

**Полтавське відділення академії наук
технологічної кібернетики України**

**ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ
ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО
ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І СТВОРЕННЯ
СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ**

Колективна монографія

Полтава – 2022

розбавлення стічних вод) до обсягів сумарного надходження води на територію з урахуванням об'єму нормативно очищених зворотних вод.

План управління включає оцінку небезпек, ризиків, методи заохочення сталих методів раціонального використання водних ресурсів. Пріоритетним напрямком є забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини, а також заходи покращення природних механізмів процесів саморегуляції.

Таким чином, у більшості країн ЄС процес управління водними об'єктами здійснюється за басейновим принципом, який є найефективнішим з відомих на сьогоднішній день. Басейновий принцип управління водними об'єктами дозволяє визначати основні напрямки та передумови управління якісним та кількісним станом поверхневих та підземних водних об'єктів, дає можливість реалізувати стратегію державної політики, яка спрямована на запобігання виснаження водних об'єктів.

3.3. Агроекологічні особливості вирощування гороху в умовах змін клімату в Вінницькій області

Колосовська В. В.

Одеський державний екологічний університет

Тривалий час основною зернобобовою культурою в Україні був горох. Цінність гороху обумовлена його здатністю формувати досить високі і стабільні врожаї зерна в порівнянні з іншими бобовими культурами, а також хорошими показниками якості зерна і нетривалим вегетаційним періодом. Він є одним з кращих попередників для озимих культур.

Горох – одним з дешевих джерел високоякісного білка. Також, він належить до одного з кращих покращувачів ґрунтів, так як за вегетаційний період зв'язує з повітря близько 100 кг/га азоту в діючій речовині. Завдяки бульбочковим бактеріям в ризосфері рослин зосереджується корисний комплекс мікроорганізмів, що оздоровлює ґрунт. Горох є найкращим попередником в сівозміні для більшості сільськогосподарських культур [339].

Сучасні біотехнології відкривають нові можливості використання гороху в техніці (виробництва спирту, біодеградуєчих полімерів та ін.), в медицині і фармацевтиці.

Як зернобобова рослина, горох цінний і в агротехнічному відношенні. Він за допомогою бульбочкових бактерій, які поселяються на корінні, засвоює азот повітря. При сприятливих умовах горох залишає в ґрунті до 100–120 кг/га азоту, що рівнозначно 20–25 т/га гною.

³³⁹ Рожков А. О. Рослинництво : навч. посібник. Харків : Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.

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

Останнім часом посівні площі гороху значно зменшилися (в 2014 році посівні площі гороху по Україні зменшились до 154 тис. га, а виробництво – до 360 тис. тон). Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні у три рази (2017 – посівна площа становила 410 тис. га, а вже в 2018 р. – зросла до 430 тис. га).

Горох – культура великих потенційних можливостей і при створенні оптимальних умов вирощування забезпечує високі врожаї зеленої маси і зерна. Завдяки високій врожайності та кормовій цінності, горох набув широкого розповсюдження по всій території України. Значні коливання врожайності гороху визначаються впливом погодних умов на фотосинтетичну продуктивність рослин. Урожайність гороху залежить від технології вирощування, клімату, сортів та багатьох інших факторів.

Перепоною для одержання високих урожаїв гороху є несприятливі природно-кліматичні умови останніх років, брак стабільного попиту на внутрішньому ринку, складне економічне становище сільгосппідприємств, тому все частіше сільгоспвиробники віддають перевагу культурам, ризики і витрати на вирощування яких є меншими, а обсяги виробництва – більшими, а також не оптимізована й малоефективна технологія вирощування гороху.

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 набухання 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 відноситься до вологолюбних культур. Для одержання високих урожаїв необхідна вологість ґрунту 70–80 % НВ.

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.

Горох – культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах [340].

Прояви і наслідки глобальних змін клімату стають все більш відчутними в Україні. За останні 130 років температура в світі зросла приблизно на 0,85 °С. За останні 25 років темпи глобального потепління прискорилися,

³⁴⁰ Зінченко О. І. Рослинництво : практикум. Вінниця : Нова Книга, 2008. 536 с.

перевищивши 0,18 °C за десятиліття. За останні 20 років середньорічна температура зросла на 0,8 °C, в результаті чого погодні умови на більшій частині території нашої держави стають більш жорсткими і непередбачуваними. Погодні умови в більшості регіонів України на сьогоднішній день є малосприятливими для накопичення і збереження продуктивної вологи в ґрунті – основного фактора отримання якісних сходів зернобобових культур. Тривала відсутність опадів і високі температури повітря призвели до критичного зниження продуктивної вологи в ґрунті.

Зважаючи на важливість цієї культури, розглянемо як будуть змінюватись умови розвитку гороху під впливом змін клімату в Вінницькій області [341, 342].

Дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність гороху на території Вінницької області України проводилися шляхом порівняння показників за базових умов (період 1990–2010 рр.) та сценарних варіантів. Розглядалися два сценарних періоди: 2011–2030 та 2031–2050 рр. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використана розроблена Польовим А. М. модель агроекологічних врожаїв сільськогосподарських культур.

На рис. 1 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за базовий період (1990–2010 рр.). Можна бачити, що на початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 174 кал/(см²·доба). Потім прихід ФАР зростає повільно до 5–6 декади розвитку і в ці декади її максимальна кількість становить 250 кал/(см²·доба). З сьомої–восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню декаду вегетації 245 кал/(см²·доба).

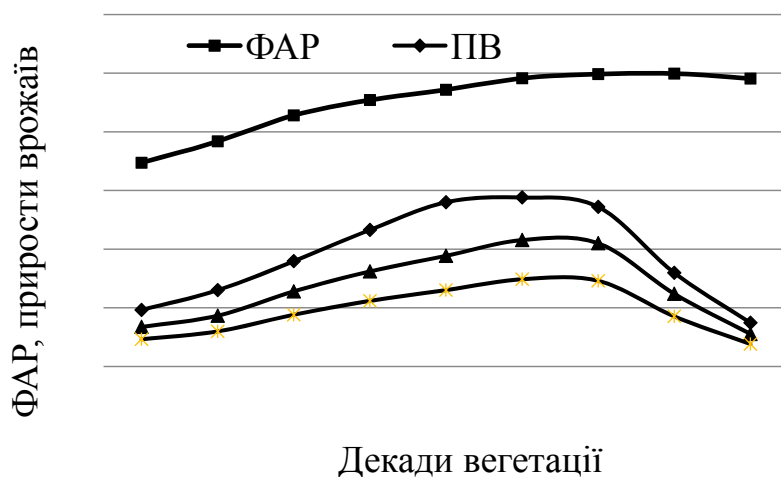


Рис. 1. Динаміка ФАР (кал/(см²·доба) та прирости сухої маси (г/м²) врожаїв гороху за базовий період (1990–2010 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

³⁴¹ Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 11. С. 5–10.

³⁴² Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сферу економіки України. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.

Співставлення сум фотосинтетично-активної радіації з величиною потенційного врожаю гороху показує, що відповідно надходженню ФАР змінюються і прирости потенційного врожаю (ПВ). На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 48 г/м², досягає найбільшого значення 144 г/м² у шосту декаду вегетації, а потім починає поступово знижуватися до 37 г/м² наприкінці вегетації.

Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (ТОР). Ця температура має нижню (ТОР1) та верхню (ТОР2) межу. Оптимальна для фотосинтезу температура повітря змінюється впродовж всього періоду вегетації гороху. Хід температурних показників вегетаційного періоду за базових умов представлений на рис. 2.

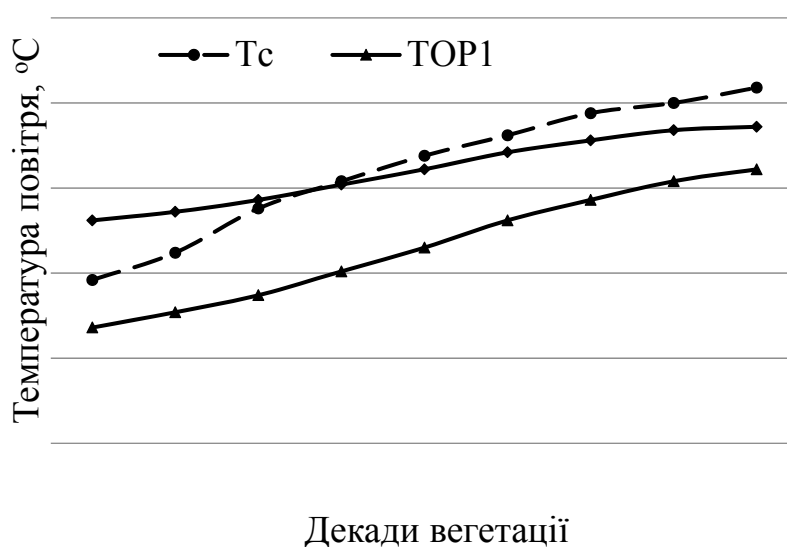


Рис. 2. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху за базовий період

Джерело: авторські розрахунки.

Як можна бачити з рисунка, оптимальний діапазон температур для гороху коливається у межах 6,8–20,9 °C. Нижня межа температурного оптимуму починається з 6,8 °C, поступово зростає, досягає максимуму 16,1 °C у дев'яту декаду. Верхня межа температурного оптимуму починається з 13,1 °C, поступово зростає до 18,6 °C в дев'яту декаду вегетації.

Температурна крива середніх за декаду температур повітря починається з 9,6 °C, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 20,9 °C в дев'яту декаду вегетації. Можна бачити, що середньодекадна температура повітря дещо перевищувала верхню оптимальну межу. Перевищення становить 0,2–2,3 °C.

Також треба відзначити, що протягом всієї вегетації середньодекадна температура була на 2,8–4,8 °C вище за нижню оптимальну межу.

Хід показників зволоження розвитку гороху представлено на рис. 3. Сумарне випаровування (Еф) посіву на початку вегетації складає близько 15 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання

температури повітря та рослинної маси і з 3 по 9 декаду вегетації коливається у межах 21–32 мм.

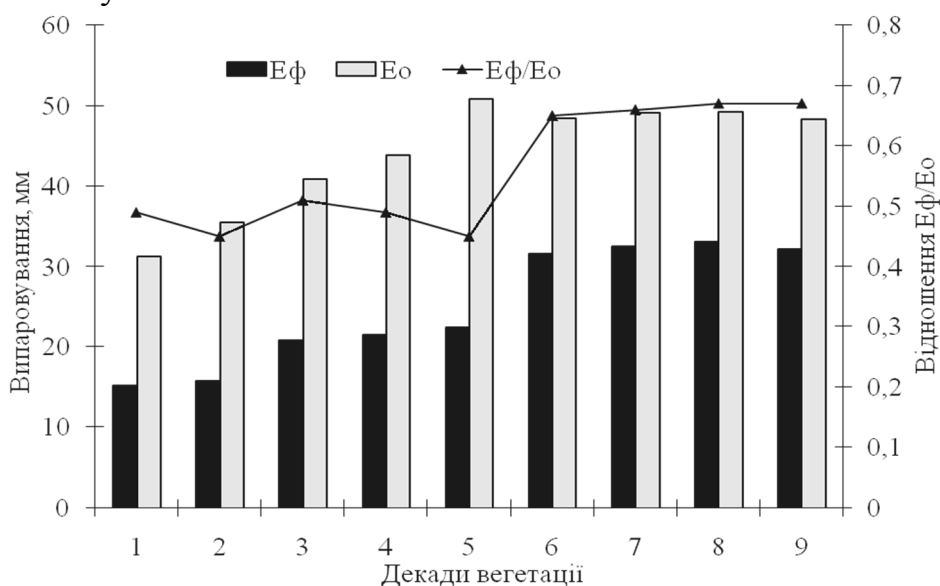


Рис. 3. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (базовий період – 1990–2010 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Потреба рослин у воді (E_o) також зростає від другої до 9 декади вегетації і коливається у межах від 36,1 до 48,3 мм.

Відношення E_f/E_o , яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,49–0,51 відн. од. і тільки наприкінці вегетації збільшується до 0,65–0,67 відн. од.

Метеорологічно можлива врожайність будь-якої культури (ММВ) є інтегральною характеристикою агрометеорологічних умов вирощування. З рис. 1 видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 33 г/м². Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 108 г/м² у шосту–сьому декади. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації ріст практично припиняється.

Аналіз приростів дійсно можливої врожайності посівів гороху показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 23 г/м², потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту – сьому декади вегетації становить 74 г/м². Після сьомої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис. 4 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за перший сценарний період (2011–2030 рр.). Можна бачити, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою.

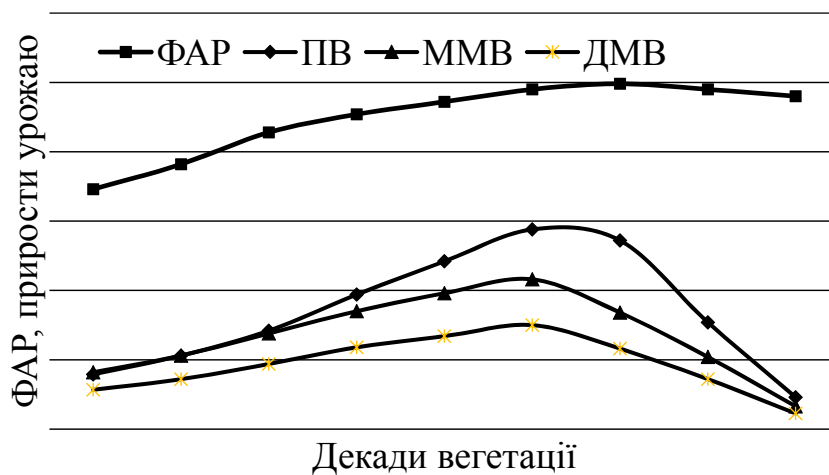


Рис. 4. Динаміка ФАР (кал/(см²·доба) та прирости сухої маси (г/м²) врожаїв гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 35 г/м²·дек., досягає найбільшого значення 144 г/м²·дек. у шосту декаду вегетації. З сьомої до дев'ятої декади поступово знижується з 136 до 23 г/м²·дек.

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов першого сценарного періоду представлений на рис. 5.

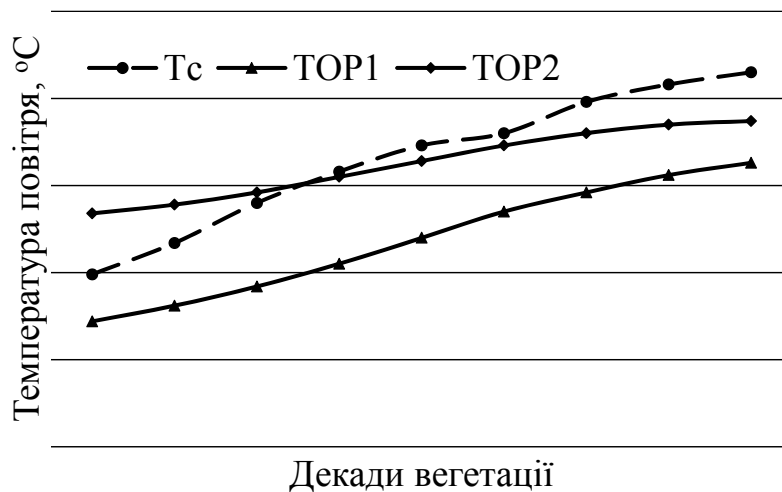


Рис. 5. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Оптимальний діапазон температур для гороху коливається у межах 6,8–20,9 °С. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (Тс) починається з 9,9 °С, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 21,5 °С в дев'яту декаду вегетації. Можна бачити, що з четвертої по дев'яту декади вегетації включно

середньодакда на сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу. Перевищення становить 0,3–2,8 °С.

Хід показників зволоження розвитку гороху за умов зміни клімату представлено на рис. 6. Сумарне випаровування (E_{ϕ}) посіву на початку вегетації складає 19 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси протягом 2–8 декад вегетації і коливається від 20 до 35 мм. В останню декаду вегетації воно зменшується до 31 мм.

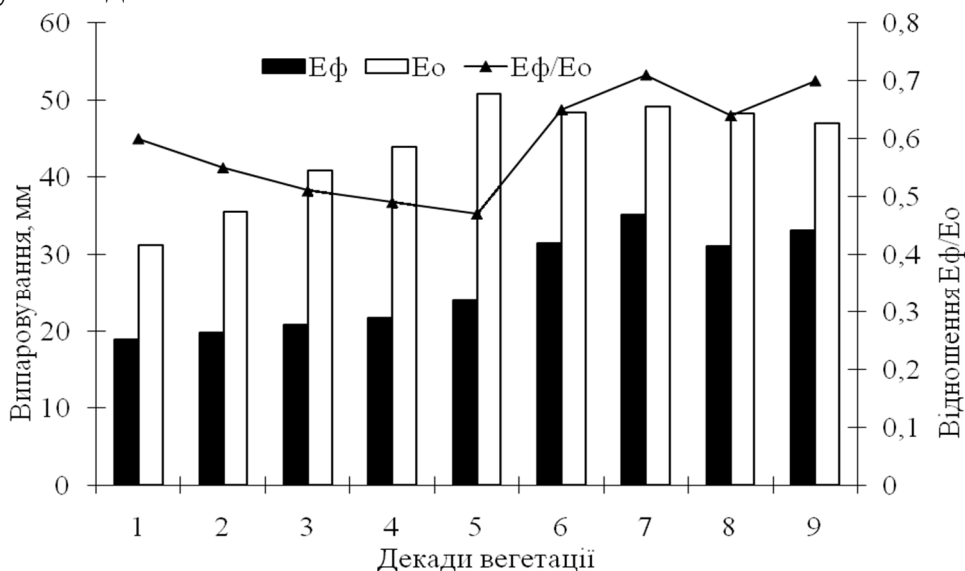


Рис. 6. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Як і у базовий період потреба рослин у воді (E_o) суттєво збільшується від другої до 5 декади вегетації і коливається у межах від 31 до 51 мм, протягом останніх чотирьох декад потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 47 мм.

Відношення E_{ϕ}/E_o , яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,47–0,71 відн. од.

Таким чином, можна сказати, що за умов реалізації першого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду гороху порівняно з базовими зміняться дуже несуттєво. Разом з тим, очікуються зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, її значення збільшаться, що, ймовірно, спричинить зростання як ММВ, так і ДМВ гороху. Це припущення підтверджується даними, представленими на рис. 4. З цього рисунку видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 41 г/м²дек. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення, близько 110 г/м²дек. у шосту декаду. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації приріст ММВ практично припиняється.

Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ гороху показав, що в першу декаду

вегетації приріст ДМВ не перевищує 28 г/м^2 , потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту декаду вегетації становить 75 г/м^2 . Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні три декади вегетації росту також практично не відбувається (прирости ДМВ, як і прирости ПВ та ММВ вельми незначні).

На рис. 7 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за другий сценарний період (2031–2050 рр.).

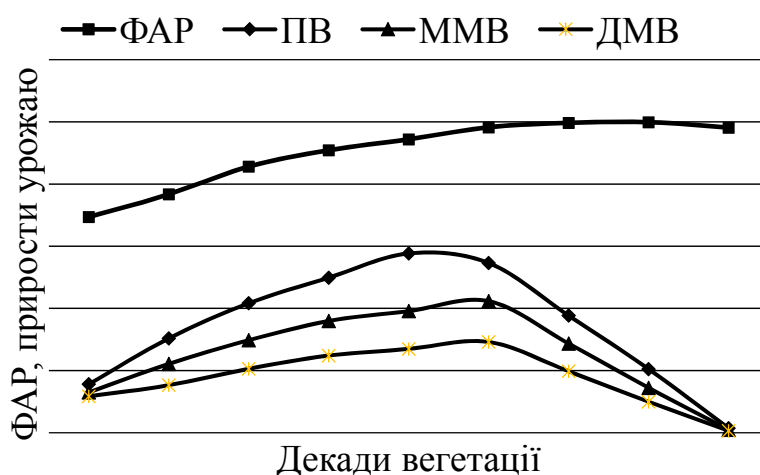


Рис. 7. Динаміка ФАР та прирости сухої маси врожаїв гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Можна бачити, що на початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить $174 \text{ кал/}(\text{см}^2 \cdot \text{доба})$. Прихід ФАР зростає повільно до 7–8 декади вегетації і становить $250 \text{ кал/}(\text{см}^2 \cdot \text{доба})$. З восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню (дев'яту) декаду вегетації $245 \text{ кал/}(\text{см}^2 \cdot \text{доба})$.

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 40 г/м^2 , досягає найбільшого значення 150 г/м^2 в п'яту декаду вегетації, потім досить різко знижується, а протягом останньої декади приріст припиняється.

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов другого сценарного періоду представлений на рис. 8. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (T_c) починається з $10,5^\circ\text{C}$, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень $23,1^\circ\text{C}$ в сьому декаду вегетації. Потім, поступово знижуючись, досягає наприкінці вегетації значення $22,0^\circ\text{C}$.

Можна бачити, що починаючи з четвертої декади і до кінця вегетації середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу, причому це перевищення є досить суттєвим і в окремі декади становить більше 5°C . Таким чином можна бачити, що вегетація гороху у другий сценарний період буде проходити на фоні температур,

що перевищують оптимальні. За таких умов особливий інтерес представляє аналіз умов вологозабезпеченості.

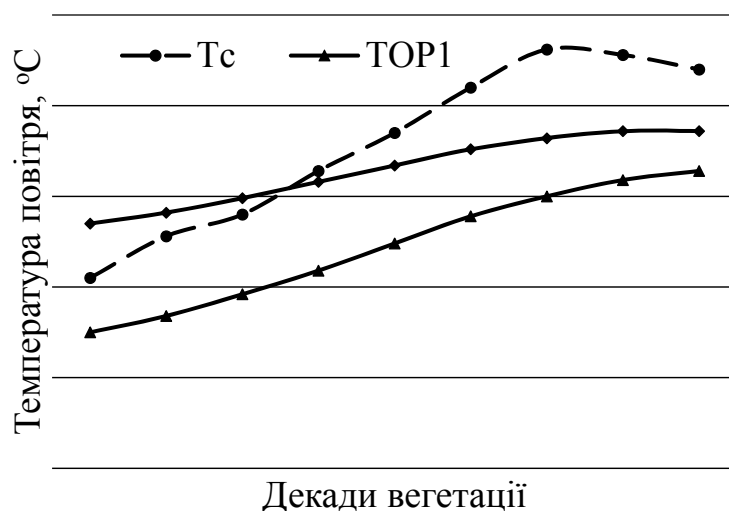


Рис. 8. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Хід сценарних показників зволоження гороху за умов зміни клімату представлено на рис. 9. Сумарне випаровування (E_{Φ}) посіву на початку вегетації складає 17,9 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси практично з першої і до восьмої декади вегетації і коливається від 18 до 35 мм. В останню декаду вегетації воно знижується до 33 мм.

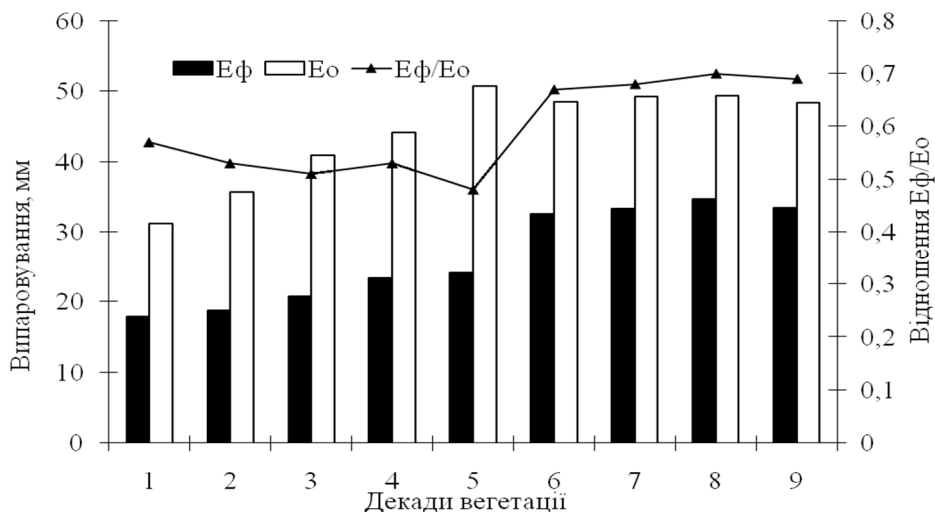


Рис. 9. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Як і у попередніх варіантах потреба рослин у воді (E_o) суттєво збільшується протягом двох третин вегетаційного періоду. Найбільшого значення вона досягає в 5 декаду вегетації і становить відповідно 51 мм. Протягом останньої третини вегетації потреба рослин у воді зменшується

і наприкінці вегетації становить 48 мм. Величини E_f/E_o впродовж вегетації змінюються по декадах від 0,48–0,69 відн. од.

Таким чином, бачимо, що за умов реалізації другого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду гороху порівняно з базовими та першими сценарними зміняться досить несуттєво. Разом з тим, як і у перший сценарний період, очікуються дуже суттєві зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, що, також сприятиме збільшенню як ММВ, так і ДМВ гороху.

З цього рисунку видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 32 г/м². Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 105 г/м² у шосту декаду. Потім прирости різко знижуються і в останні дві декади вегетації приріст ММВ практично припиняється. Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ гороху показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 29 г/м²дек., потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у п'яту–шосту декади вегетації становить 67–73 г/м²дек. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається (прирости ДМВ, як і прирости ПВ та ММВ вельми незначні). Аналізуючи отримані результати, бачимо, що потенційний врожай гороху має найвищі показники в другий сценарний період. Перспективою подальших досліджень є більш детальне врахування параметрів агроекологічних умов вирощування культури стосовно досліджуваної території.

3.4. Економіко-математичне моделювання портфеля агроекологічних інвестицій з урахуванням ЦСР

Мареха І. С.

Сумський державний університет

Сільське господарство як система, що найбільш тісно пов'язана з навколишнім середовищем, в умовах глобальних екологічних викликів поступово переходить на новий рівень екопросторового розвитку. Так, сталий аграрний сектор забезпечує доступність продуктів харчування, засоби до існування, а також інклюзивне національне зростання і стимулює позитивні перетворення у відповідності до Порядку денного на період до 2030 року, в рамках якого були задекларовані Цілі Сталого Розвитку (ЦСР). У нових глобальних реаліях сільськогосподарське землекористування виступає не стільки традиційною галуззю економіки, скільки ЦСР-системою. На економічному рівні поняття сталості агросистеми необхідно досліджувати через її інвестиційну привабливість.