північному Степу – на 19 %, в Південному Степу спостерігається зниження на 19 %.

За умови реалізації сценарію зміни клімату *RCP 4.5* буде очікуватись більш інтенсивне формування площі асимілюючої поверхні в порівнянні з середніми багаторічними даними.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності посівів гороху є *суха біомаса рослин*. Середні багаторічні величини сухої маси і розрахунки її величин за варіантами наводяться в табл. 6.3, а її динаміка впродовж вегетаційного періоду на рис. 6.5 – 6.8.

В базовий період середні багаторічні значення сухої маси змінювались від 384 г/м² в Південному Степу, поступово збільшувались на захід і досягли в Лісостепу 451 г/м².

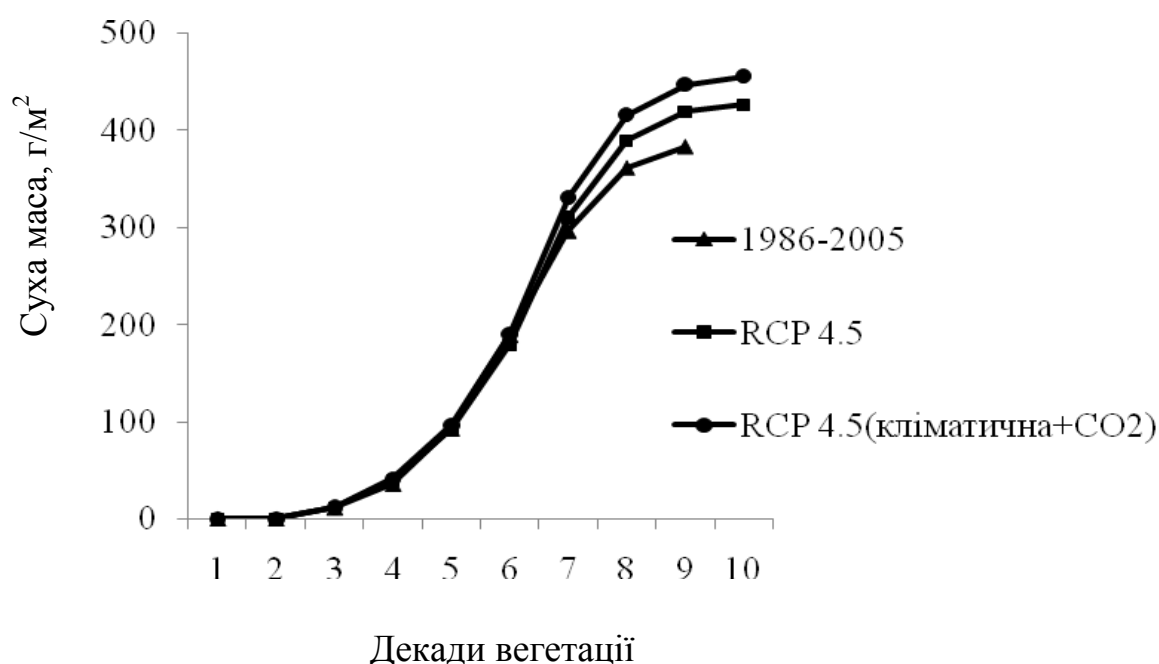


Рисунок 6.5 – Суха маса гороху в Поліссі за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Розрахунки сухої маси за сценарієм *RCP 4.5* показують, що як і площа листя, суха маса збільшується в усіх варіантах в усіх зонах (лише в Південному Степу суха маса знижується), але темпи збільшення в різних зонах різні.

Так, в разі реалізації сценарію *RCP 4.5* у варіанті «клімат» збільшення буде в Поліссі на 10%, в Лісостепу – 12%, в Північному Степу – 16 %, а в Південному Степу спостерігається зниження до 29%.

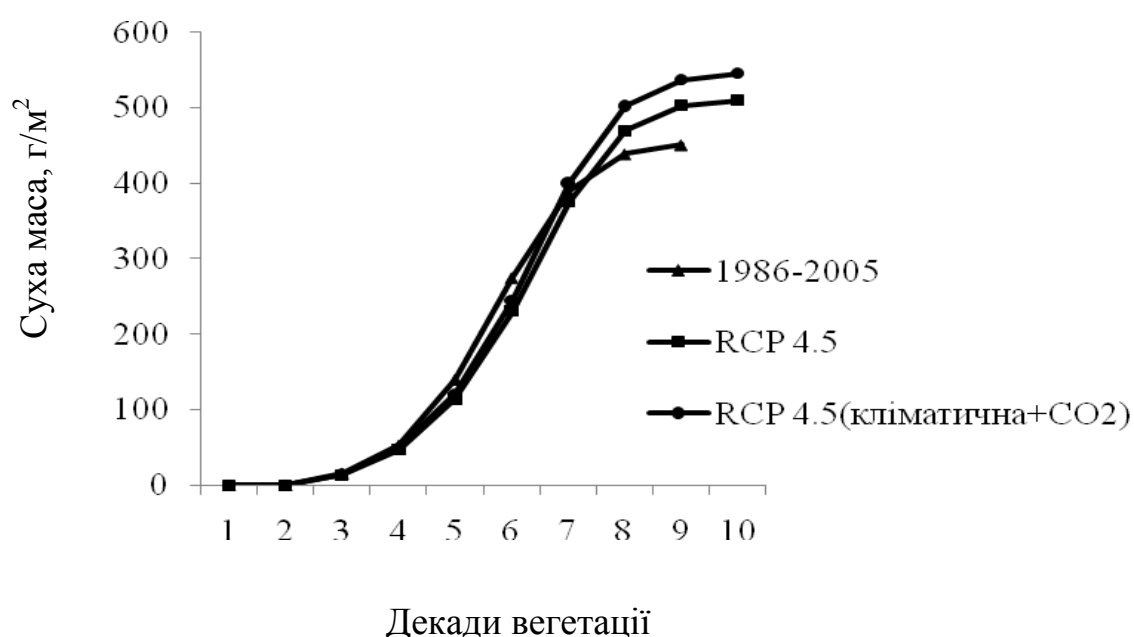


Рисунок 6.6 – Суха маса гороху в Лісостепу за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

У розрахунках за цим же сценарієм у варіанті «клімат + збільшення CO_2 » збільшення сухої маси буде вище в порівнянні як із середньою багаторічною, так і в порівнянні зі значеннями варіанту «клімат» і становитиме відповідно 455, 544, 537 г/м², що більше середніх багаторічних значень сухої маси на 16, 17, 21 % відповідно.

У Південному Степу суха маса становить 317 г/м^2 , що нижче середньо багаторічних значень на 21 % (рис. 6.8).

У відповідності із змінами площі листя, сухої маси рослин буде змінюватись і значення *фотосинтетичного потенціалу* (ФП) (табл. 6.3, рис. 6.9 – 6.12).

Як видно із табл. 6.3 та рис. 6.9 – 6.12 за базовий період значення фотосинтетичного потенціалу були найменшими в Південному Степу і становили $79 \text{ м}^2/\text{м}^2$, найбільшими – в Лісостепу – $91 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Відповідно 88 та $85 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в Поліссі та Північному Степу.

Розрахунки за сценарієм і про всіх варіантах показали, що в період з 2015 по 2050 рр. відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність збільшення різна за різними сценаріями і за варіантами.

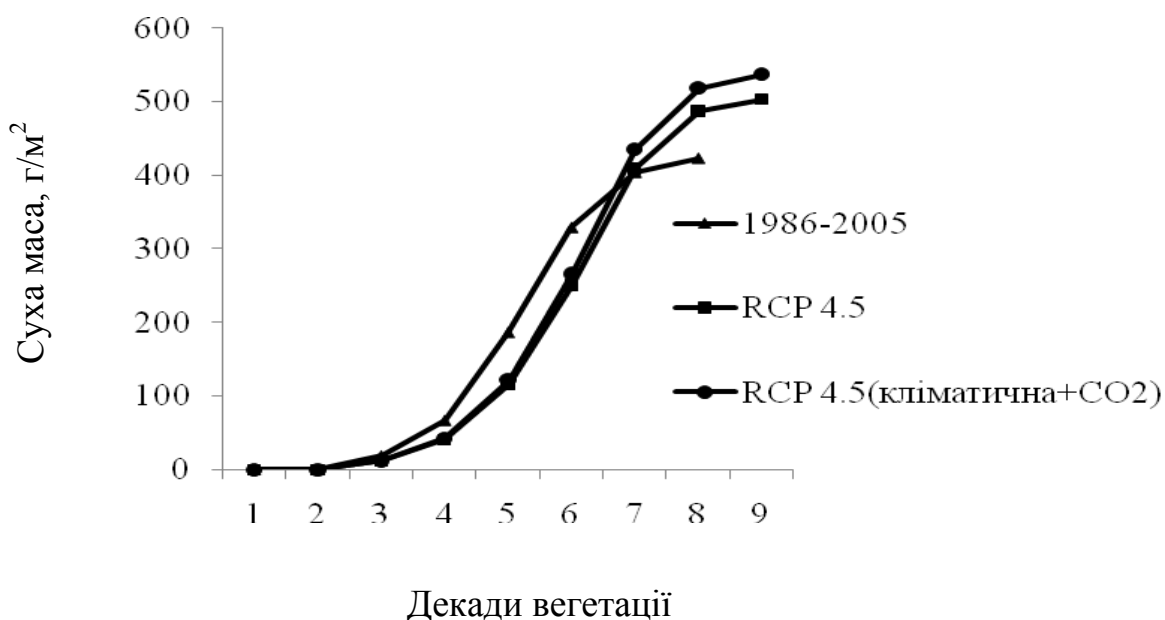


Рисунок 6.7 – Суха маса гороху в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5.

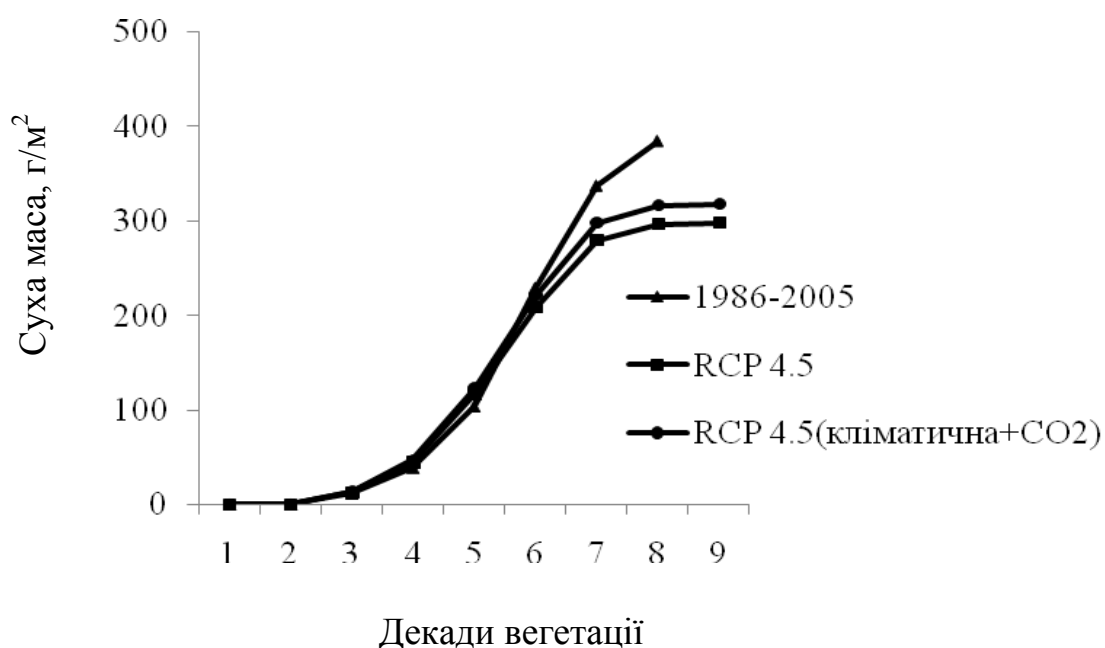


Рисунок 6.8 – Суха маса гороху в Південному Степу за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу, розрахованого за сценарієм *RCP 4.5* до п'ятої декади вегетації співпадає із середніми багаторічними за базовий період в усіх природно – кліматичних зонах.

Розглянемо як зміниться фотосинтетичний потенціал до кінця вегетації гороху по агрокліматичних зонах.

За сценарієм *RCP 4.5* у варіантах «клімат» та «клімат + збільшення CO_2 » у Поліссі фотосинтетичний потенціал зростає на 12 – 18 % у порівнянні із середніми багаторічними значеннями (рис. 6.9).

В Лісостепу фотосинтетичний потенціал за сценарієм *RCP 4.5* буде зростати на 17 % у варіанті «клімат» та на 25 % у варіанті «клімат + збільшення CO_2 » і становитиме 109 та 121 $м^2/м^2$ відповідно (рис. 6.10).

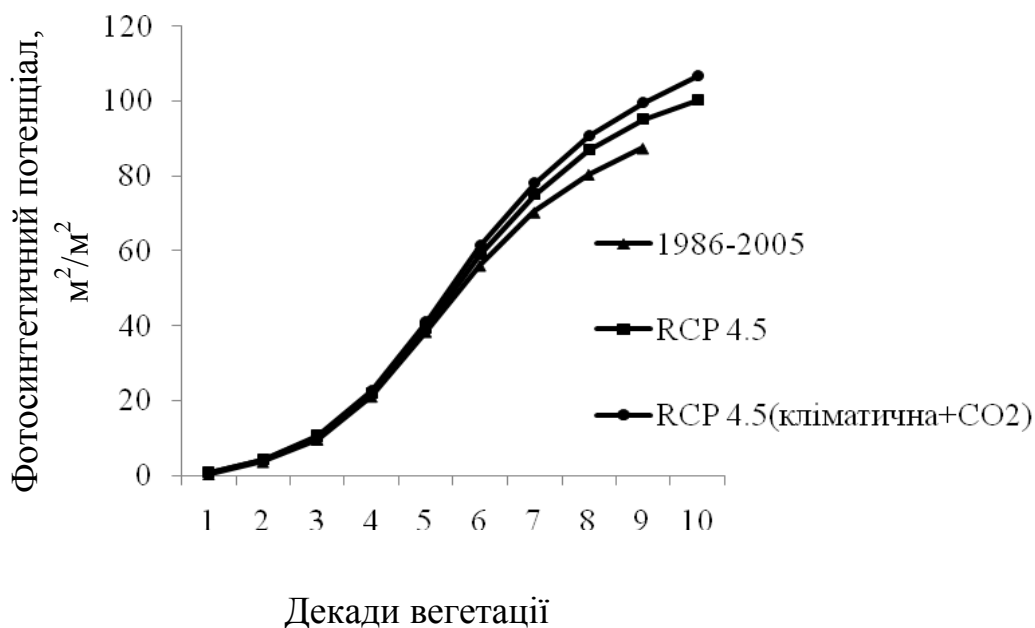


Рисунок 6.9 – Фотосинтетичний потенціал гороху в Поліссі за середньобогаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

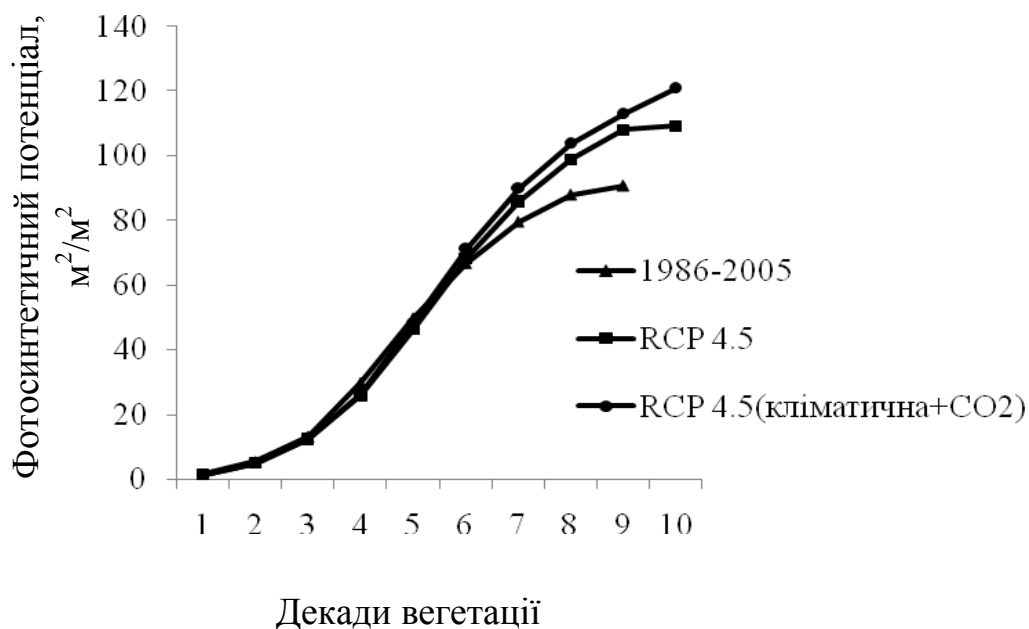


Рисунок 6.10 – Фотосинтетичний потенціал гороху в Лісостепу за середньобогаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Значення фотосинтетичного потенціалу в Північному Степу за сценарієм *RCP 4.5* будуть зростати і становитимуть у варіанті «клімат» $108 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (21 %), у варіанті «клімат + збільшення CO_2 » $113 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (25 %) (рис. 6.11).

В Південному Степу середні багаторічні значення фотосинтетичного потенціалу найнижчі - $79 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Значення фотосинтетичного потенціалу за сценарієм *RCP 4.5* за обома варіантами будуть нижче середніх багаторічних (рис. 6.12). Так, у варіанті «клімат» він становитиме $75 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а за варіантом «клімат + збільшення CO_2 » $77 \text{ м}^2/\text{м}^2$, що на 5 та 3 % нижче середнього багаторічного, відповідно.

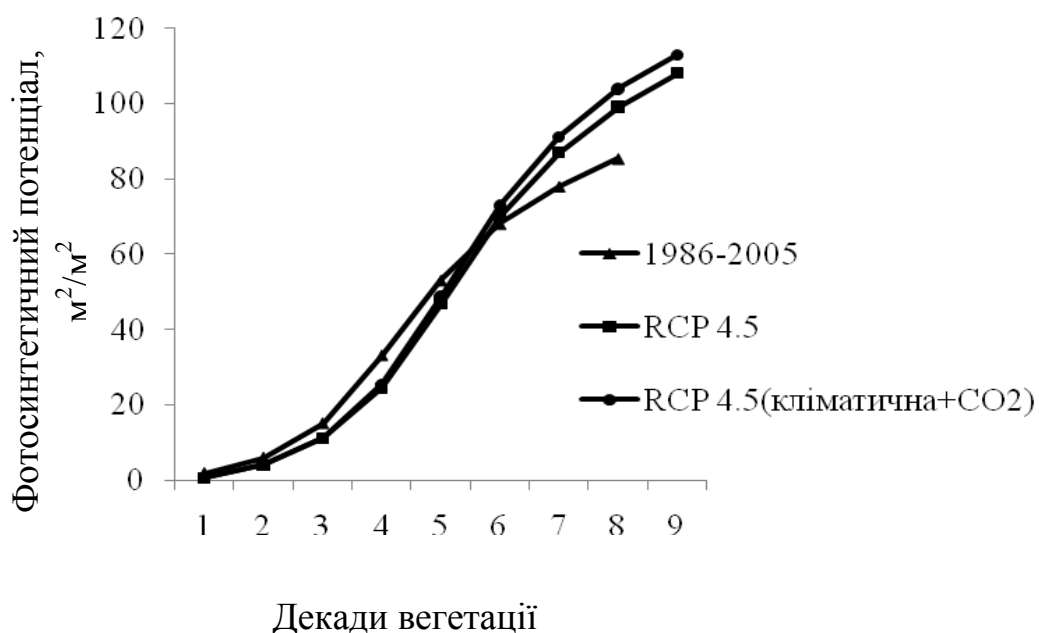


Рисунок 6.11 – Фотосинтетичний потенціал гороху в Північному Степу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності рослин є *чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ)*. Найвищі значення чистої

продуктивності фотосинтезу за середніми багаторічними даними спостерігались в Північному Степу і становили 85 г/м^2 . В Лісостепу вона становила 76 г/м^2 , в Південному Степу – 78 г/м^2 і у Поліссі – 67 г/м^2 (рис. 6.13 – 6.16).

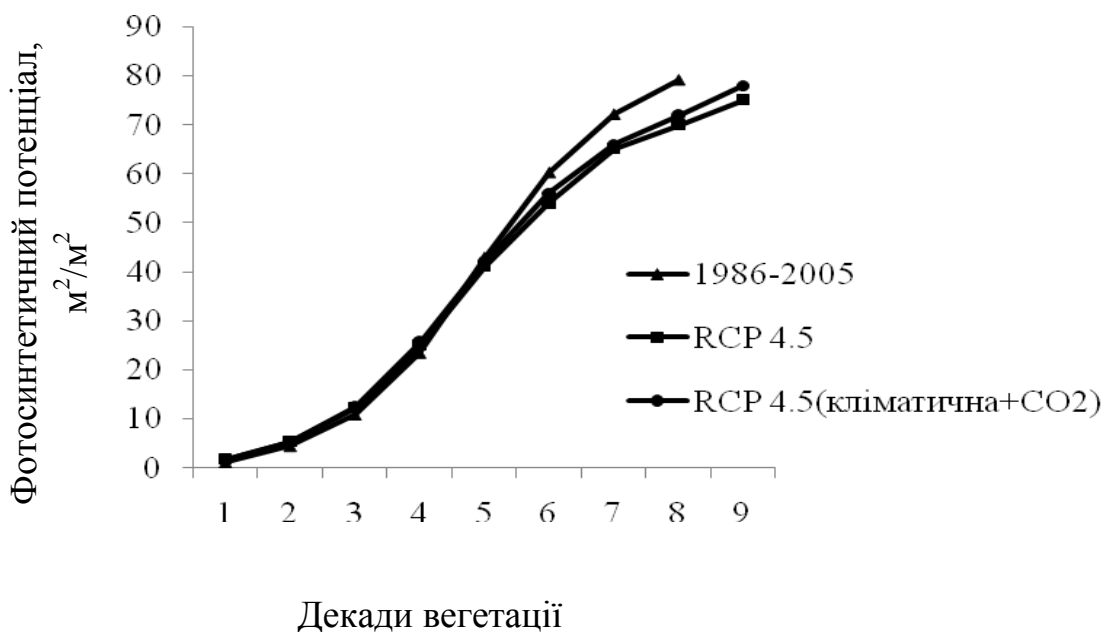


Рисунок 6.12 – Фотосинтетичний потенціал гороху в Південному Степу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

В разі реалізації сценарію *RCP 4.5* чиста продуктивність фотосинтезу у варіантах «клімат» та «клімат + збільшення CO_2 » збільшиться на $6 - 8 \text{ г/м}^2$ в Поліссі (рис. 6.13). В Лісостепу (рис. 6.14) у варіанті «клімат» вона зменшиться на 7 г/м^2 (10%), у варіанті «клімат + збільшення CO_2 » на 5 г/м^2 (17 %).

В Північному Степу теж відбудеться зниження чистої продуктивності фотосинтезу за сценарієм *RCP 4.5* в обох варіантах.

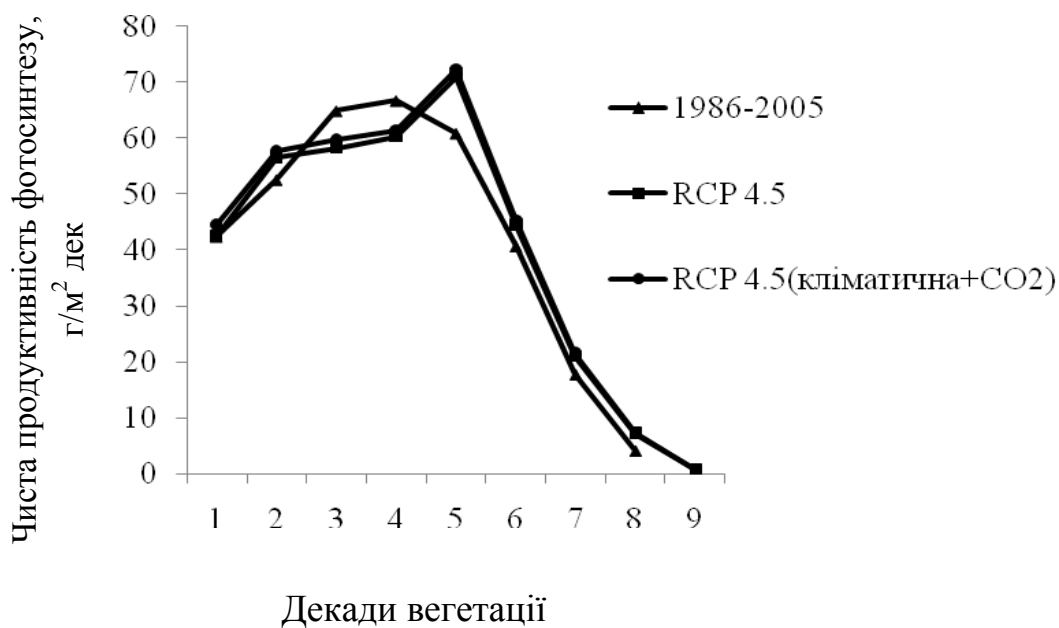


Рисунок 6.13 – Чиста продуктивність фотосинтезу гороху в Поліссі за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

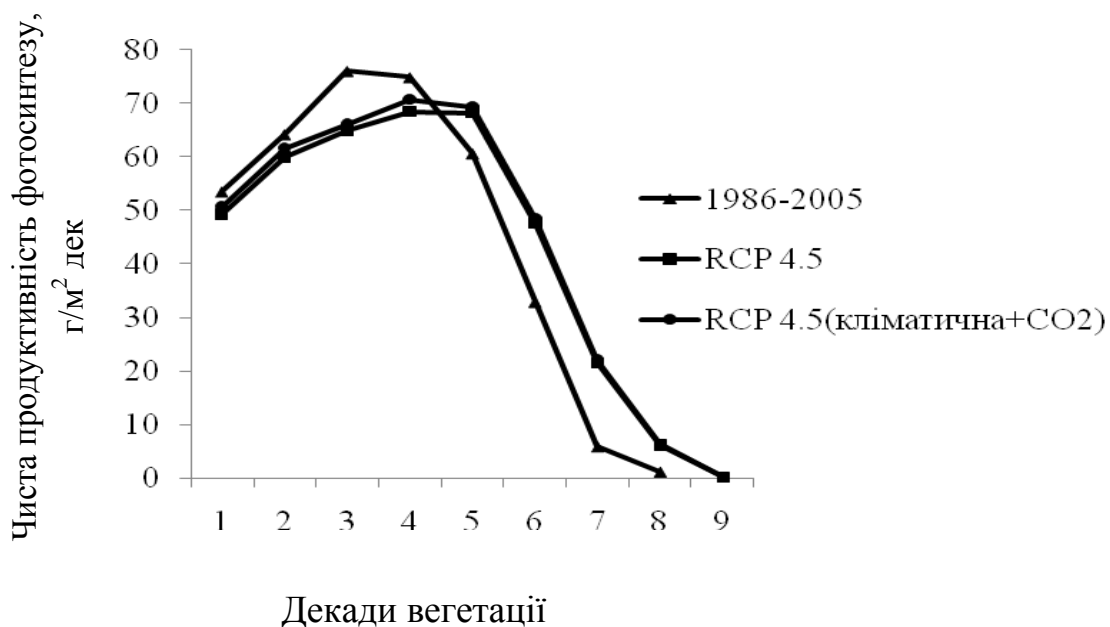


Рисунок 6.14 – Чиста продуктивність фотосинтезу гороху в Лісостепу за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

За сценарієм *RCP 4.5* чиста продуктивність становитиме 75 та 76 г/м² відповідно, тобто на 11 та 10 г/м² нижче середнього багаторічного (рис. 6.15).

В Південному Степу чиста продуктивність фотосинтезу за сценарієм *RCP 4.5* знизиться в обох варіантах до 75 та 77 г/м², що нижче середньої багаторічної всього на 3-5 г/м² (рис. 6.16).

Збільшення до 2050 р. усіх показників фотосинтетичної продуктивності посівів гороху в Поліссі, Лісостепу та Північному Степу спричинить підвищення його врожаїв.

Як видно із табл. 6.3 в базовий період найменші врожаї відзначались в Південному Степу і становили 19 ц/га. У Північному Степу вони становили 22 ц/га, в Поліссі – 20 ц/га, в Лісостепу – 24 ц/га.

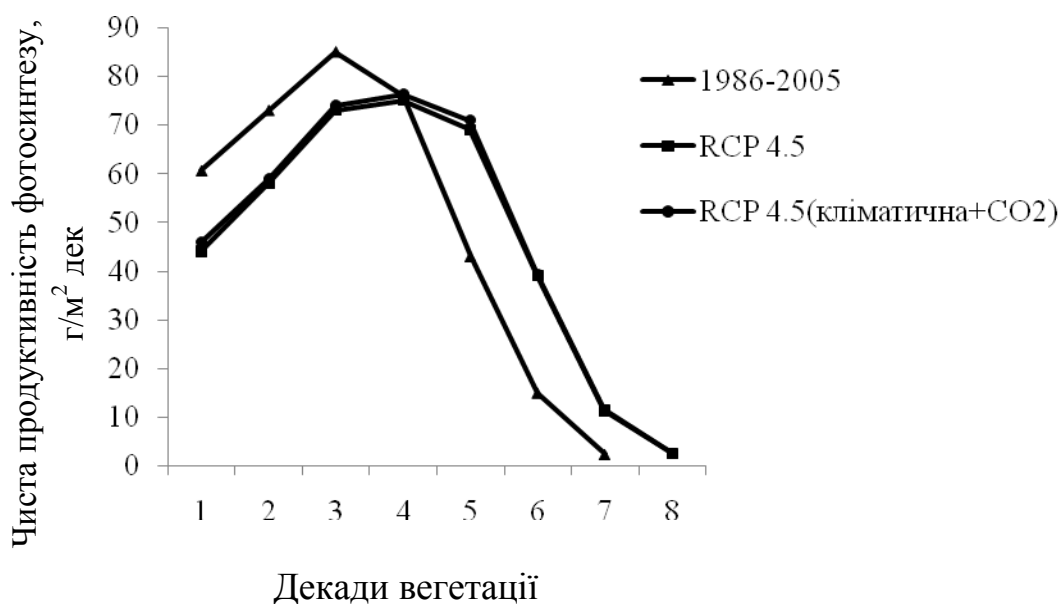


Рисунок 6.15 – Чиста продуктивність фотосинтезу гороху в Північному Степу за середньобогаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

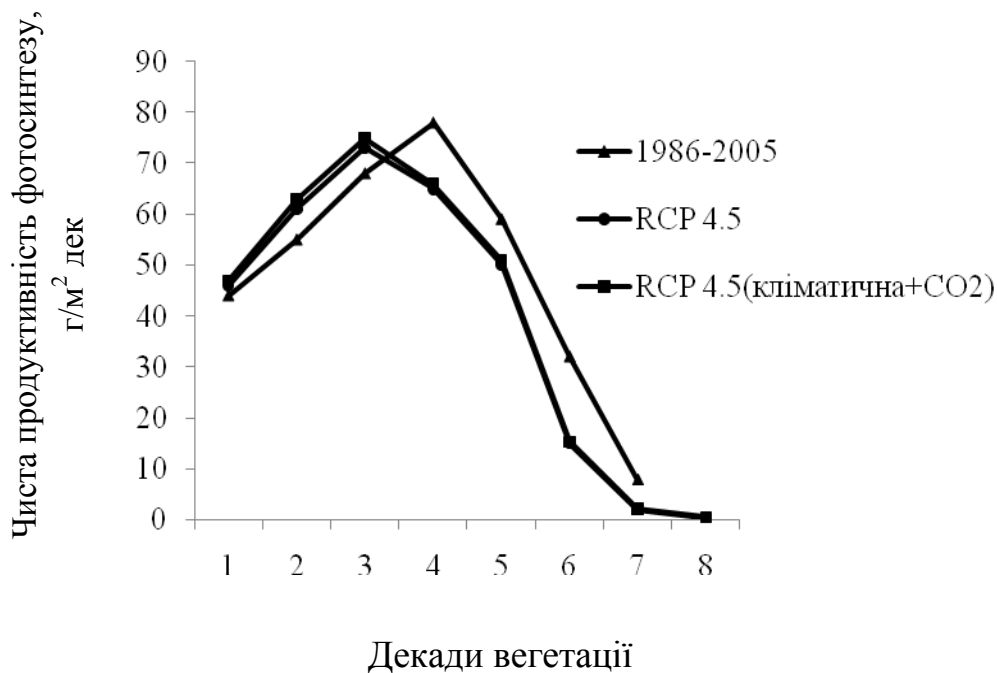


Рисунок 6.16 – Чиста продуктивність фотосинтезу гороху в Південному Степу за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату *RCP 4.5*.

Так, у Поліссі очікується підвищення врожаю за сценарієм *RCP 4.5* на 13-17 % і становитиме він 23 – 24 ц/га.

В Лісостепу за сценарієм *RCP 4.5* в обох варіантах очікуються найбільші прирости врожаю – до 27 та 29 ц/га, що вище середнього багаторічного на 11 – 17 % відповідно.

В Північному Степу очікуються такі прирости врожаїв: до 15 – 21% більше середнього багаторічного за сценарієм *RCP 4.5* і становитимуть 26 – 28 ц/га.

В Південному Степу за сценарієм *RCP 4.5* урожаї знизяться в обох варіантах відповідно на 19 та 27 % і становитимуть 15 – 16 ц/га.

В цілому можна сказати, що за сценарієм в усіх зонах очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності гороху по території України. Оцінка коливань його

урожайності показала, що при зміні клімату за сценарієм *RCP 4.5* складуться сприятливі умови для вирощування гороху.

Висновки до розділу 6

В даному розділі була виконана оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху. Для дослідження було використано сценарій можливих змін клімату *RCP 4.5* на період до 2050 року. Розрахунки проведені для природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостеп, Північний Степ, Південний Степ. Вплив зміни клімату розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів гороху в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Після проведених розрахунків можна сказати, що за сценарієм *RCP 4.5* в усіх зонах очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності гороху. Оцінка коливань урожайності гороху показала, що при зміні клімату за сценарієм *RCP 4.5* найбільш сприятливі умови для вирощування гороху складуться в Лісостепу України (очікуються найбільші прирости врожаю – до 27 та 29 ц/га, що на 11 – 17% вище середньобагаторичних).

ВИСНОВКИ

В дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, пов'язаного з дослідженням впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху. Це дозволило вирішити ряд завдань наукового і практичного характеру, а саме:

1. На основі польових експериментів встановлені закономірності формування площі листкової поверхні, інтенсивності фотосинтезу рослин, динаміки біомаси органів рослин гороху. Максимальна чиста продуктивність фотосинтезу $7,8 \text{ г}/(\text{м}^2 \text{ д})$ спостерігається в 2008 році при максимальній площі листкової поверхні $2,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

2. Модифікована базова модель формування врожаю сільськогосподарських рослин проф.А.М.Польового. Введено новий блок, який відображає вплив несприятливих умов (екстремально високих і низьких температур) на розвиток бобів, а також комплекс оцінок умов міжфазних періодів.

3. Адаптована щодо біологічних особливостей і умов вирощування культури гороху базова модель формування врожаю сільськогосподарських рослин проф.А.М.Польового. Визначено параметри моделі для основних природно-кліматичних зон України (Полісся, Лісостепу, Північного та Південного Степу).

4. На основі експериментальних даних і даних масових спостережень мережі гідрометеорологічних станцій України виконана ідентифікація параметрів моделі формування врожайності гороху щодо основних природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостепу, Північного і Південного Степу. Виконано перевірку адекватності

моделі, яка показала задовільні результати (відносна похибка розрахунку коливається в межах 12-16 %).

5. Визначені основні показники фотосинтетичної діяльності посівів і врожаю культури гороху в агрометеорологічних умовах при різних строках сівби стосовно природно-кліматичних зон України. В Поліссі, Лісостепу максимальні показники фотосинтетичної діяльності посівів гороху відповідають агрометеорологічним умовам при середньому терміні сівби гороху (врожаї відповідно 18,1; 19,4 ц/га), а в Північному та Південному Степу – при ранньому терміні сівби (20,6; 18,7 ц/га).

6. На основі чисельних експериментів з моделлю дана кількісна оцінка впливу температури і вологозабезпечення на інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин в посівах гороху. Оптимальна температура фотосинтезу гороху становить 22°C, а оптимальна для фотосинтезу вологість ґрунту дорівнює 75% від НВ. При оптимальній вологості і температурі максимальний фотосинтез становить 23 мг CO₂/(дм²·год), а при нестачі вологи – 6,8 мг CO₂/(дм²·год). При зниженні температури інтенсивність фотосинтезу знижується.

7. Оцінена багаторічна динаміка врожайності по кожній з областей України, а також по окремих зонах (Полісся, Лісостеп, Північний і Південний Степ) за період 1985 - 2014 рр. В результаті дослідження кожної зони України, визначено, що приріст тенденції врожайності був досить високим в четвертій і п'ятій та шостій п'ятирічках (2000-2009 рр.). У період другої і третьої п'ятирічок (1990 - 1999 рр.) у всіх природно-кліматичних зонах приріст тенденції урожайності стає різко негативним. У шостій п'ятирічці (2010-2014 рр.) тенденція врожайності і темпи зростання знижуються, що вказує на негативні тенденції у виробництві гороху в останні роки. При визначенні

об'єктивної тенденції зміни врожайності по природно-кліматичних зонах одним з ефективних методів є метод гармонійних ваг.

8. На основі моделі продукційного процесу гороху розроблений метод оцінки умов формування продуктивності та прогнозу його врожайності з місячною завчасністю. Авторська перевірка методу прогнозу в 2011 - 2015 рр. показала, що справджуваність прогнозу становить 75-80%, середня похибка прогнозу не перевищує 19%, що дозволило передати метод прогнозу на виробниче випробування в Український гідрометеорологічний центр.

9. Виконана оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху. Для дослідження використано сценарій можливих змін клімату *RCP 4.5* на період до 2050 року. Розрахунки проведені для природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостеп, Північний Степ, Південний Степ. Розрахунки показали, що при зміні клімату за сценарієм *RCP 4.5* в обох варіантах («клімат» і «клімат + збільшення CO_2 ») найбільш сприятливі умови для вирощування гороху очікуються в Лісостепу України (очікуються найбільші величини врожаю – до 27 та 29 ц/га відповідно).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Н. Прокопенко. – Кам'янець-Подільський, 2011. – 108 с.
2. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений / А. М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 247 с.
3. Антоний А. К. Зернобобовые культуры на корм и семена / А. К. Антоний, А. П. Пылов. – Л.: Колос, 1980. – 221 с.
4. Атлас. Агрокліматичні ресурси України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Проценка. – К.: ТОВ «Українська картографічна група», 2016. – 90 с.
5. Атлас Одеської області / за ред. О. Г. Топчієва. – Одеса: ХОРС, 2002. – С. 7–24, 56–57.
6. Атрашкова Н. А. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зернобобовых культур / Н. А. Атрашкова, З. К. Благовещенская // Сельское хозяйство за рубежом. – 1978. – № 3. – С. 4–6.
7. Афифи А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
8. Бадина Г. В. Возделывание бобовых культур и погода / Г. В. Бадина. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 241 с.
9. Баменов В. В. Возделывание гороха / В. В. Баменов // Зернобобовые культуры. – 2005. – № 4. – С. 40–42.
10. Березовский Ю. В. О потенциальной интенсивности фотосинтеза гороха в различных условиях выращивания / Ю. В. Березовский // Сборник трудов аспирантов и молодых научных сотрудников ЛГУ. – 1967. – № 8. – С. 129–132.

11. Березовский Ю. В. О потенциальной интенсивности фотосинтеза гороха различного экологического происхождения: автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.23 «Биология» / Ю. В. Березовский. – Л., 1967. – 24 с.

12. Берлянд Т. Г. Распределение солнечной радиации на континентах / Т. Г. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 227 с.

13. Беседин А. Г. Влияние длительности светового дня на период–всходы–цветение у гороха / А. Г. Беседин // Бюллетень ВИР им. Н. И. Вавилова. – М., 1980. – Вып. 97. – С. 13–18.

14. Бескамерный способ изучения фотосинтеза: методическое указание. – Л., 1974. – 18 с.

15. Биоклиматология бобовых и злаковых трав. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 419 с.

16. Бихеле З. Н. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги / З. Н. Бихеле, Х. А. Молдау, Ю. К. Рос. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 223 с.

17. Бубнов П. С. Отношение зернобобовых культур к теплу и свету / П. С. Бубнов // Труды Белорусской сельскохозяйственной академии. – Минск, 1952. – Т. 18. – С. 64–87.

18. Бушулян О. В. Каталог сортів СГІ – НЦНС / О. В. Бушулян, М. А. Литвиненко, А. А. Лінчевський. – Одеса, 2014. – 106 с.

19. Вавилов П. П. Растениеводство / Вавилов П. П. – М.: Агропромиздат, 1986. – 124 с.

20. Васильченко В. В. Україна та глобальний парниковий ефект / В. В. Васильченко, М. В. Ращуна, І. В. Трохимова. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998.

Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. – 1998. – 208 с.

21. Вериго С. А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве / С. А. Вериго, Л. А. Разумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.

22. Володин В. И. Об изменчивости фотосинтеза некоторых зернобобовых культур / В. И. Володин, Е. С. Широбокова // Научные труды Всес. НИИЗК. – Новочеркасск, 1966. – Т. 1. – С. 91–101.

23. Григоренко И. В. Влияние способов и норм посева на семенную продуктивность сортов гороха в северной зоне Краснодарского края: дис. кандидата сельскохозяйственных наук: спец. 06.01.09 «Растениеводство», / И. В. Григоренко. – Краснодар, 2009. – 168 с.

24. Громов А. А. Методические указания по определению основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах / А. А. Громов, В. Б. Щукин. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2001. – 16 с.

25. Гуленко А. Т. Характер формирования листьев гороха / А. Т. Гуленко // Растениеводство. – 1968. – Вып. 5. – С. 69–72.

26. Державний реєстр сортів рослин, придатних до розповсюдження в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://vet.gov.ua>.

27. Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов / В. П. Дмитренко // Метеорология и гидрология. – 1971. – № 5. – С. 84–91.

28. Дмитриенко В. П. О расчете суммарного валового сбора зерновых и зернобобовых культур для Украины и Молдавии / В. П. Дмитренко, В. В. Свирина // Труды УкрНИГМИ. – 1982. – Вып. 195. – С. 3–8.

29. Дмитриенко В. П. О структуре, динамике и взаимосвязи составляющих валового сбора зерновых и зернобобовых культур на Украине / В. П. Дмитриенко, В. В. Свирина, С. А. Кожемякина // Труды УкрНИГМИ, 1983. – Вып. 191. – С. 34–44.

30. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

31. Дрозд А. М. Физиологическая характеристика и отношение растений гороха к условиям внешней среды / А. М. Дрозд // Бюллетень ВИР им. Вавилова. – 1971. – Вып. 17. – С. 61–66.

32. Дымарчук Г. А. Метод расчета валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур по Новосибирской области / Г. А. Дымарчук // Труды Зап.-Сиб. НИИ. – 1983. – Вып. 58. – С. 35–38.

33. Желтая Н. И. К вопросу о связях областных урожаев сельскохозяйственных культур с метеорологическими факторами / Н. И. Желтая // Труды ГМЦ. – 1967. – Вып. 9.

34. Жуков В. А. Исследование статистической структуры полей влагозапасов в почве / В. А. Жуков // Труды ИЭМ. – 1970. – Вып. 8. – С. 27-34.

35. Зотиков В. И. Роль зернобобовых культур в решении проблемы кормового белка и основные направления по увеличению их производства: сб. научн. тр. / В. И. Зотиков // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 2004. – С. 256–260.

36. Иванова-Зубкова Н. З. Агрометеорологические показатели развития роста и формирования урожая гороха / Н. З. Иванова-Зубкова // Тр. ЦИП. – 1965. – Вып. 145.

37. Иванова-Зубкова Н. З. Агрометеорологические условия произрастания зернобобовых культур на Украине / Н. З. Иванова-Зубкова // Труды ГМЦ. – 1978. – Вып. 193. – С. 84–89.

38. Иконникова В. В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – № 8. – С. 104–112.

39. Иконникова В. В. Влияние агрометеорологических условий на интенсивность фотосинтеза гороха / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2011. – № 12. – С. 88 – 92.

40. Иконникова В. В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха по основным природно-климатическим зонам Украины / В. В. Иконникова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 12. – С. 178 – 187.

41. Иконникова В. В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха за 2011 год / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2012. – № 14. – С. 100–105.

42. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В.В. Иконникова // Матеріали ІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2009. – С. 60.

43. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха в Украине / В.В. Иконникова // Тези Х наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2010. – С. 17.

44. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2013. – С. 23.

45. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології: матеріали Міжнародної наукової конференції (Одеса, 17–19 жовтня 2012 р.). – Одеса, 2012. – С.27.

46. Иконникова В.В. Вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху / В. В. Иконникова // Матеріали II Міжнародної конференції «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення» (Одеса, 10–15 червня 2013 р.). – Одеса, 2013. – С. 98-99.

47. Иконникова В. В. Динамика урожайности гороха в Украине / В.В. Иконникова // Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 14–15 листопада 2013 р.). – Умань: УНУС, 2013. – С. 44-45.

48. Иконникова В. В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы Международной научно–практической конференции, (Иркутск, 28–30 мая 2013 г.). – Иркутск, 2013. – С. 30–36.

49. Иконникова В. В. Оценка изменчивости урожайности гороха в Степи Украины / В.В. Иконникова // Наука как основа возрождения общества и экономики: материалы Международной конференции, (Донецк, 16 сентября 2014 р.). – Донецк, 2014. – С. 55.

50. Катюк А. И. Формирование продуктивности сортов гороха разных морфотипов в условиях Среднего Поволжья: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / А. И. Катюк. – Безенчук, 2006. – 139 с.

51. Кашукоев М. В. Содержание, сбор белка и жира с семян сои и гороха / М. В. Кашукоев, Х. А. Гажев // *Зерновое хозяйство*, 2006. – № 7. – С. 24–26.

52. Ключев К. В. Влияние условий севооборота на продуктивность гороха / К. В. Ключев, В. Н. Квартин // *Сб. науч. тр. ДонГАУ*. – Донецк, 2000. – С. 67–85.

53. Ключев К. В. Влияние условий севооборота на продуктивность гороха / К.В. Ключев, В.Н. Квартин // *Сб. науч. тр. Дон ГАУ*. – Донецк, 2001. – С. 67.

54. Кобизева Л. Н. Колекція сортів гороху овочевого – джерело для створення зеленого конвеєру / Л. Н. Кобизева, О. О. Гончарова // *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. – Харків, 2013. – Вип. 14. – С. 60–67.

55. Колосовська В.В. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху в лісостепу України / В.В. Колосовська // *Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.)*. – Одеса, 2017. – С.73.

56. Колосовська В.В. Кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху в степу України / В.В. Колосовська // *Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.)*. – Одеса, 2017. – С. 75.

57. Корнилов А.А. Методика определения площади листьев зернобобовых культур / А.А. Корнилов // *Методы исследования с зернобобовыми культурами*. – Орел, 1971. – Т. 2. – С. 40–44.

58. Корнилов А. А. Фотосинтез и урожайность зернобобовых культур на Северном Кавказе / А. А. Корнилов // Физиология растения. – 1971. – Т. 21. – Вып. 6. – С. 1139–1144.

59. Корнилов А. А. Биологические особенности и урожайность зернобобовых культур в южной степи / А. А. Корнилов, В. С. Костина // Однолетние бобовые культуры на корм. – М.: Колос, 1971. – С. 96–101.

60. Костин В. И. Урожайные качества гороха / В. И. Костин, А. В. Дозоров, О. В. Костин // Главный агроном. – 2005. – № 2. – С. 57-59.

61. Костина В. С. Фотосинтетическая деятельность различных сортов гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. С. Костина // Научные труды Ставропольского СХИ. – 1979. – Вып. 41. – Т. 1. – С. 72–75.

62. Кружков Н. К. Защита посевов зерновых бобовых культур от сорняков / Н. К. Кружков, А. П. Исаев // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 43-44.

63. Кузнецов В. В. Физиология растений / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2005. – 736 с.

64. Кузнецова Г. С. Растениеводство / Г. С. Кузнецова. – Екатеринбург: УрГСХА, 2004. – 312 с.

65. Кулик М. С. Метеорологические условия и действие минеральных удобрений / М. С. Кулик. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 139 с.

66. К вопросу о физиологической модели высокопродуктивных сортов зернобобовых культур / [А. П. Лаханов, А. А. Гаврикова, Л. Н. Долгополова и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1981. – Т. XVI. – № 6. – С. 803-810.

67. Лебедева А. Т. Горох, фасоль, бобы / А. Т. Лебедева. – М.: Астрель АСТ, 2004. – 256 с.

68. Левенко А. А. Методика долгосрочного прогноза среднеобластной урожайности гороха на Украине / А. А. Левенко // Труды УкрНИГМИ. – 1976. – Вып. 148. – С.13–23.

69. Летуновский В. И. Уборка гороха с минимальной потерей урожая / В. И. Летуновский // Земледелие. – 2003. – № 6. – С. 16–17.

70. Ле Тхи Ким Зунг. Агрометеорологические условия произрастания гороха и его продуктивность в Причерноморье / Ле Тхи Ким Зунг. – Херсон, 1985.

71. Львова Н. З. Влияние светового режима на рост и развитие различных типов гороха / Н. З. Львова // Сборник научных работ НИИ им. В. В. Докучаева. – Воронеж, 1959. – С.113-125.

72. Львовский Е. И. Статистические методы построения эмпирических формул / Е. И. Львовский. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 224.

73. Максимов Н. А. Краткий курс физиологии растений / Н. А. Максимов. – М.: Сельхозиздат, 1958. – С.559.

74. Михайленко М. А. Горох в Западной Сибири / М. А. Михайленко. – Омск, 1971.

75. Михайленко М. А. Влияние различных видов минерального удобрения и разной влажности почвы на урожаи гороха / М. А. Михайленко // Труды Омского СХИ. – 1958. – Вып. 2. – С. 3–9.

76. Морозов Э. А. Изменчивость длины вегетационного периода у гороха / Э. А. Морозов // Материалы XXV конференции профессорско-преподавательского состава КазахГПИ. – 1968. – Вып. 13. – С. 227–228.

77. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам / [под ред. И. Г. Грингофа и др.]. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – Вып. 3. – Ч. I. – 300 с.

78. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам / [под ред. И. Г. Грингофа и др.]. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – Вып. 11. – Ч. II. – 316 с.

79. Неклюдов Б. М. Влияние сроков и способов посева, норм высева и отдельного посева рассортированных семян на урожай гороха / Б. М. Неклюдов // Советская агрономия. – 1953. – № 2. – С. 53-59.

80. Нечаев Е. Х. Плодородие почвы и симбиотическая активность гороха при биологизации его возделывания в лесостепи Заволжья / Е. Х. Нечаев. – Самара, 2004. – С. 392–401.

81. Николаев И. Н. Минимальная обработка гороха / И. Н. Николаев, В. В. Разумова // Зерновое хозяйство. – 2002. – №2. – С.10.

82. Ничипорович А. А. Фотосинтез и продукционный процесс / А. А. Ничипорович. – М.: Наука, 1988. – 280 с.

83. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М.: Академия наук СССР, 1963. – 157 с.

84. Ничипорович А. А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений / А. А. Ничипорович. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1979. – 37 с.

85. Оптимизация минерального питания гороха / В.Т. Рымарь, Г. П. Покудин, С.В. Мухина, С. В. Мамедов // Кормопроизводство, 2005.–№3.– С. 10–12.

86. Осипова Е. Н. Горох / Е. Н. Осипова, Р. Х. Макашева. – М.: Сельхозиздат, 1955. – 128 с.

87. Панина В. Ф. Агрометеорологические обоснования формирования высоких урожаев гороха в центрально-нечерноземной зоне: автореф. диссер. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: спец. 11.00.09 «Метеорология, климатология, агрометеорология» / В. Ф. Панина. – М., 1966. – 17 с.

88. Панина В. Ф. Возделывание гороха на занятых парах в центральной части Нечерноземной зоны / В. Ф. Панина // Труды ЦИП. – 1965. – Вып. 145. – С. 123–128.

89. Панина В. Ф. Методическое письмо по оценке агрометеорологических условий произрастания гороха в центральной части Нечерноземной зоны / В. Ф. Панина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 24 с.

90. Панина В. Ф. О влагообеспеченности гороха в Нечерноземной зоне / В. Ф. Панина // Метеорология и гидрология. – 1962. – № 4. – С. 4–6.

91. Панина В. Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая зерна гороха / В. Ф. Панина // Метеорология и гидрология. – 1965. – № 2. – С. 27–29.

92. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха: методические рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 60 с.

93. Петров В. И. Горох на семена / В. И. Петров, Ю. А. Губанов, А. Ф. Путинцев // Земледелие. – 1997. – № 1. – С. 40–42.

94. Полевой А. Н. Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Полевой // Метеорология и гидрология. – 1981. – № 2. – С. 92–102.

95. Полевой А. Н. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности

сельскохозяйственных культур / А. Н. Полевой. – М.: МО Гидрометеоздата, 1981. – 36 с.

96. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур / А. Н. Полевой. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 175 с.

97. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А. Н. Полевой. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 318 с.

98. Полевой А. Н. Сельскохозяйственная метеорология / А. Н. Полевой. – С-П.: Гидрометеоздат, 1992. – 424 с.

99. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія / А. М. Польовий. – Одеса: ТЕС, 2012. – 630 с.

100. Полевой А. Н. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза суммарного валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур в Прибалтике, Белоруссии и Европейской части РСФСР / А. Н. Полевой, Т. А. Гончарова. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 12 с.

101. Полевой А. Н. Методы агрометеорологических прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур в Украине (для АРМ–агрометеоролога) / А. Н. Полевой // Обмін досвідом гідрометеорологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва України у сучасних умовах: матеріали наради-семінару (Київ, 15-20 жовтня 2001р.). – К., 2001. –С. 124-131.

102. Польовий А. М. Довгострокові агрометеорологічні прогнози / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко. – К.:КНТ, 2007. – 296 с.

103. Полуэктов Р. А. Динамические модели агроэкосистемы / Р. А. Полуэктов. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 312 с.

104. Почвенно-географическое районирование СССР (в связи с сельскохозяйственным использованием земель) / П. А. Летунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 422 с.

105. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. – М.: Колос, 1975. – 259 с.

106. Разумова А. В. Формирование урожая различных типов и сортов гороха в зависимости от норм высева семян и фона питания на серой лесной почве Волго-Вятского региона: дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук 06.01.09 «Растениеводство» / А. В. Разумова. – Чебоксары. – 179 с.

107. Растениеводство (Биология и приемы возделывания на Юго–Востоке) / [В. Г. Васин, Н. Н. Ельчанинова, А. В. Васин и др.]. — Самара, 2003. – С. 122–132.

108. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А. О. Рожков, Є. М. Огурцов. – Х.: Тім Пабліш Груп, 2017. – 363 с.

109. Росс Ю. К. Система уравнений для количественного роста растений / Ю. К. Росс // Фитоактинометрические исследования растительного покрова. – Таллин: Валгус, 1967. – С.64–88.

110. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектоника растительного покрова / Росс Ю.К. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 341 с.

111. Рубин Б. А. Дыхание растений / Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, О.Л. Озерецковская // Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: Изд. МГУ, 1967. – Т.1. – С. 354–493.

112. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 10. Инспекция гидрометеорологических станций и постов. Часть I. Инспекция метеорологических наблюдений на станциях. РД 52.04.666.2005.

113. Седов А. М. Метод определения площади листьев у гороха и фасоли с использованием фотокопированной бумаги / А. М. Седов, А. П. Исаев // Методы исследования с зернобобовыми культурами. – Орел, 1971. – Т. 2. – С. 53–56.

114. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С. И. Сивков. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 232 с.

115. Сеницына Н. И. К вопросу определения площади листовой поверхности гороха / Н. И. Сеницына, Ле Тхи Ким Зунг // Метеорология, гидрология и климатология. – Одесса, 1984. – Вып. 20.

116. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности экосистем / О. Д. Сиротенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 167 с.

117. Сиротенко В. Г. Зависимость продолжительности периода всходы – начало цветения гороха от температуры воздуха и длины дня / В. Г. Сиротенко // Труды ИЭМ. – 1970. – Вып. 13. – С. 116–122.

118. Сиротенко О. Д. Многомерный регрессионный анализ как метод исследования связи урожая сельскохозяйственных культур с гидрометеорологическими факторами / О. Д. Сиротенко // Метеорология и гидрология. – 1969. – № 12. – С. 68–78.

119. Сиротенко О. Д. Некоторые результаты исследования закономерности пространственной изменчивости агрометеорологических показателей / О. Д. Сиротенко // Труды ИЭМ. – 1970. – Вып. 13. – С. 20–29.

120. Сорты ярового и зимующего гороха селекции Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко: рекомендации. - Краснодар, 2005. – 25 с.

121. Степаненко С.М. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / [С. М. Степаненко, А. М. Польовий, В. М. Хохлова та ін.]. – Одеса: ТЕС, 2015. – 518 с.

122. Тарчевский И. А. Основы фотосинтеза / И. А. Тарчевский. – М.: Высшая школа, 1977. – 256 с.
123. Тищенко А. Н. Агротехника гороха в Нечерноземной полосе / А. Н. Тищенко. – М.: Сельхозиздат, 1958. – 55 с.
124. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
125. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
126. Тооминг Х. Г. Расчеты продуктивности и роста растительного покрова / Х. Г. Тооминг А. Каллис // Солнечная радиация и продуктивность растительного покрова. – Тарту: Изд. ИФА АН ЭССР, 1972. – С. 5–12.
127. Уланова Е. С. Методы агрометеорологических прогнозов / Е. С. Уланова. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 280 с.
128. Урожайность зерна новых сортов гороха в зависимости от норм высева и сроков сева / [В. И. Брежнева, М. И. Чумаковский, И. А. Слюсаренко и др.] // Сб. научн. тр. КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. – К., 2002. – С.28.
129. Федин П. Е. Критические периоды к засухе в онтогенезе растений гороха и чины / П. Е. Федин, Е. С. Уланова // Научные труды ВНИИЗК. – 1972. – Т. IV. – С. 147–153.
130. Федин П. Е. Отношение зернобобовых культур к влажности почвы / П. Е. Федин // Научные труды ВНИИЗК. – 1972. – Т. IV. – С. 127–137.
131. Федин П. Е. Влияние длины дня на продуктивность гороха и чины / П. Е. Федин, А. А. Гаврикова // Научные труды ВНИИЗК. – 1972. – Т. IV. – С. 172–177.

132. Федотов В. С. Горох / В. С. Федотов – М.: Госиздат, сельскохозяйственной метеорологии, 1960. – 257 с.

133. Федюшина Д. П. К вопросу о потребности гороха в тепле и влаге в основные периоды вегетации / Д. П. Федюшина // Тр. КазНИГШ. – Вып. 25. – С. 219–217.

134. Федюшина Д. П. Показатели увлажнения вегетационного периода и их влияние на формирование урожая гороха / Д. П. Федюшина // Тр. Каз.НИГМИ. – 1971. – Вып. 40. – С. 80–96.

135. Хамоков Х. А. Продуктивность гороха при различной обеспеченности почвы влагой / Х. А. Хамоков // Аграрная наука. – 2005. – №1. – С. 17–18.

136. Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 373 с.

137. Чуйко В. К. Урожай и выход зерна гороха в условиях Полтавской области / В. К. Чуйко // Растениеводство. – 1968. – №5. – С. 82–85.

138. Шашко Д. И. Агроклиматическое районирование СССР / Д. И. Шашко. – М.: Колос, 1967. – 334 с.

139. Шеуджен А. Х. Питание и удобрение зерновых, зернобобовых и технических культур / А. Х. Шеуджен, В. Т. Кураков, Л. М. Онищенко. – Майкоп: ТУРИН «Адыгея», 2004. – 49 с.

140. Шнелле Ф. Фенология растений / Ф. Шнелле. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 259 с.

141. Шпорт Е. В. Изучение биологии цветения и семяобразования гороха / Шпорт Е. В. // Растениеводство. – 1968. – С. 77–82.

142. Цагараева Э. А. Биологический потенциал бобовых растений и проблемы его эффективного использования в условиях Центрального Предкавказья / Э. А. Цагараева. – Владикавказ, 2014.

143. Цубербиллер Е. А. Суховеи, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними / Е. А. Цубербиллер. – М.: Колос, 1966. – 110 с.

144. Цубербиллер Е. А. Агрометеорологические критерии суховеев / Е. А. Цубербиллер // Суховеи, их происхождение и борьба с ними. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 45–58.

145. Яблоков Ю. Н. Формирование плодов и семян гороха в зависимости от сорта и условий выращивания: автореф. на соиск. учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.23 «Биология» / Ю. Н. Яблоков. – Л., 1965. – 23 с.

146. ADEL–wheat: A 3D architectural model of wheat development. Proceedings of the 2003 / C. Fournier, B. Andrieu, S. Ljutovac, S. Saint–Jean // Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization, and Applications. Beijing. – China: IEEE Computer Society, 2003. – P. 54–63.

147. Aichele H.A. Beiträ zur Witterungsabhängigkeit des Erbsenwachstums / H. A. Aichele // Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau. – 1956. – Bd. 101 . – H. 3.

148. Arima Model Bangladesh Pea And Lentil Pulse Production Biology Essay [Электронный ресурс]. –Режим доступа:

<https://www.ukessays.com/essays/biology/arima-model-bangladesh-pea-and-lentil-pulse-production-biology-essay.php>.

149. Ali-Khan S. T. Production of field peas in Canada / Ali–S. T. Khan, R. C. Zimmer. – Ottawa, 1989. – 21 p.

150. Adaptation of the crop model STICS to intercropping. Teoretical basis and parametrisation / [N. Brisson, F. Bussiere, H. Ozier-Lafontaine et al.] // Agronomie. – 2004. – Vol. 24. – P. 409–421.

151. Combaud S. Croissance foliaire d'un couert de pois (*Pisum sativum* L.) soumis a un decit hydrique / S. Combaud // These de Doctorat. – ENSA Montpellier, France, 1996.

152. Curry R. B. Dynamic simulation of plant growth / R. B. Curry. // 1–st Development of a model. – Trans. ASAE, 1971, V. 14. – №5. – P. 946–959.

153. Curry R. B. An overview of SOYMOD, simulator of soybean growth and development. / R. B. Curry, C. B. Baker, J. G. Streeter // Proc. Summer Computer Simulation Conf. – San Franc., Calif , 1975. – P. 354– 960.

154. De Wit C.T. A dynamic model of plant and crop growth / C. T. De Wit, R. Brouwer, F. W. T. Penniny de Vries // In Potential crop Production. – London, 1971. – P. 117–142.

155. De Wit C.T. The simulation of photosynthetic systems / De Wit C.T., R. Brouwer, Penniny de Vries F.W.T // In Prediction and measurement of photo synthetic productivity.– Wageningen, 1970. – P.47– 70.

156. Dhandapani K. R. An evaluation of irrigation–yield response models for peas (*Pisum sativum* L.) / K. R. Dhandapani // Lincoln University. – Research Archive:

<http://researcharchive>.

157. Dubey R. S. Combining ability of peas / R. S. Dubey, S. Lai // Indian j. Genet And Plant Breed. – 1983. – P. 314–317

158. Ikonnikova V.V. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas for the main climatic zones of the Ukraine / V. V. Ikonnikova // Europäische Fachhochschule, European Applied Sciences. – 2014. – Stuttgart, Germany. – № 9. – P.40 – 45.

159. Jeuffroy M. H. Role de la vitesse de croissance, de la repartition des assimilats et de la nutrition azotée, dans l'élaboration du nombre de graines du pois protéagineux de printemps (*Pisum sativum* L.) / M. H. Jeuffroy // Université Paris XI, INRA. – Paris–Grignon, 1991.

160. Jeuffroy M. H. A simulation model for assimilate partitioning between pods in pea (*Pisum sativum* L.) during the period of seed set; validation in field conditions / M. H. Jeuffroy, F. A. Devienne // *Field Crops Research*, 1995.

161. Kolosovskaya V. V. Modeling productivity process of peas in Ukraine / V. V. Kolosovskaya // *International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences*. – Pakistan, 2017. – Vol. 7. – P.8 – 12.

162. Martin-Clouaire. Modelling and simulating work practices in agriculture / Martin-Clouaire, R. Rellier // *Int. J. of Metadata, Semantics and Ontologies*. – 2009. – P. 42–53.

163. McCree K. J. An equation for the rate of respiration of white clover plants grown under controlled conditions / K. J. McCree // In: *Prediction and measurement of photo-synthetic Productivity*. – Wageningen, Pudoc, 1970. – P. 221–230.

164. Modeling structural changes in tilled topsoil over time as a function of cropping systems / [J. Roger–Estrade, G. Richard et al.] // *European Journal of Soil Science*. – 2000. – 51. – P. 455–474.

165. Monsi M. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. / M. Monsi, T. Saeki // *Jap. J. Bot.* – 1953. – N 14. – P. 22–52.

166. Munier-Jolain N. Quelle place pour le pois dans une agriculture respectueuse de l'environnement / N. Munier-Jolain, B. Carrouée // *Cahiers Agricultures*. – 2003. – N 12. – P. 111–120.

167. Polevoy A. Modeling the influence of agro-meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas / A. Polevoy, V. Ikonnikova // *Agricultural Sciences. Plovdiv.* – 2014. – Vol. LVIII. – P. 5 – 15.

168. Shelepina N. Biochemical features of untraditional morph types of sowing peas / N. Shelepina // *Poland: AEP*, 2001. – P. 217.

169. Vocanson A. Evaluation ex ante d'innovations variétales en pois d'hiver (*Pisum sativum* L.): approche par modélisation au niveau de la parcelle et de l'exploitation agricole / A. Vocanson // *Ph. D. Agroparistech.* – Paris, France, 2006.

ДОДАТКИ

Список публікацій здобувачаСтатті у фахових наукових виданнях

1. Иконникова В. В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – № 8. – С. 104–112.

2. Иконникова В. В. Влияние агрометеорологических условий на интенсивность фотосинтеза гороха / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2011. – № 12. – С. 88 – 92.

3. Иконникова В. В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха по основным природно-климатическим зонам Украины / В. В. Иконникова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 12. – С. 178 – 187.

4. Иконникова В. В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха за 2011 год / В. В. Иконникова // Вісник ОДЕКУ. – 2012. – № 14. – С. 100–105.

Наукові статті в зарубіжних виданнях

5. Polevoy A. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas / A. Polevoy, V. Ikonnikova // Agricultural Sciences. Plovdiv. – 2014. – Vol. LVIII. – P. 5 – 15. (ідентифікація параметрів моделі, проведення розрахунків).

6. Kolosovskaya V.V. Modeling productivity process of peas in Ukraine / V.V. Kolosovskaya // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. – Pakistan, 2017. – Vol. 7. – P.8 – 12.

7. Ikonnikova V.V. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas for the main climatic zones of the Ukraine / V.V. Ikonnikova // Europäische Fachhochschule,

European Applied Sciences. – 2014. – Stuttgart, Germany. – № 9. – P.40 – 45.

Тези доповідей і матеріали конференцій:

8. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на формирование листового аппарата гороха / В.В. Иконникова // Матеріали ІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2009. – С. 60.

9. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха в Украине / В.В. Иконникова // Тези Х наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2010. – С. 17.

10. Иконникова В.В. Влияние различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса, 2013. – С. 23.

11. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на фотосинтетическую продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології: матеріали Міжнародної наукової конференції (Одеса, 17–19 жовтня 2012 р.). – Одеса, 2012. – С.27.

12. Іконнікова В.В. Вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність гороху / В.В. Іконнікова // Матеріали ІІ Міжнародної конференції «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення» (Одеса, 10–15 червня 2013 р.). – Одеса, 2013. – С. 98-99.

13. Иконникова В.В. Динамика урожайности гороха в Украине / В.В. Иконникова // Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 14–15 листопада 2013 р.). – Умань: УНУС, 2013. – С. 44-45.

14. Иконникова В.В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность гороха / В.В. Иконникова // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы Международной научно–практической конференции, (Иркутск, 28–30 мая 2013 г.). – Иркутск, 2013. – С. 30–36.

15. Иконникова В.В. Оценка изменчивости урожайности гороха в Степи Украины / В.В. Иконникова // Наука как основа возрождения общества и экономики: материалы Международной конференции, (Донецк, 16 сентября 2014 г.). – Донецк, 2014. – С. 55.

16. Колосовська В.В. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності гороху в лісостепу України / В.В. Колосовська // Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.). – Одеса, 2017. – С.73.

17. Колосовська В.В. Кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху в степу України / В.В. Колосовська // Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.). – Одеса, 2017. – С. 75.

Програма моделі формування врожаю гороху

```
common wp0(35),wm0(35),ts(35),ss(35),os(35),usl1(35),usl2(35)
common usl3(35),usl4(35)
common dv(35),inf(60), pnor(35),dww(35),hgr(35)
common n,t0,n2,n1,fi,j
Character*4 a1,a2,a3,a4
real inf
integer t0,dv
kb=1
open (unit=5,file='gorox5m.dat',status='old',form='formatted')
Open (UNIT=6,FILE='gorox6m.res')
read(5,100)kb
do 30 i=1,kb
rb1=0
rb2=0
read(5,116) a1,a2,a3,a4
read(5,100)n,t0,n1,n2,fi
read(5,103)(wp0(j),j=1,n)
read(5,103)(wm0(j),j=1,n)
read(5,102)(ts(j),j=1,n)
read(5,102)(ss(j),j=1,n)
read(5,102)(os(j),j=1,n)
read(5,102)(usl1(j),j=1,n)
read(5,102)(usl2(j),j=1,n)
read(5,102)(usl3(j),j=1,n)
```

```

read(5,102)(usl4(j),j=1,n)
read(5,115)(dv(j),j=1,n)
read(5,101)(inf(j),j=1,60)
read(5,103)(pnor(j),j=1,n)
read(5,103)(dww(j),j=1,n)
read(5,103)(hgr(j),j=1,n)
write(6,118)
write(6,336)
write(6,334)
write(6,3344)
write(6,117)
336 format(10x,'MODEL FORMIROVANIJ UROGJAJ')
334 format(10x,'SELSKOXOZJYSTVENNIX KULTUR')
3344 format(10x,' (gorox) ')
write(6,118)
write(6,117)
117 format(10x,' VXODNAJ INFORMAZIJ')
write(6,118)
write(6,116) a1,a2,a3,a4
write(6,110)n
110 format(' n=',i3)
write(6,100) n,t0,n1,n2,fi
print *,'wp0(zapasi wlagi v sloe 0-20 sm):'
write(6,103) (wp0(j),j=1,n)
print *,'wm0(zapasi wlagi v sloe 0-100 sm):'
write(6,103) (wm0(j),j=1,n)
print *,'ts(srednjj za dekadu temperatura vozduxa):'
write(6,102) (ts(j),j=1,n)

```

```
print *,'ss(srednee za dekadu chislo chasov solnechnogo sijnij:'
write(6,102) (ss(j),j=1,n)
print *,'os(summa osadkov za dekadu):'
write(6,102) (os(j),j=1,n)
print *,'usl1(period vsxodi- obrazovanie sozvetiy ):'
write(6,102) (usl1(j),j=1,n)
print *,'usl2(obrazovanie sozvetiy - zvetenie):'
write(6,102) (usl2(j),j=1,n)
print *,'usl3(zvetenie - sozrevanie):'
write(6,102) (usl3(j),j=1,n)
print *,'usl4(zvetenie - sozrevanie):'
write(6,102) (usl4(j),j=1,n)
print *,'dv:'
write(6,115) (dv(j),j=1,n)
118 format(1x,70('*'))
write(6,118)
print *,'inf(massiv parametrov modeli):'
write(6,101)(inf(j),j=1,60)
print *,'pnor(norma vegetazionnogo poliva,mm):'
write(6,103) (pnor(j),j=1,n)
print *,'dww(sredniy za dekadu defizit vlagjnosti vozduxa,mb):'
write(6,103) (dww(j),j=1,n)
print *,'hgr(uroven zaleganij gruntovix vod,m):'
write(6,103) (hgr(j),j=1,n)
write(6,118)
write(6,119)
119 format(1x,70('*'))
write(6,120)
```

```

120 format(1x,' REZULTATI RASCHETOV')
write(6,119)
call dmpp
100 format(4i3,f6.2)
101 format(10f8.3)
105 format(7f11.6)
102 format(14f5.1)
115 format(24i3)
103 format(8f9.4)
116 format(4a4)
30 continue
stop
end
subroutine dmpp
dimension llm(35),qm(35),ts1m(35),ts2m(35),ldmm(35)
common wp0(35),wm0(35),ts(35),ss(35),os(35),usl1(35),usl2(35)
common usl3(35),usl4(35),dv(35),inf(60),pnor(35),dww(35),hgr(35)
common n,t0,n1,n2,fi,j
common /zass1/ afl,arl
common /zass/ filt(35),vgr(35),
1eakt(35),epot(35),otwlag(35),xw3(35),w0(35)
dimension j1m(35),gim(35),flm(35),ksi(35),gamfm(35),blm(35),
1bsm(35),brm(35),bpm(35),aflm(35),arlm(35),tss(350),ts11(35),
2TOP1(35),TOP2(35),ftlm(35),f0lm(35),
3dmmm(35),ab32(35),qxrm(35),exrm(35),eaktxr(35),
4ab41m(35),eakxrm(35),Ftw1m(35),
5Ftw2m(35),c1m(35),c2m(35),ab29(35),ab39(35),
6ab49(35),c3m(35),ab59(35),tsr(35),dzv(35),dzvmg(35),ossr(35),

```

```

7dzvos(35),sumdzv(35),dzvt(35),ozgtk2(35),ozgtk3(35),cgtk(35),
9eakxr1(35),
1gtk(35),tsr1(35),dzv1(35),dzvt1(35),ossr1(35),dzvos1(35),
2dzvmg1(35),smdzv1(35),tsr2(35),dzv2(35),dzvt2(35),ossr2(35),
3dzvos2(35),dzvmg2(35),smdzv2(35),gamflm(35),osnz(35),
4ospol1(35),ospol2(35),ospol3(35),tspol1(35),tspol2(35),tspol3(35),
5zxt(35),cg(35),upp(35),Wotop(35),x11(35),
6xw11(35),betxrm(35),x12(35),rdf2m(35),rdf3m(35),gtk2m(35),
7gtk3m(35),c21(35),c22(35),c23(35),c24(35),em(35),vLA3(35),
8gtk1m(35),vLA1(35),vLA2(35),ozab41(35),c4m(35)
dimension c13am(35),c14am(35),ossrnz(35),yr13am(35),yr14am(35),
1mg3(35),mg4(35),rstek(35),srdww(35),c15bm(35),yr15bm(35),
2c5m(35),c6m(35),c8m(35),cnal(35)
real ksi,llm,fl,c6,c8
real ksifl,td,XT,gamf,gamf1
integer t0,dv,gi,gim
real m,ml,ms,mr,mp,ll,inf,j0,jj,qxr,exr,eakxr,ab41,Ftw1,Ftw2,
6Ftwqw,c1,c2,rb1,rb2,c3,c4,c5
real tsrvv1,wtp,wtopt2,betxr,tr2,rdf2,rdf3,gtk2,gtk3,
3gtk1,c13a,c14a,c15b,ogtk2,ogtk3,seakxr
dimension ab19(35)
real mg,yr0,yr13a,yr14a,yr15b
drost(ts2,topt,cc)=(2.3026*(2./topt)*10.**(2.-(2./topt)*ts2)*
*1000.*cc)/(1.+10.**(2.-(2./topt)*ts2))**2
perv(ts2,toptv,ccv)=(-2.3026*(1./toptv)*10.**(-1.+(1./toptv)*ts2)*
*1000.*ccv)/(1.+10.**(-1.+(1./toptv)*ts2))**2
fl=0.
f0l=0.

```

```
j1=1
gi=0
ml=inf(54)*inf(1)
ms=inf(54)*inf(2)
mr=inf(54)*inf(3)
mp=inf(54)*0.0
mg=inf(54)*0.0
ll=inf(54)*inf(4)*0.1
c1=1.0
c2=1.0
c3=1.0
c4=1.0
c5=1.0
c6=1
c8=0
c11=0
c12=0
seakxr=0
ts2=0
j2=0
do 1001 j=1, 15
1001 continue
331 format(1x,4f7.3)
write(6,121)
121 format(' ')
write(6,229)
229 format(10x,'TABLIZA R.1.')
write(6,120)
```

```
write(6,122)
write(6,822)
122 format(10x,'SUXAJ BIOMASSA ORGANOV')
822 format(10x,'RASTENIY,',2x,'J/2')
write(6,120)
109 format(4x,'i',1x,'dek',1x,'i',1x,'cyt',2x,'i',4x,'ml',3x,'i',4x,
1'ms',3x,'i',4x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,'i',3x,'mg',4x,'i')
write(6,109)
120 format(4x,72('-'))
write(6,120)
do 300 j=1,n
nn=dv(j)
do 310 i=1,nn
ts1=ts(j)-inf(5)
if(ts1.lt.0)ts1=0
ts2=ts2+ts1
tss(i+j2)=ts2
310 continue
j2=j2+dv(j)
ts11(j)=ts1
300 continue
do 99 j=1,n
s1=0
s2=0
s3=0
s4=0
s5=0
s6=0
```

```

s7=0
s8=0
s9=0
s10=0
s11=0
ts1=ts11(j)
m=ml+ms+mr+mp
fm=ml+ms
334 format(1x,f10.2)
nn=dv(j)
do 400 i=1,nn
444 format(1x,i5,2x,f8.3)
ts2=tss(gi+1)
delta=(-23.4*cos(2*3.1428*((t0+gi)+10)/365))*0.017453
a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
tz=12+3.8197*acos(-a/b)
tv=24-tz
s1=s1-delta
s2=s2+a
s3=s3+b
s4=s4+tz
s5=s5+tv
335 format(1x,2f8.2)
a1=-100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
r3=ts2-inf(8)
if(r3.lt.0) alf=exp(-a1*((ts2-inf(8))/10)**2)
if(r3.gt.0.and.ts2.lt.inf(17)) alf=1.0

```



```

r4=ts2-inf(17)
x1=(ts2-inf(17))/(inf(6)-inf(17))
go to 633
633 if(r4.gt.0) alf=1.0627-1.8256*x1+0.7046*((x1)**2)
if(r4.gt.0.and.ts2.gt.inf(27)) alf=0.1
if(alf.lt.0)alf=0.0
a1=-100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
r5=ts2-inf(9)
if(r5.lt.0) arl=exp(-a1*((ts2-inf(9))/10)**2)
if(r5.gt.0.and.ts2.lt.inf(18)) arl=1.0
r6=ts2-inf(18)
x1=(ts2-inf(18))/(inf(6)-inf(18))
go to 634
634 if(r6.gt.0) arl=1.0627-1.8256*x1+0.7046*((x1)**2)
if(arl.lt.0) arl=0.0
dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
r3=ts2-inf(55)
dms=drost(r3,inf(11)-inf(55),inf(22))
dms=drost(r3,inf(11),inf(22))
dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
r1=ts2-inf(14)
if(r1.lt.0) goto 62
r2=ts2-inf(37)
zxt(j)=r2/(inf(6)-inf(37))
if(zxt(j).lt.0.0) zxt(j)=0.0
cg(j)=zxt(j)/(inf(44)+0.52*zxt(j))
if(ts2.lt.inf(37)) cg(j)=0
dmp=drost(r1,inf(13)-inf(14),inf(24))

```

```
goto 63
62 dmp=0.0
63 s6=s6+alf
s7=s7+arl
s8=s8+dml
s9=s9+dms
s10=s10+dmr
s11=s11+dmp
gi=gi+1
400 continue
delta=s1/dv(j)
a=s2/dv(j)
b=s3/dv(j)
tz=s4/dv(j)
tv=s5/dv(j)
taud=tz-tv
afl=s6/dv(j)
arl=s7/dv(j)
dml=s8/dv(j)
dms=s9/dv(j)
dmr=s10/dv(j)
dmp=s11/dv(j)
dm=dml+dms+dmr+dmp
336 format(1x,5f10.3)
bl=dml/dm
bs=dms/dm
br=dmr/dm
bp=dmp/dm
```

```

if(ts2.gt.inf(6)) bl=0
if(ts2.gt.inf(6)) bs=0
if(ts2.gt.inf(6)) br=0
if(ts2.gt.(inf(6)+75)) bp=0
if(ss(j).lt.4) ss(j)=4
9 q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
qm(j)=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
j0=0.52*q/(taud*60)
qxr=((j0*(taud*60))/0.52)*dv(j)*0.001
if(ts(j).eq.10.or.ts(j).gt.10)gtk(j)=os(j)/(ts(j)*dv(j)*0.1)
if(ts(j).lt.10)gtk(j)=0

```

RASCHET TEMPERATURNOY KRIVVOY - KSIFL

$X2=(TS2+60)/(INF(6)+60)$

Polesje($inf(34)=1$)

if($inf(34).eq.1$) $TOP1(J)=6.6275+20.697*X2-11.013*((X2)**2)$

if($inf(34).eq.1$) $TOP2(J)=13.735+10.817*X2-5.5725*((X2)**2)$

Lesostep($inf(34)=2$)

if($inf(34).eq.2$) $TOP1(J)=6.8373+17.97*X2-8.389*((X2)**2)$

if($inf(34).eq.2$) $TOP2(J)=13.10+12.037*X2-6.5032*((X2)**2)$

Severnaj Step($inf(34)=3$)

if($inf(34).eq.3$) $TOP1(J)=4.8325+26.956*X2-14.197*((X2)**2)$

if($inf(34).eq.3$) $TOP2(J)=11.481+15.018*X2-5.7857*((X2)**2)$

Jugjnaj Step($inf(34)=4$)

if($inf(34).eq.4$) $TOP1(J)=4.8325+26.956*X2-14.197*((X2)**2)$

if($inf(34).eq.4$) $TOP2(J)=11.481+15.018*X2-5.7857*((X2)**2)$

Zakarpatsje($inf(34)=5$)

if($inf(34).eq.5$) $TOP1(J)=7.3926+20.19*X2-10.278*((X2)**2)$

if($inf(34).eq.5$) $TOP2(J)=13.382+15.207*X2-8.2246*((X2)**2)$

uchet prodolgitelnosti perioda vsxodi - obrazovanie sozvetiy

po temperature

$$r6=ts2-inf(55)$$

$$tsr(j)=(ts(1)*dv(1)*usl1(1)+ts(2)*dv(2)*usl1(2)+ts(3)*dv(3)*1usl1(3)+ts(4)*dv(4)*usl1(4)+ts(5)*dv(5)*usl1(5)+ts(6)*dv(6)*4usl1(6))/(dv(1)*usl1(1)+dv(2)*usl1(2)+dv(3)*usl1(3)+dv(4)*usl1(4)+dv(5)*usl1(5)+dv(6)*usl1(6))$$

$$dzv(j)=inf(55)/(tsr(j)-5)$$

$$dzvt(j)=dzv(j)/inf(56)$$

$$if(dzvt(j).lt.0.8)dzvt(j)=0.8$$

$$if(dzvt(j).gt.1.2)dzvt(j)=1.2$$

po osadkam

$$ossr(j)=(os(1)*usl1(1)+os(2)*usl1(2)+os(3)*usl1(3)+os(4)*usl1(4)+1os(5)*usl1(5)+os(6)*usl1(6))/(dv(1)*usl1(1)+dv(2)*usl1(2)+dv(3)*2usl1(3)+dv(4)*usl1(4)+dv(5)*usl1(5)+dv(6)*usl1(6))$$

$$dzvos(j)=ossr(j)/inf(57)$$

$$if(dzvos(j).lt.0.95)dzvmg(j)=0.9$$

$$if(dzvos(j).gt.0.95.and.dzvos(j).lt.1.05)dzvmg(j)=1.0$$

$$if(dzvos(j).gt.1.05)dzvmg(j)=1.1$$

$$sumdzv(j)=dzvt(j)*dzvmg(j)$$

uchet prodolgitelnosti perioda obrazovanie sozvetiy - zvetenie

po temperature

$$tsr1(j)=(ts(3)*dv(3)*usl2(3)+ts(4)*dv(4)*usl2(4)+ts(5)*dv(5)*1usl2(5)+ts(6)*dv(6)*usl2(6)+ts(7)*dv(7)*usl2(7))/(dv(3)*usl2(3)+4dv(4)*usl2(4)+dv(5)*usl2(5)+dv(6)*usl2(6)+dv(7)*usl2(7))$$

$$tspol1(j)=tsr1(j)$$

$$dzv1(j)=(inf(48))/(tsr1(j)-inf(5))$$

$$dzvt1(j)=dzv1(j)/inf(49)$$

if(dzvt1(j).lt.0.80)dzvt1(j)=0.80

if(dzvt1(j).gt.1.20)dzvt1(j)=1.20

po osadkam

ossr1(j)=(os(3)*usl2(3)+os(4)*usl2(4)+os(5)*usl2(5)+os(6)*

2usl2(6)+os(7)*usl2(7))/(dv(3)*usl2(3)+dv(4)*usl2(4)

3+dv(5)*usl2(5)+dv(6)*usl2(6)+dv(7)*usl2(7))

ospoll(j)=(os(3)*usl2(3)+os(4)*usl2(4)+os(5)*usl2(5)+os(6)*usl2(6)

4+os(7)*usl2(7))

goto 248

248 gtk2=(os(3)*usl2(3)+os(4)*usl2(4)+os(5)*usl2(5)+os(6)*usl2(6)

4+os(7)*usl2(7))/(0.1*(ts(3)*dv(3)*usl2(3)+ts(4)*

5dv(4)*usl2(4)+ts(5)*dv(5)*usl2(5)+ts(6)*dv(6)*usl2(6)+ts(7)*

6dv(7)*usl2(7)))

if(gtk2.lt.0.5)ogtk2=0.8

if(gtk2.gt.0.501.and.gtk2.lt.0.9)ogtk2=0.9

if(gtk2.gt.0.901.and.gtk2.lt.1.2)ogtk2=1.0

if(gtk2.gt.1.201.and.gtk2.lt.1.7)ogtk2=1.1

if(gtk2.gt.1.701)ogtk2=0.95

dzvos1(j)=ossr1(j)/inf(50)

if(dzvos1(j).lt.0.95) dzvmg1(j)=0.9

if(dzvos1(j).gt.0.95.and.dzvos1(j).lt.1.05) dzvmg1(j)=1.0

if(dzvos1(j).gt.1.05) dzvmg1(j)=1.1

smdzv1(j)=dzvt1(j)*dzvmg1(j)

if(smdzv1(j).gt.1.2)smdzv1(j)=1.2

if(smdzv1(j).lt.0.8)smdzv1(j)=0.8

imeetsj v vidu ,chto chislo koloskov mogjet tolko umenschatsj

UCHET POTER ZA SCHET SILNOGO POXOLODANIJ V PERIOD
OBRAZOVANIE SOZVETIY - ZVETENIE

if(usl2(j).eq.1.and.ts(j).lt.11)c4=c4-0.3

if(c4.lt.0.7) c4=0.7

uchet prodolgitelnosti perioda zvetenie - sozrevanie

po temperature

tr2=(ts(n-5)*dv(n-5)*usl3(n-5)+ts(n-4)*dv(n-4)*usl3(n-4)+ts(n-3)

4*dv(n-3)*usl3(n-3)+ts(n-2)*dv(n-2)*usl3(n-2)+ts(n-1)*dv(n-1)*

5usl3(n-1)+ts(n)*dv(n)*usl3(n))/(dv(n-5)*usl3(n-5)+dv(n-4)*

6usl3(n-4)+dv(n-3)*usl3(n-3)+dv(n-2)*usl3(n-2)+dv(n-1)*usl3(n-1)+

7dv(n)*usl3(n))

tSPOL3(J)=(ts(n-4)*dv(n-4)*usl4(n-4)+ts(n-3)

4*dv(n-3)*usl4(n-3)+ts(n-2)*dv(n-2)*usl4(n-2)+ts(n-1)*dv(n-1)*

5usl4(n-1)+ts(n)*dv(n)*usl4(n))/(dv(n-4)*

6usl4(n-4)+dv(n-3)*usl4(n-3)+dv(n-2)*usl4(n-2)+dv(n-1)*usl4(n-1)+

7dv(n)*usl4(n))

dzv2(j)=(inf(51))/(tr2-inf(5))

dzvt2(j)=dzv2(j)/inf(52)

if(dzvt2(j).lt.0.80)dzvt2(j)=0.80

if(dzvt2(j).gt.1.20)dzvt2(j)=1.200

po osadkam

ossr2(j)=(os(n-5)*usl3(n-5)+os(n-4)*usl3(n-4)+os(n-3)*usl3(n-3)

4+os(n-2)*usl3(n-2)+os(n-1)*usl3(n-1)+os(n)*usl3(n))/(dv(n-5)*

5usl3(n-5)+dv(n-4)*usl3(n-4)+dv(n-3)*usl3(n-3)+dv(n-2)*usl3(n-2)+

6dv(n-1)*usl3(n-1)+dv(n)*usl3(n))

ospol3(j)=(os(n-4)*usl4(n-4)+os(n-3)*usl4(n-3)

4+os(n-2)*usl4(n-2)+os(n-1)*usl4(n-1)+os(n)*usl4(n))

```

gtk3=ospol3(j)/(0.1*(ts(n-4)*dv(n-4)
3*usl4(n-4)+ts(n-3)*dv(n-3)*usl4(n-3)+ts(n-2)*dv(n-2)*usl4(n-2)+
6ts(n-1)*dv(n-1)*usl4(n-1)+ts(n)*dv(n)*usl4(n)))
if(gtk3.lt.0.5)ogtk3=0.8
if(gtk3.gt.0.501.and.gtk3.lt.0.9)ogtk3=0.9
if(gtk3.gt.0.901.and.gtk3.lt.1.2)ogtk3=1.0
if(gtk3.gt.1.201.and.gtk3.lt.1.5)ogtk3=1.1
if(gtk3.gt.1.501.and.gtk3.lt.1.7)ogtk3=1.0
if(gtk3.gt.1.701.and.gtk3.lt.2.2)ogtk3=0.95
if(gtk3.gt.2.201.and.gtk3.lt.2.7)ogtk3=0.85
if(gtk3.gt.2.701.and.gtk3.lt.3.2)ogtk3=0.75
if(gtk3.gt.3.201)ogtk3=0.7
osnz(j)=(os(n-4)*usl4(n-4)+os(n-3)*usl4(n-3)+os(n-2)*usl4(n-2)+
7os(n-1)*usl4(n-1)+os(n)*usl4(n))
ossrnz(j)=(os(n-4)*usl4(n-4)+os(n-3)*usl4(n-3)+os(n-2)*usl4(n-2)
8+os(n-1)*usl4(n-1)+os(n)*usl4(n))/(dv(n-4)*usl4(n-4)+dv(n-3)*
6usl4(n-3)+dv(n-2)*usl4(n-2)+dv(n-1)*usl4(n-1)+dv(n)*usl4(n))
srDWW(j)=(DWW(n-4)*usl4(n-4)*DV(N-4)+DWW(n-3)*usl4(n-3)*DV(N-3)
4+DWW(n-2)*usl4(n-2)*DV(N-2)+DWW(n-1)*usl4(n-1)*DV(N-1)+DWW(n)*
5usl4(n)*DV(N))/(dv(n-4)*usl4(n-4)+dv(n-3)*usl4(n-3)+dv(n-2)*
7usl4(n-2)+dv(n-1)*usl4(n-1)+dv(n)*usl4(n))
dzvos2(j)=ossr2(j)/inf(53)
if(dzvos2(j).lt.0.95) dzvmg2(j)=0.95
if(dzvos2(j).gt.0.95.and.dzvos2(j).lt.1.05) dzvmg2(j)=1.0
if(dzvos2(j).gt.1.05) dzvmg2(j)=1.05
dzvmg2(j)=1
smdzv2(j)=dzvt2(j)*dzvmg2(j)
if(smdzv2(j).gt.1.2)smdzv2(j)=1.2

```

$cna1(j)=(46.8239+0.045119*seakxr-1.11223*tspol3(j))/36$

$cna1(j)=1$

$cna1(j)$ -ozenka provedena po metodu Ponomareva str.80 Rukovodstva
1962 goda

OZENKA USLOVIY PEREUVLAGJNENIJ POSLE ZVETENIJ

$if(us13(j).eq.1.and.os(j).gt.60)c5=c5-0.05$

$if(c5.lt.0.7)c5=0.7$

$jj=j0/(1.+0.65*ll)$

$call zas(ts1,ts2,ksifl,j0,m,fl,ll,dmm,ftl,f0l,qxr,$

$1exr,eakxr,gamf,ab41,Ftw1,Ftw2,Ftwqw,c1,c2,rb1,rb2,c3,gamf1,$

$2tsrvv1,wtp,wtopt2,betxr,tr2,rdf2,rdf3,gtk2,gtk3,ogtk2,ogtk3,$

$3gtk1,c13a,c14a,yr13a,$

$4yr14a,c15b,yr15b,seakxr,c4,c5)$

$fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1$

$dmm=fl-ar1*(0.015*m+0.28*fl)$

$if(ts2.gt.inf(6))dmm=0$

$ab32(j)=dmm*dv(j)$

$if(ab32(j).lt.0)ab32(j)=0$

$r3=ts2-inf(37)$

$v1=perv(r3,(inf(43)-inf(37)),inf(39))*ts1/1000$

$v1=ABS(v1)$

$v2=perv(r3,(inf(43)-inf(37)),inf(40))*ts1/1000$

$v2=ABS(v2)$

$v3=perv(r3,(inf(43)-inf(37)),inf(41))*ts1/1000$

$v3=ABS(v3)$

$v4=perv(r3,(inf(45)-inf(37)),inf(42))*ts1/1000$

$v4=ABS(v4)$

$if(ts2.lt.inf(37)) v1=0$

if(ts2.lt.inf(37)) v2=0

if(ts2.lt.inf(37)) v3=0

if(ts2.lt.inf(37)) v4=0

if(ts2.gt.inf(6)) v1=0

if(ts2.gt.inf(6)) v2=0

if(ts2.gt.inf(6)) v3=0

if(ts2.gt.inf(6)) v4=0

ml=ml+(b1*dmm-v1*ml)*dv(j)

ms=ms+(bs*dmm-v2*ms)*dv(j)

mr=mr+(br*dmm-v3*mr)*dv(j)

mp=mp+(bp*dmm+v1*ml+v2*ms+v3*mr)*dv(j)

UCHET POTER UROGJAJ ZA SCHET POLEGANIJ

c1=1

UCHET POTER UROGJAJ ZA SCHET STEKANIJ ZERNA

c2=1

UCHET ZASUXI

239 if(dv(j).gt.1)goto 265

265 if(j.eq.1.and.wp0(j).lt.20.and.OS(J).LT.15.AND.inf(35).eq.1

2)c3=c3-0.025

if(j.eq.1.and.wp0(j).lt.20.and.wm0(j).lt.100.and.inf(35).eq.2

2)c3=c3-0.025

if(j.eq.1.and.wp0(j).lt.20.and.wm0(j).lt.90.and.inf(35).eq.3

2)c3=c3-0.025

if(j.eq.2.and.wp0(j).lt.20.and.os(j).lt.15.

4and.dww(j).gt.7.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.025

if(j.eq.2.and.wp0(j).lt.20.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.100.

4and.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.2)c3=c3-0.025

if(j.eq.2.and.wp0(j).lt.20.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.90.

$4 \text{and.dww}(j).\text{gt.}9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}3)c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}20.\text{and.os}(j).\text{lt.}15.$
 $1 \text{and.dww}(j).\text{gt.}7.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}1)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}20.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}95.$
 $1 \text{and.dww}(j).\text{gt.}8.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}2)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}20.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}80.$
 $1 \text{and.dww}(j).\text{gt.}9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}3)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}15.\text{and.os}(j).\text{lt.}15.$
 $5 \text{and.dww}(j).\text{gt.}8.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}1)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}10.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}95.$
 $5 \text{and.dww}(j).\text{gt.}9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}2)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}3.\text{and.wp}0(j).\text{lt.}10.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}80.$
 $5 \text{and.dww}(j).\text{gt.}11.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}3)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $c=4$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.os}(j).\text{lt.}15.$
 $3 \text{and.dww}(j).\text{gt.}8.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}1)c3=c3-0.05$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}90.$
 $3 \text{and.dww}(j).\text{gt.}9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}2)c3=c3-0.05$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.os}(j).\text{lt.}10.\text{and.wm}0(j).\text{lt.}80.$
 $3 \text{and.dww}(j).\text{gt.}11.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.}3)c3=c3-0.05$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.os}(j).\text{lt.}15.\text{and.dww}(j).\text{gt.}10.9.\text{and.}$
 $2 \text{inf}(35).\text{eq.}1)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.dww}(j).\text{gt.}11.9.\text{and.}$
 $2 \text{wm}0(j).\text{lt.}90.\text{and.inf}(35).\text{eq.}2)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $\text{if}(j.\text{eq.}4.\text{and.dww}(j).\text{gt.}12.9$
 $2.\text{and.inf}(35).\text{eq.}3)c3=c3-(0.5*0.05)$
 $c=5$
 $\text{if}(j.\text{eq.}5.\text{and.os}(j).\text{lt.}15.$

3and.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.05

if(j.eq.5.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.80.

3and.dww(j).gt.9.9.and.inf(35).eq.2)c3=c3-0.05

if(j.eq.5.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.60.

3and.dww(j).gt.11.9.and.inf(35).eq.3)c3=c3-0.05

if(j.eq.5.and.os(j).lt.15.and.dww(j).gt.10.9.and.

5inf(35).eq.1)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.5.and.dww(j).gt.11.9.and.

5inf(35).eq.2)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.5.and.dww(j).gt.12.9

5.and.inf(35).eq.3)c3=c3-(0.025*0.5)

c=6

if(j.eq.6.and.os(j).lt.15.

6and.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.025

if(j.eq.6.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.60.

6and.dww(j).gt.9.9.and.inf(35).eq.2)c3=c3-0.025

if(j.eq.6.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.45.

6and.dww(j).gt.11.9.and.inf(35).eq.3)c3=c3-0.025

if(j.eq.6.and.os(j).lt.10.and.dww(j).gt.10.9.and.

2inf(35).eq.1)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.6.and.dww(j).gt.11.9.and.

2wm0(j).lt.60.and.inf(35).eq.2)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.6.and.dww(j).gt.12.9

2.and.inf(35).eq.3)c3=c3-(0.025*0.5)

c=7

if(j.eq.7.and.os(j).lt.15.

6and.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.025

if(j.eq.7.and.os(j).lt.10.and.wm0(j).lt.50.

$6 \text{and.dww}(j).gt.9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.2})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.7}.\text{and.os}(j).\text{lt.10}.\text{and.wm0}(j).\text{lt.40}.$
 $6 \text{and.dww}(j).gt.11.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.3})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.7}.\text{and.os}(j).\text{lt.10}.\text{and.dww}(j).gt.10.9.\text{and}$
 $3.\text{inf}(35).\text{eq.1})c3=c3-(0.0125*0.5)$
 $\text{if}(j.\text{eq.7}.\text{and.dww}(j).gt.11.9.\text{and.inf}(35).$
 $3\text{eq.2})c3=c3-(0.0125*0.5)$
 $\text{if}(j.\text{eq.7}.\text{and.dww}(j).gt.12.9$
 $3.\text{and.inf}(35).\text{eq.3})c3=c3-(0.0125*0.5)$
 $c=8$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.os}(j).\text{lt.15}.$
 $5 \text{and.dww}(j).gt.8.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.1})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.os}(j).\text{lt.10}.\text{and.wm0}(j).\text{lt.50}.$
 $5 \text{and.dww}(j).gt.9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.2})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.os}(j).\text{lt.10}.\text{and.wm0}(j).\text{lt.35}.$
 $5 \text{and.dww}(j).gt.11.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.3})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.os}(j).\text{lt.10}.\text{and.dww}(j).gt.10.9.\text{and}$
 $1.\text{inf}(35).\text{eq.1})c3=c3-(0.025*0.5)$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.dww}(j).gt.11.9.\text{and.inf}(35).$
 $1\text{eq.2})c3=c3-(0.025*0.5)$
 $\text{if}(j.\text{eq.8}.\text{and.dww}(j).gt.12.9$
 $1.\text{and.inf}(35).\text{eq.3})c3=c3-(0.025*0.5)$
 $c=9$
 $\text{if}(j.\text{eq.9}.\text{and.os}(j).\text{lt.15}.$
 $3 \text{and.dww}(j).gt.8.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.1})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.9}.\text{and.os}(j).\text{lt.5}.\text{and.wm0}(j).\text{lt.30}.$
 $3 \text{and.dww}(j).gt.9.9.\text{and.inf}(35).\text{eq.2})c3=c3-0.025$
 $\text{if}(j.\text{eq.9}.\text{and.os}(j).\text{lt.5}.\text{and.wm0}(j).\text{lt.25}.$

3and.dww(j).gt.11.9.and.inf(35).eq.3)c3=c3-0.025

if(j.eq.9.and.os(j).lt.10.and.dww(j).gt.10.9.and.

3inf(35).eq.1)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.9.and.dww(j).gt.11.9.and.

3inf(35).eq.2)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.9.and.dww(j).gt.12.9

3.and.inf(35).eq.3)c3=c3-(0.025*0.5)

c=10

if(j.eq.10.and.OS(J).LT.15.AND

8.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.025

if(j.eq.10.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.30.and

8.dww(j).gt.9.9.and.inf(35).eq.2)c3=c3-0.025

if(j.eq.10.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.25.and

8.dww(j).gt.11.9.and.inf(35).eq.3)c3=c3-0.025

if(j.eq.10.and.os(j).lt.10.and.dww(j).gt.10.9.and.

3inf(35).eq.1)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.10.and.dww(j).gt.11.9.and.

3inf(35).eq.2)c3=c3-(0.025*0.5)

if(j.eq.10.and.dww(j).gt.12.9

3.and.inf(35).eq.3)c3=c3-(0.025*0.5)

c=11

if(j.eq.11.and.OS(J).LT.15.

5and.dww(j).gt.8.9.and.inf(35).eq.1)c3=c3-0.025

if(j.eq.11.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.30.

5and.dww(j).gt.9.9.and.inf(35).eq.2)c3=c3-0.025

if(j.eq.11.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.25.

5and.dww(j).gt.11.9.and.inf(35).eq.3)c3=c3-0.025

if(j.eq.11.and.os(j).lt.10.and.dww(j).gt.10.9.and.

$3 \inf(35).eq.1) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.11.and.dww(j).gt.11.9.and.
 $3 \inf(35).eq.2) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.11.and.dww(j).gt.12.9
 $3.and.\inf(35).eq.3) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 c=12
 if(j.eq.12.and.OS(J).LT.15.
 $8.and.dww(j).gt.8.9.and.\inf(35).eq.1) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.12.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.30.
 $8.and.dww(j).gt.9.9.and.\inf(35).eq.2) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.12.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.25.
 $8.and.dww(j).gt.11.9.and.\inf(35).eq.3) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.12.and.os(j).lt.10.and.dww(j).gt.10.9.and.
 $3 \inf(35).eq.1) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 if(j.eq.12.and.dww(j).gt.11.9.and.
 $3 \inf(35).eq.2) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 if(j.eq.12.and.dww(j).gt.12.9
 $3.and.\inf(35).eq.3) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 c=13
 if(j.eq.13.and.OS(J).LT.5.
 $9.and.dww(j).gt.8.9.and.\inf(35).eq.1) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.13.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.30.
 $9.and.dww(j).gt.9.9.and.\inf(35).eq.2) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.13.and.os(j).lt.5.and.wm0(j).lt.25.
 $9.and.dww(j).gt.11.9.and.\inf(35).eq.3) c3 = c3 - (0.025 * 0.5)$
 if(j.eq.13.and.os(j).lt.5.and.dww(j).gt.10.9.and.
 $3 \inf(35).eq.1) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 if(j.eq.13.and.dww(j).gt.11.9.and.

$3 \text{inf}(35).\text{eq}.2) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 $\text{if}(j.\text{eq}.13.\text{and}.\text{dww}(j).\text{gt}.12.9$
 $3.\text{and}.\text{inf}(35).\text{eq}.3) c3 = c3 - (0.0125 * 0.5)$
 $\text{if}(c3.\text{lt}.0.7) c3 = 0.7$
 go to 487

SOVMESTNIY UCHET VSEX NEBLAGOPRIJTNIX DLJ FORMIR.
 REPRODUKTIVN.ORGANOV

487 continue

$\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.1) \text{ go to } 478$
 $\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.2) \text{ go to } 478$
 $\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.5) \text{ go to } 879$
 $\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.3) \text{ go to } 478$
 $\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.4) \text{ go to } 478$
 $478 \text{ ozab41}(j) = -0.094167 + 1.8207 * \text{ab41} - 5.1974 * (\text{ab41})^{**2} + 9.55 * (\text{ab41})^{**3}$
 $4 - 4.8805 * (\text{ab41})^{**4}$

go to 533

$879 \text{ ozab41}(j) = -5.3687 + 32.359 * \text{ab41} - 72.699 * (\text{ab41})^{**2} + 86.704 * (\text{ab41})^{**3}$
 $4 - 56.298 * (\text{ab41})^{**4} + 18.719 * (\text{ab41})^{**5} - 2.4961 * (\text{ab41})^{**6}$

go to 533

533 $\text{if}(\text{usl4}(j).\text{eq}.1.\text{and}.\text{ozab41}(j).\text{gt}.1) \text{ ozab41}(j) = 0.9$

$\text{if}(\text{ozab41}(j).\text{lt}.0.701) \text{ go to } 831$

$\text{if}(\text{ozab41}(j).\text{gt}.0.701) \text{ go to } 844$

831 $\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.1.\text{and}.\text{usl3}(j).\text{eq}.1.\text{and}.\text{gtk3}.\text{gt}.0.8) \text{ go to } 832$

$\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.2.\text{and}.\text{usl3}(j).\text{eq}.1.\text{and}.\text{gtk3}.\text{gt}.0.8) \text{ go to } 832$

$\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.5.\text{and}.\text{usl3}(j).\text{eq}.1.\text{and}.\text{gtk3}.\text{gt}.0.8) \text{ go to } 832$

$\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.3.\text{and}.\text{usl3}(j).\text{eq}.1) \text{ go to } 833$

$\text{if}(\text{inf}(34).\text{eq}.4.\text{and}.\text{usl3}(j).\text{eq}.1) \text{ go to } 833$

832 $\text{ozab41}(j) = 0.7$

```

go to 844
833 ozab41(j)=ozab41(j)
if(ozab41(j).lt.ab41) ozab41(j)=ab41
go to 844
844 continue
if(c1.lt.0.7)c1=0.7
if(c2.lt.0.7)c2=0.7
if(ab41.lt.0.799) c2=1
if(ab41.lt.0.799) c1=1
if((inf(35).eq.1.or.inf(35).eq.2.and.ozab41(j).gt.0.7)c3=1
if((inf(35).eq.1.or.inf(35).eq.2.and.ozab41(j).lt.0.7)c3=c3
if((inf(35).eq.3)c3=c3
if(usl1(1).eq.0) c21(j)=ozab41(j)
if(usl1(2).eq.0) c21(j)=ozab41(j)
if(usl1(3).eq.0) c21(j)=ozab41(j)
if(usl1(j).eq.1) c21(j)=(((1-((1-dzvt(j)))+(1-c3))))*(ozab41(j)))
4*0.5
if(usl1(j).eq.0.and.usl2(j).eq.1) c21(j)=0
if(usl1(j).eq.0.and.usl3(j).eq.1) c21(j)=0
if(usl2(j).eq.1) c22(j)=((((((1-((1-(ogtk2*c3)**0.5)+(1-c1)+
4(1-smdzv1(j)))))))*(ozab41(j)))**0.5))*c4)**0.5
if(usl3(j).eq.1) c23(j)=((((((1-((1-(ogtk3*c3)**0.5)+(1-c1)+
4(1-c2)+(1-smdzv2(j)))))))*(ozab41(j)))**0.5))*c5)**0.5
if(usl1(1).eq.0) c24(j)=ozab41(j)
if(usl1(2).eq.0) c24(j)=ozab41(j)
if(usl1(3).eq.0) c24(j)=ozab41(j)
if(usl1(J).eq.1) c24(j)=c21(j)
if(usl1(j).eq.1.and.usl2(j).eq.1) c24(j)=(c21(j)*c22(j))**0.5

```



```

if(usl1(j).eq.0.and.usl2(j).eq.1) c24(j)=c22(j)
if(usl2(j).eq.1.and.usl3(j).eq.1) c24(j)=(c22(j)*c23(j))**0.5
if(usl2(j).eq.0.and.usl3(j).eq.1) c24(j)=c23(j)
if(usl3(j).eq.0) c6=c6+c24(j)
c13a=c6/(n+1-usl3(n-6)-usl3(n-5)-usl3(n-4)-usl3(n-3)
4-usl3(n-2)-usl3(n-1)-usl3(n))
if(usl3(j).eq.1) c8=c8+c24(j)
c14a=c8/(usl3(n-6)+usl3(n-5)+usl3(n-4)+usl3(n-3)
4+usl3(n-2)+usl3(n-1)+usl3(n))
if(usl4(j).eq.1) c11=c11+ab41
c12=c11/(usl4(n-6)+usl4(n-5)+usl4(n-4)+usl4(n-3)
4+usl4(n-2)+usl4(n-1)+usl4(n))
if(j.eq.n) go to 448
448 continue
if(inf(35).eq.1.and.c12.gt.0.801.and.gtk3.gt.2.701) goto 452
if(inf(35).eq.1.and.c12.lt.0.801.and.gtk3.lt.2.701)
4goto 446
if(inf(35).gt.1.and.c12.gt.0.801.and.gtk3.gt.2.401)
4goto 452
if(inf(35).gt.1.and.c12.lt.0.801.and.gtk3.lt.2.401)
4goto 446
452 c15b=(c13a*0.75+c14a*0.25)-(1-c2)
go to 447
446 c15b=(c13a*0.75+c14a*0.25)
if(inf(35).eq.3.and.c15b.gt.c3)c15b=c3
go to 447
447 continue
337 format(1x,4f10.3)

```

RASCHET PLOSHADI LISTJEV ,m*2/m*2

367 yr3=inf(58)
 yr4=inf(59)
 r2=ts2-inf(37)
 zxt(j)=r2/(inf(6)-inf(37))
 cg(j)=zxt(j)/(inf(44)+0.52*zxt(j))
 if(ts2.lt.inf(37)) cg(j)=0
 if(ts2.gt.inf(6)) cg(j)=0.78125
 mg3(j)=yr3*0.86*(inf(44))*10
 mg4(j)=yr4*0.86*(inf(44))*10
 mg=mp*inf(44)
 if(ts2.lt.inf(37)) mg=0.0
 yr0=mg*1.14*0.1
 YR13a=MG*1.14*0.1*C13a
 YR14a=MG*1.14*0.1*C14a
 yr15b=MG*1.14*0.1*C15b
 if(yr15b.gt.inf(58))yr15b=inf(58)
 if(yr15b.lt.inf(59))yr15b=inf(59)
 if(ts2.lt.(0.8*inf(6)))yr15b=0.00
 m=ml+ms+mr+mp
 ab19(j)=yr0
 if(ts2.lt.inf(37))vLA1(j)=(0.044297+0.026099*(ts2/inf(37))
 3+0.87814*(ts2/inf(37))**2+3.146*(ts2/inf(37))
 3**3-3.1015*(ts2/inf(37))**4)*(0.17245+(0.1437*yr3)-0.00243*
 3(yr3**2)+0.000024315*(yr3**3))
 if(ts2.eq.inf(37))vLA1(j)=1.0-(0.17245+(0.1437*yr3)-0.00243*
 3(yr3**2)+0.000024315*(yr3**3))
 if(ts2.gt.inf(37))vLA1(j)=(1.0069-0.35619*((ts2-inf(37))/(inf(6)

$3 - \text{inf}(37)) + 0.74286 * ((\text{ts}2 - \text{inf}(37)) / (\text{inf}(6) - \text{inf}(37)))^{**2} - 1.3867 * 3 * ((\text{ts}2 - \text{inf}(37)) / (\text{inf}(6) - \text{inf}(37)))^{**3} * (0.17245 + (0.1437 * \text{yr}3))$
 $3 - 0.00243 * (\text{yr}3^{**2}) + 0.000024315 * (\text{yr}3^{**3})$
 if(vLA1(j).lt.0.01) vLA1(j)=0.01
 if(ts2.lt.inf(37))vLA2(j)=(0.044297+0.026099*(ts2/inf(37))
 $3 + 0.87814 * (\text{ts}2 / \text{inf}(37))^{**2} + 3.146 * (\text{ts}2 / \text{inf}(37))$
 $3^{**3} - 3.1015 * (\text{ts}2 / \text{inf}(37))^{**4} * (0.17245 + (0.1437 * \text{yr}4) - 0.00243 * 3 * (\text{yr}4^{**2}) + 0.000024315 * (\text{yr}4^{**3}))$
 if(ts2.eq.inf(37))vLA2(j)=1.0-(0.17245+(0.1437*yr4)-0.00243*
 $3 * (\text{yr}4^{**2}) + 0.000024315 * (\text{yr}4^{**3}))$
 if(ts2.gt.inf(37))vLA2(j)=(1.0069-0.35619*((ts2-inf(37))/(inf(6)
 $3 - \text{inf}(37)) + 0.74286 * ((\text{ts}2 - \text{inf}(37)) / (\text{inf}(6) - \text{inf}(37)))^{**2} - 1.3867 * 3 * ((\text{ts}2 - \text{inf}(37)) / (\text{inf}(6) - \text{inf}(37)))^{**3} * (0.17245 + (0.1437 * \text{yr}4))$
 $3 - 0.00243 * (\text{yr}4^{**2}) + 0.000024315 * (\text{yr}4^{**3}))$
 if(vLA2(j).lt.0.01) vLA2(j)=0.01
 $d13 = (\text{bl} * \text{dmm} - \text{v}1 * \text{ml}) * \text{dv}(j)$
 $\text{upp}(j) = (42.701 - 10.859 * (\text{ts}2 / \text{inf}(6)) + 21.096 * (\text{ts}2 / \text{inf}(6))^{**2}) + 10$
 if(d13.ge.0) ll=ll+d13/upp(j)
 if(d13.ge.0) ll=ll+d13/inf(20)
 if(ll.lt.vLA2(j)) ll=vLA2(j)
 if(ll.gt.vLA1(j)) ll=vLA1(j)
 $\text{bd}1 = \text{inf}(39) * \text{upp}(j)$
 $\text{bd}1 = \text{inf}(39) * \text{inf}(20)$
 if(d13.lt.0) ll=ll+d13/bd1
 if(ll.lt.vLA2(j)) ll=vLA2(j)
 if(ll.gt.vLA1(j)) ll=vLA1(j)
 if(j.eq.n)ll=0.01
 if(ll.lt.0.01) ll=0.01

llm(j)=ll
vLA3(j)=ll
if(ll.lt.0) ll=0.01
j1m(j)=j
gim(j)=gi
flm(j)=fl
ksi(j)=ksifl
gamfm(j)=gamf
gamf1m(j)=gamf1
ftlm(j)=ftl
dmmm(j)=dmm
f0lm(j)=f0l
blm(j)=bl
bsm(j)=bs
brm(j)=br
bpm(j)=bp
aflm(j)=afl
arlm(j)=arl
ldmm(j)=dmm
qm(j)=q
qxrm(j)=qxr
exrm(j)=exr
eakxrm(j)=eakxr
ab41m(j)=ab41
Ftw1m(j)=Ftw1
Ftw2m(j)=Ftw2
c1m(j)=c1
c2m(j)=c2

```
c3m(j)=c3
c4m(j)=c4
c5m(j)=c5
c13am(j)=c13a
yr13am(j)=yr13a
c14am(j)=c14a
yr14am(j)=yr14a
c15bm(j)=c15b
yr15bm(j)=yr15b
ts1m(j)=ts1
ts2m(j)=ts2
Wotop(j)=wtp
xw11(j)=Wtopt2
betxrm(j)=betxr
gtk2m(j)=gtk2
gtk3m(j)=gtk3
ozgtk2(j)=ogtk2
ozgtk3(j)=ogtk3
write(6,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,mg
139 format(4x,'i',i5,'i',i4,2x,'i',f8.3,1x,'i',1x,f8.3,'i',1x,f8.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
j1=j1+1
99 continue
write(6,121)
write(6,120)
write(6,1200)
1200 format(4x,72('-'))
write(6,140)
```

```

write(6,121)
write(6,667)
667 format(10x,'T A B L I Z A R.2.')
write(6,140)
write(6,1701)
write(6,1711)
1701 format(10x,'PLOSCHAD LISTJEV(LL-m2/m2), SUMMI
TEMPERATUR,')
1711 format (10x,'FOTOSINTES(ftl-mgCO2/dm2*chas) I PRIROST
MASSI(DM)')
write(6,140)
write(6,143)
143 format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',2x,'i',2x,'LL',1x,'i',3x,'q',4x,
4'i',2x,'ts1',2x,'i',3x,'ts2',2x,'i',2x,'f0l',2x,'i',1x,' ftl ',1x
4,'i','DM(g/m2','i')
write(6,140)
do 154 ji=1,j1
write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(ji),qm(ji),ts1m(ji),ts2m(ji)
4,f0lm(ji),ftlm(ji),ab32(ji)
154 continue
151 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',f5.2,
4'i',f8.3,'i',f7.3,'i',f8.3,'i',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f7.2,'i')
write(6,121)
write(6,1607)
1607 format(1x,76('='))
write(6,140)
write(6,140)
write(6,3337)

```

```

3337 format(10x,'T A B L I Z A R.3')
write(6,140)
write(6,221)
221 format(15x,'WLAGOOBESPECHENNOST I FUNKZII VLIJNIJ NA
FOTOSINTES')
write(6,140)
write(6,223)
223 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',2x,'epot',1x,'i',
42x,'GTK',1x,'i',2x,'Ftw1',2x,'i',2x,'Ftw2i otwlagi eakt i(obob.fu
4nkz.vl.wlagi)i')
write(6,220)
do 45 j=1,n
write(6,224)j,gim(j),exrm(j),gtk(j),Ftw1m(j),Ftw2m(j),otwlag(j),
4eakxrm(j),ab41m(j)
224 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',f7.3,'i',6(f7.3,'i'))
45 continue
write(6,1607)
write(6,220)
write(6,220)
write(6,3361)
3361 format(10x,'T A B L I Z A R.4.')
140 format(4x,72('-'))
write(6,140)
write(6,1142)
write(6,1147)
1142 format(10x,'OPTIMALNNE TEMPERATURI I WLAGJNOST
POCHVI')
1147 format(10x,'DLJ FOTOSINTESA')

```

```

write(6,140)
write(6,220)
write(6,225)
225 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',1x,' ts ',1x,'i',1x,'TOP1',1x,
4'i',1x,'TOP2',1x,'i','ksifl i W0 i Wopn i Wopv i gamf i gamf1i4')
write(6,220)
do 88 j=1,n
write(6,222)j,gim(j),ts(j),TOP1(j)+0.5,TOP2(j)-0.5,ksi(j),W0(j),
4xw3(j),xw11(j),gamfm(j),gamf1m(j)
222 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',3(f5.2,' i'),f5.2,' i',3(f5.0,'i'),
42(f5.2,' i'))
88 continue
write(6,140)
write(6,140)
write(6,7733)
7733 format(10x,'T A B L I Z A R.5.')
220 format(4x,72('-'))
write(6,220)
write(6,8139)
write(6,8142)
8139 format(15x, 'OZENKA USLOVIY (otnisit.ediniz.',f10.3)
8142 format(15x, '(snigenie urogaj za schet deystvij raznix faktorov)',5f10.3)
write(6,220)
write(6,8801)
write(6,8803)
write(6,8804)
write(6,8805)
8801 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',1x,'vsxd.',1x,'i',1x,'obraz'

```



```

3,1x,'i',1x,'zvetn',1x,'i','zasu-ipoxo-ipere -i ozeniozen i wlogo-4')
8803 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',1x,'obraz',1x,'i',1x,'zvetk'
3,1x,'i',1x,'sozre',1x,'i',' xa i lodaiuvlag ikaGTKikaGTK iobes-4')
8804 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',1x,'zvetk',1x,'i',1x,'zvetn'
3,1x,'i',1x,'vanie',1x,'i','i nie inenie iob.zvizvetenipechen4')
8805 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',1x,'dzvt ',1x,'i',1x,'sdzv1'
3,1x,'i',1x,'sdzv2',1x,'i',' c3 i c4 i c5 izvet isozrevi nost4')
write(6,220)
do 899 j=1,n
write(6,8802)j,gim(j),dzvt(j),smdzv1(j),smdzv2(j),c3m(j),c4m(j),
2c5m(j),ozgtk2(j),ozgtk3(j),ozab41(j)
8802 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',3(f5.2,' i'),f5.2,' i',2(f5.2,'i'),2f5.2,'i',f6.2,' i',f7.3,'i')
899 continue
write(6,220)
write(6,220)
write(6,1148)
1148 format(10x,'T A B L I Z A R.6.')
write(6,220)
write(6,213)
213 format(15x,'ITOGOVAJ OZENKA PO DEKADAM', f10.3)
write(6,220)
write(6,901)
write(6,1901)
901 format(1x,'i','dek','i','cyt','i','vsxodi','i','obr.zv '
4,1x,'i','zveten ',i,'Itogovaj i yr0 iyr13a iyr14a iyr15b 4)i ')
1901 format(1x,'i','dek','i','cyt','i','obr.zv',i,'zvet '4,1x,'i','sozrev',i,'ozenka4)i ')
write(6,220)
do 299 j=1,n

```

```
write(6,902)j,gim(j),c21(j),c22(j),c23(j),c24(j),ab19(j),
2yr13am(j),yr14am(j),yr15bm(j)
902 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',2(f5.2,' i'),(2x,f5.2,2x,'i'),2x,f5.2
4,1x,' i',3(f6.2,'i'),1x,f6.2,' i')
299 continue
write(6,220)
write(6,220)
write(6,2291)
2291 format(10x,'TABLIZA R.7')
write(6,220)
write(6,9631)
9631 format(10x,'SVODNIE DANNIE PO OZENKE USLOVIY I
PROGNOZU')
write(6,220)
write(6,978)dzvt(n)
write(6,984)smdzv1(n)
write(6,115)gtk2
write(6,116)ogtk2
write(6,985)smdzv2(n)
write(6,129)gtk3
write(6,131)ogtk3
write(6,1982)cnal(n)
write(6,981)c3m(n)
write(6,979)c4m(n)
write(6,980)c5m(n)
write(6,127)C13a
write(6,196)c15b
write(6,164)ab39(n)
```

```

write(6,220)
c164 format(1x,'yrfm =',f10.3)
978 format(1x,'c-ozenka usloviy vsxodi-obrazovanie sozvetiy =',f10.3)
984 format(1x,'c-oz.po dliteln.perioda obr.sozvet.-zvetenie =',f10.3)
115 format(1x,' GTK2 perioda obrazovanie sozvetiy-zvetenie =',f10.3)
116 format(1x,'Ozenka uslov. po GTK2 perioda obr.soz.-zvet. =',f10.3)
985 format(1x,'c-oz.po dliteln.perioda zvetenie-sozrevanie =',f10.3)
129 format(1x,'GTK3 perioda zvetenie-sozrevanie =',f10.3)
131 format(1x,'Ozenka uslov.po GTK3 perioda zvet.-sozrevan.=',f10.3)
c1982 format(1x,'Ozenka usloviy naliva zerna (Cnal(j)) =',f10.3)
981 format(1x,'c3-ozenka poter za schet zasuxi i suxoveev =',f10.3)
979 format(1x,'c4-oz.poter izza siln.poxolod.v obr.soz.-zvet.=',f10.3)
980 format(1x,'c5-oz.poter izza pereuvlagjnenij posle zveten.=',f10.3)
127 format(1x,'C13a-ozenka perioda vsxodi -zvetenie =',f10.3)
193 format(1x,'C14a-ozenka perioda zvetenie-sozrevanie =',f10.3)
196 format(1x,'C15b-itogovaj ozenka polnogo perioda vegetazii=',f10.3)
write(6,852)yr15bm(n)
852 format(1x,'UROGAY (z/ga) pri 14% vlagnosti zerna =',f7.3)
write(6,827)sumdzv(n)
write(6,828)tsr(n),dzv(n),dzvt(n),ossr(n),dzvos(n),dzvmg(n)
827 format(1x,'sumdzv=',f7.3)
828 format(1x,'tsr=',f7.3,'dzv(n)=',f7.3,'dzvt(n)=',f7.3,'ossr=',f7.3,
4 'dzvos=',f7.3,'dzvmg=',f7.3)
write(6,837)smdzv1(n),ospol1(n)
write(6,838)tsr1(n),dzv1(n),dzvt1(n),ossr1(n),dzvos1(n),dzvmg1(n)
837 format(1x,'smdzv1=',f7.3,'ospol1=',f7.3)
838 format(1x,'tsr1=',f7.3,'dzv1=',f7.3,'dzvt1=',f7.3,'ossr1=',f7.3,
4 'dzvos1=',f7.3,'dzvmg1=',f7.3)

```

```

write(6,847)smdzv2(n),ospol3(n)
write(6,848)tr2,dzv2(n),dzvt2(n),ossr2(n),dzvos2(n),dzvmg2(n)
write(6,849)osnz(n),ossrnz(n),srdww(n)
847 format(1x,'smdzv2=',f7.3,'ospol3=',f7.3)
848 format(1x,'tr2=',f7.3,'dzv2=',f7.3,'dzvt2=',f7.3,'ossr2=',f7.3,
4 'dzvos2=',f7.3,'dzvmg2=',f7.3)
849 format(1x,'osnz=',f7.3,'ossrnz=',f7.3,'srdwwnz=',f7.3)
write(6,220)
return
end
subroutine zas(ts1,ts2,ksifl,j0,m,fl,ll,dmm,ftl,f0l,
1qxr,exr,eakxr,gamf,ab41,Ftw1,Ftw2,Ftwqw,c1,c2,rb1,rb2,c3,
2gamf1,tsrvv1,wtp,wtopt2,betxr,tr2,rdf2,rdf3,gtk2,ogtk2,ogtk3,
3gtk3,gtk1,c13a,c14a,
4yr13a,yr14a,c15b,yr15b,seakxr,c4,c5)
common wp0(35),wm0(35),ts(35),ss(35),os(35),usl1(35),usl2(35)
common usl3(35),usl4(35),dv(35),inf(60),pnor(35),dww(35),hgr(35)
common n,t0,n2,n1,fi,j
common /zass/ filt(35),vgr(35),
1eakt(35),epot(35),otwlag(35),xw3(35),w0(35),eaktxr(35),ab41m(35),
2Ftw1m(35),Ftw2m(35),
3top1(35),top2(35),c1m(35),c2m(35),c3m(35),ab39(35),
4ab49(35),ab59(35),tsr(35),dzv(35),dzvmg(35),ossr(35),dzvos(35),
5sumdzv(35),dzvt(35),eakxr1(35),c21(35),c22(35),c23(35),c24(35),
7tsr1(35),dzv1(35),dzvt1(35),ossr1(35),dzvos1(35),dzvmg1(35),
8smdzv1(35),tsr2(35),dzv2(35),dzvt2(35),ossr2(35),dzvos2(35),
9dzvmg2(35),smdzv2(35),gamf1m(35),osnz(35),ospol1(35),
1ospol2(35),ospol3(35),tspol1(35),tspol2(35),tspol3(35),

```

```

2zxt(35),cg(35),upp(35),gtk(35),cgtk(35),Wotop(35),
3x11(35),xw11(35),betxrm(35),x12(35),rdf2m(35),rdf3m(35),gtk2m(35),
4gtk3m(35),ozgtk2(35),ozgtk3(35),em(35),ab239(35),gtk1m(35),
5vLA1(35),vLA2(35),vLA3(35),ozab41(35),cnal(35),c4m(35),c5m(35)
common c13am(35),c14am(35),ossrnz(35),yr13am(35),
4yr14am(35),mg3(35),mg4(35),rstek(35),srdww(35),
5c15bm(35),yr15bm(35)
common /zass1/ afl,arl
real ts1,ts2,afl,ksifl,j0,m,fl,inf,ll,qxr,exr,eakxr,ab41
real a,b,fgzlf1,fgzlf2,zslp,zslp1,zslf1,gamf
real f2min,dmm,otkolw,e,p,ftl
real jj,f0l,obmin
integer t0,dv,ncp,ncp1
19 dmm=(fl-arl*(0.015*m+0.28*fl))
CVODNIY BLOK
if(j.gt.1)go to 2001
epot(j)=0.5*dww(j)*dv(j)*0.75
x12(j)=(ts2/inf(6))
betxr=0.89554-1.2546*x12(j)+20.303*(x12(j))**2-60.042*(x12(j))
2**3+65.887*(x12(j))**4-24.840*(x12(j))**5
vgr(j)=epot(j)/exp(1.55*hgr(j))
exr=16.7*((inf(30)*qxr)-(dv(j)*inf(31)*0.001))
eakxr=(2*inf(46)+(os(j)+pnor(j)))/
1 (1+(2*(inf(7)-inf(47)))/(betxr*exr))
IF(EAKXR.GT.exr)EAKXR=exr
if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr
seakxr=seakxr+eakxr
filt(j)=inf(46)+os(j)+pnor(j)-inf(7)-eakxr

```

```

if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
w0(j)=inf(46)+os(j)+pnor(j)-eakxr-filt(j)+vgr(j)
if(hgr(j).eq.0)w0(j)=inf(7)
go to 2002
go to 2003
2001 continue
epot(j)=0.5*dww(j)*dv(j)*0.75
x12(j)=(ts2/inf(6))
betxr=0.89554-1.2546*x12(j)+20.303*(x12(j))**2-60.042*(x12(j))
2**3+65.887*(x12(j))**4-24.840*(x12(j))**5
vgr(j)=epot(j)/exp(1.55*hgr(j))
exr=16.7*((inf(30)*qxr)-(dv(j)*inf(31)*0.001))
eakxr=(2*w0(j-1)+(os(j))+pnor(j))/
1(1+(2*(inf(7)-inf(47)))/(betxr*exr))
IF(EAKXR.GT.EXR)EAKXR=EXR
if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr
seakxr=seakxr+eakxr
filt(j)=w0(j-1)+os(j)+pnor(j)-inf(7)-eakxr
if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
w0(j)=w0(j-1)+os(j)+pnor(j)-eakxr-filt(j)+vgr(j)
if(hgr(j).eq.0)w0(j)=inf(7)

```

RASCHEK FUNKZIY VLIJNII UVLAGJNENII PO RASCHITANNOY
VLAGJNOSTI POCHVI

```

2002 x11(j)=(ts2/inf(6))
if(x11(j).lt.0.1) Wtp=0.65
if(x11(j).gt.0.1.and.x11(j).lt.0.75) Wtp=0.75
if(x11(j).gt.0.75) Wtp=0.65
wtopt2=inf(7)

```

```

xw1=W0(j)/(wtp*inf(7))
xw2=W0(j)/Wtopt2
if(xw2.gt.1.1)xw2=1.1
if(W0(j).gt.Wtopt2)gamf=-0.654+3.824*xw2-2.633*(xw2**2)+0.467*
7(xw2**3)
if(W0(j).lt.(wtp*inf(7)))gamf=-1.163*(xw1**2)+2.187*(xw1)
if(W0(j).gt.(wtp*inf(7)).and.W0(j).lt.Wtopt2) gamf=1.0
if(gamf.gt.1)gamf=1
if(gamf.lt.0.1)gamf=0.1

```

RASCHET FUNKZIY VLIJNIJ UVLAGJNENIJ PO FAKTICHESKOY
VLAGJNOSTI POCHVI

```

2003 x11(j)=(ts2/inf(6))
if(x11(j).lt.0.1) Wtp=0.65
if(x11(j).gt.0.1.and.x11(j).lt.0.75) Wtp=0.75
if(x11(j).gt.0.75) Wtp=0.65
xw3(j)=wtp*inf(7)
xw1f=Wm0(j)/(wtp*inf(7))
xw2f=Wm0(j)/Wtopt2
if(xw2f.gt.1.1)xw2f=1.1
if(Wm0(j).lt.(wtp*inf(7)))gamf1=-1.163*(xw1f**2)+2.187*(xw1f)
if(Wm0(j).gt.(wtp*inf(7)).and.Wm0(j).lt.Wtopt2) gamf1=1.0
if(Wm0(j).gt.Wtopt2)gamf1=-0.654+3.824*xw2f-2.633*(xw2f**2)
4+0.467*(xw2f**3)
if(gamf1.gt.1)gamf1=1
if(gamf1.lt.0.1)gamf1=0.1
otkolw=epot(j)
e=eakxr/(exr)*betxr
if(e.lt.0.1)e=0.1

```

go to 813

813 continue

if(inf(34).lt.5)go to 339

if(inf(34).eq.5)go to 328

339 ab41=(gamf*e*gamf1)**(0.333)

go to 343

328 ab41=e

go to 343

343 otwlag(j)=e

RASCHET TEMPERATURNOY KRIVVOY - KSIFL

$X2=(TS2+60)/(INF(6)+60)$

if(inf(34).eq.1)TOP1(J)=6.6275+20.697*X2-11.013*((X2)**2)

if(inf(34).eq.1)TOP2(J)=13.735+10.817*X2-5.5725*((X2)**2)

if(inf(34).eq.2)TOP1(J)=6.8373+17.97*X2-8.389*((X2)**2)

if(inf(34).eq.2)TOP2(J)=13.10+12.037*X2-6.5032*((X2)**2)

if(inf(34).eq.3)TOP1(J)=4.8325+26.956*X2-14.197*((X2)**2)

if(inf(34).eq.3)TOP2(J)=11.481+15.018*X2-5.7857*((X2)**2)

if(inf(34).eq.4)TOP1(J)=4.8325+26.956*X2-14.197*((X2)**2)

if(inf(34).eq.4)TOP2(J)=11.481+15.018*X2-5.7857*((X2)**2)

if(inf(34).eq.5)TOP1(J)=7.3926+20.19*X2-10.278*((X2)**2)

if(inf(34).eq.5)TOP2(J)=13.382+15.207*X2-8.2246*((X2)**2)

$R7=TS(J)-(TOP1(J)+0.5)$

$T=(TS(J)-inf(32))/((TOP1(J)+0.5)-inf(32))$

Tretjj formula dlj ksifl (T3)

if(r7.lt.0) KSIFL=13.7*SIN(0.0774*XT)

$r8=ts(j)-(top2(j)-0.5)$

$xt1=(ts(j)-(top2(j)-0.5))/(inf(33)-(top2(j)-0.5))$

chetvertaj formula dlj ksifl (t4)


```

if(r8.gt.0) ksifl=1.1323*cos(1.5705*xt1)-0.1323
if(r7.gt.0.and.ts(j).lt.(top2(j)-0.5))ksifl=1.0
if( ksifl.lt.0.1 ) ksifl=0.1
if(ksifl.gt.1.0) ksifl=1.0
Ftw1=(ksifl*ab41)**0.5
if(Ftw1.lt.0.4) Ftw1=0.4
if(ts(j).lt.top1(j)) Ftw2=Ftw1*(1+(1-ksifl)*(1-ab41))
if(ts(j).gt.top1(j).and.ts(j).lt.top2(j)) Ftw2=Ftw1
if(ts(j).gt.top2(j)) go to 384
384 if(inf(34).eq.1) go to 386
if(inf(34).eq.2) go to 386
if(inf(34).eq.3) go to 385
if(inf(34).eq.4) go to 385
if(inf(34).eq.5) go to 386
385 Ftw2=Ftw1*(1-(1-ksifl)*(1-ab41))
go to 387
386 if(ts(j).gt.top2(j).and.ab41.gt.0.501) Ftw2=(ab41)**0.5
if(ts(j).gt.top2(j).and.ab41.lt.0.501) Ftw2=Ftw1
go to 387
387 continue
jj=j0/(1+0.38*ll)
f0l=(inf(25)*inf(26)*jj)/(inf(25)+inf(26)*jj)
ftl=afl*f0l*Ftw2
return

```

