



УДК 551.534:631.52
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.28>

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ФОРМУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОГО ВРОЖАЮ СОЧЕВИЦІ

О. Є. Ярмольська¹, О. А. Барсукова², Е. В. Натальченко³

У статті надано аналіз показників продуктивності сочевиці в різних кліматичних умовах, а також розрахунки різних категорій урожаїв сочевиці з використанням агрокліматичної моделі продуктивності.

До початку Другої світової війни Україна була лідером у світі з вирощування і споживання сочевиці. Зараз же знання про цю надзвичайно корисну стародавню культуру частково втрачено, але агрономи та селекціонери України останніми роками повертаються до вирощування сочевиці. За унікальні властивості сочевицю називають бобовою царицею.

Уведення зернобобових у сівоzmіну дозволяє зменшити внесення мінеральних добрив і пестицидів.

Унікальна сочевиця й тим, що не спроможна накопичувати нітрати та радіонукліди, тому, навіть вирощена в забруднених районах, завжди є екологічно чистим продуктом. Зараз підвищена увага українських аграріїв до сочевиці, що зумовлено можливістю її повсюдного вирощування і високими показниками рентабельності – до 80–100%. Тому, роботи з оцінювання можливостей вирощування сочевиці в різних регіонах України є актуальними.

За результатами розрахунків, за допомогою динамічної моделі, надана характеристика ефективності вирощування сочевиці в Тернопільській області. Також було проведено аналіз сприятливості кліматичних умов даного регіону згідно з потребами культури в теплових, водних і радіа-

¹ кандидат географічних наук,
старший науковий співробітник відділу стійкості до абіотичних факторів
(Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
м. Одеса)

e-mail: somename1327@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0279-8330

² кандидат географічних наук,
доцент кафедри агрометеорології та агроекології
(Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса);
старший співробітник

(Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук
України, с-ще Хлібодарське)
e-mail: lena5933@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9054-142X

³ молодший науковий співробітник відділу стійкості до абіотичних факторів
(Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
м. Одеса)

e-mail: maks_11.12.2013@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1355-147X

ційних ресурсах, розраховані коефіцієнти ефективності та рівень господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов. Окрім того, були розраховані агроекологічні категорії врожайності сочевиці за різних рівнів використання радіаційних ресурсів.

У розрахунках використанні середньобагаторічні метеорологічні й агрометеорологічні дані в Тернопільській області, а також дані фенологічних спостережень посівів сочевиці, ряди середньобласної врожайності сочевиці з 1995 до 2023 року. За результатами дослідження надані рекомендації щодо використання потенціалу агрокліматичних ресурсів для отримання максимальних урожаїв сочевиці.

Ключові слова: агрокліматичні умови, фотосинтетична продуктивність, вологозабезпеченість, термічні ресурси, модель.

AGROECOLOGICAL INDICATORS OF THE FORMATION OF POTENTIAL YIELD OF LENTILS

O. E. Yarmolska, O. A. Barsukova, E. V. Natalchenko

The article provides an analysis of lentil productivity indicators under various climatic conditions, as well as calculations of different categories of lentil crops using an agroclimatic model of productivity.

Before the beginning of the Second World War, Ukraine held a leading position in the world in the cultivation and consumption of lentils. Now the knowledge about this extremely useful ancient culture is partially lost, but agronomists and breeders of Ukraine are returning to the cultivation of lentils in recent years. Due to its unique properties, lentils are called the bean queen.

The introduction of legumes into crop rotation allows to reduce the application of mineral fertilizers and pesticides. Lentils are unique in that they are not able to accumulate nitrates and radionuclides, therefore, even grown in polluted areas, they are always an environmentally friendly product. Currently,

Ukrainian farmers are paying increased attention to lentils, and this is due to the possibility of its widespread cultivation and high profitability indicators of up to 80–100%. Therefore, work on assessing the possibilities of growing lentils in different regions of Ukraine is relevant.

According to the results of calculations, using a dynamic model, a characteristic of the efficiency of lentil cultivation in the Ternopil region was provided. An analysis of the favorable climatic conditions of this region in comparison with the needs of the crop in thermal, water and radiation resources were also conducted, efficiency coefficients and the level of economic use of meteorological and soil conditions were calculated. In addition, agroecological categories of lentil yields were also calculated at different levels of use of radiation resources.

The calculations used average medium perennial meteorological and agrometeorological data in the Ternopil region, as well as data from phenological observations of lentil crops, series of average regional lentil yields from 1995 to 2023. Based on the results of the study, recommendations were provided on using the potential of agroclimatic resources to obtain maximum lentil yields.

Key words: agroclimatic conditions, photosynthetic productivity, moisture availability, thermal resources, model.

Вступ

Ґрунтово-кліматичні умови України, зокрема Полтавської, Чернігівської, Київської, Волинської, Тернопільської, Кіровоградської областей, були одними з найбільш сприятливих для отримання високих урожаїв сочевиці. Зараз ми спостерігаємо зміну в географії вирощування сочевиці через клімат. Якщо раніше сочевицю не вирощували на заході України, то у 2018 р. на Львівщині одна з компаній отримала найбільшу врожайність по Україні, також посіви сочевиці переміщуються на південь (Петкович і Мельниченко, 2016).

Сочевиця – цінний дієтичний продукт, енергетична цінність сочевиці становить

310 ккал/100г. Насіння вирізняється високими смаковими якостями. У їжу його вживають свіжим і консервованим. Уміст білка – 24–30%, за розвареністю воно перевершує горох, нут і квасолю, жирів – 1,4%, вуглеводів – 52%, мінеральних речовин – 3,2%. До складу сочевиці входить до 3 вітамінів групи В, вітамін РР, каротин, залізо, кальцій, калій, фосфор, мідь, марганець, молібден, йод, бор, цинк, жирні поліненасичені кислоти (Клиша і Кулініч, 2009).

Сочевиця завдяки різноманітному складу має низку корисних властивостей і може використовуватися в лікувальному харчуванні. Сочевиця підвищує працездатність, а також використовується для лікування

каменів у нирках, опіків і ран. У сочевиці міститься амінокислота – триптофан, що перетворюється в організмі людини на серотонін – гормон радості, що пригнічує депресію (Erskine et al., 2009).

Завдяки симбіозу кореневої системи рослин з азотфіксувальними бактеріями сочевиця збагачує ґрунт азотом. Як корми застосовуються солома та полова сочевиці. Уміст білка в соломі становить до 14–15%, за поживністю вона відповідає хорошему луговому сіну, у полові – до 18–20%, що перевершує зерно вівса й висівки жита. 1 кг полови сочевиці містить 0,56 кормових одиниць. На корм також використовується розмелене насіння, що є хорошим концентрованим кормом для всіх сільськогосподарських тварин. У сочевиці є дивовижна властивість не вбирати нітрати й отруйні елементи, якими щедро постачають поля виробники. Тому ця культура вважається екологічно чистим продуктом і рекомендована в дитячому харчуванні. Середня врожайність насіння сочевиці в Україні становить приблизно 1,4 т/га (Каленська і Шихман, 2011).

Матеріал і методи

Предметом дослідження є порівняльне оцінювання агрокліматичних умов Тернопільської області та розвиток і формування врожайності сочевиці.

Методами дослідження є оцінювання продуктивності сільськогосподарських культур за допомогою моделювання росту та розвитку рослин протягом вегетаційного періоду. У наших розрахунках ми використали середньобагаторічні метеорологічні й агрометеорологічні дані в Тернопільській області, інформацію фенологічних спостережень сочевиці, а також ряди середньобласної врожайності сочевиці з 1995 р. до 2023 р. (Прокопенко і Адаменко, 2010).

Для агроекологічної оцінки умов формування врожайності різного рівня ми у своїх дослідженнях використали запропоновану А.М. Польовим модель агрокліматичної оцінки продуктивності посівів. За допомогою моделювання були виконані розрахунки потенційного врожаю залежно від надходження сумарної радіації та інтенсивності фотосинтетично активної радіації (далі – ФАР) (Польовий, 2012; Польовий, 2013).

У дослідженнях (Польовий, 2013; Ghanem et al, 2015, Qi et al, 2024) було запропоновано виділити декілька категорій урожайності, які будуть відображати кліматичні умови району вирощування. Для розрахунку потенційної продуктивності культур

було використано метод еталонних урожаїв, що являє собою принцип максимальної продуктивності посівів, де необхідно порівняти різні категорії врожаїв: дійсно можливий урожай (далі – ДМВ), потенційний урожай (далі – ПВ) і врожай, отриманий безпосередньо у виробництві (далі – УВ).

Потенційний урожай (ПВ) можна отримати в умовах належного зволоження та забезпечення теплом, тобто в ідеальних умовах. Потенційний урожай залежить від фотосинтетично активної радіації, агротехніки вирощування та особливостей сорту. ПВ можна визначити за формулою (Польовий, 2013):

$$ПВ = 10^4 I K_m \times \sum Q / g \quad (1),$$

де I – ККД ФАР сочевиці в оптимальних умовах, %;

K_m – коефіцієнт господарської ефективності врожаю, або доля основної продукції в загальній біомасі;

$\sum Q$ – сумарне надходження ФАР за період вегетації, кДж/см²;

g – калорійність урожаю, кДж/кг.

Результати та обговорення

Було досліджено, що сумарна радіація за період вегетації сочевиці має тенденцію росту від 360,64 кал/см²*добу до 433,47 кал/см²*добу. Максимальна величина спостерігається в п'яту декаду вегетації сочевиці, потім повільно зменшується до 396,25 кал/см²*добу. ФАР впродовж періоду вегетації змінюється від 0,204 до 0,244 кал/см²*хв.

Середня температура повітря за декаду була в межах від 10,6 до 18,5 °С. На рис. 1 представлена онтогенетична крива фотосинтезу.

Сума ефективних температур вище за 10 °С за період вегетації дорівнює 895 °С. Надходження сумарної радіації в період від появи сходів до дозрівання сочевиці в Тернопільській області представлена на рис. 2.

У декаду появи сходів сочевиці, яка за середніми багаторічними даними припадає на кінець третьої декади квітня, надходження сумарної радіації дорівнювало 360 кал/см²*добу. У першу та другу декади травня надходження сумарної радіації зростало до 416 кал/см²*добу. У наступні декади вегетації надходження сумарної радіації зросло до максимальних значень. Так, у п'ятій декаді вегетації набуло значення 433 кал/см²*добу. У шосту декаду вегетації, через збільшення хмарності,

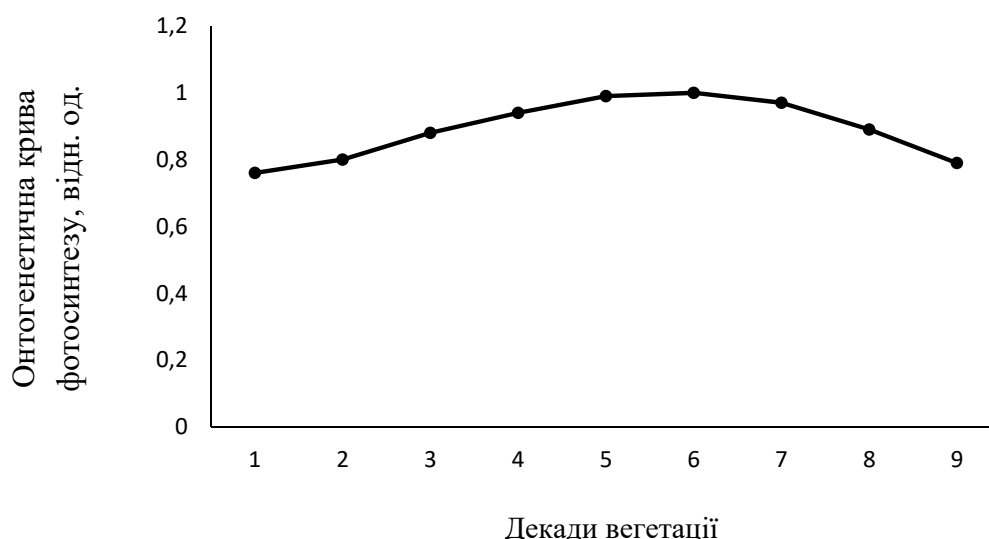


Рис. 1. Онтогенетична крива фотосинтезу за вегетаційний період сочевиці в Тернопільській області

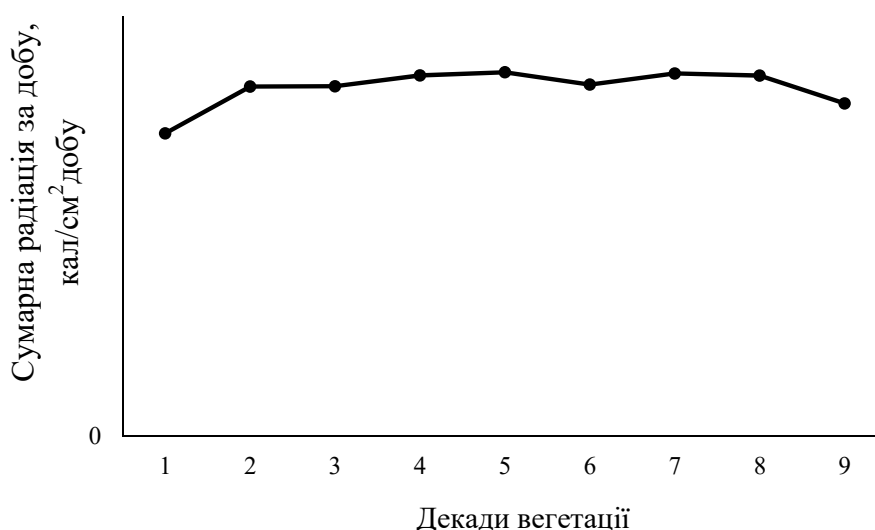


Рис. 2. Динаміка надходження сумарної радіації по декадах вегетації сочевиці в Тернопільській області

надходження сумарної радіації знову зменшилось до 418 кал/см²*добу. Далі на фазу дозрівання сочевиці надходження сумарної радіації становило в середньому 396 кал/см²*добу.

Інтенсивність ФАР за вегетаційний період сочевиці в Тернопільській області представлена на рис. 3. Як видно з рисунка (див. рис. 3), інтенсивність ФАР в першу декаду дорівнює 0,204 кал/см²*хв.

Починаючи із третьої декади й до восьмої декади вегетаційного періоду сочевиці інтенсивність ФАР має максимальне значення за вегетаційний період і дорівнює 0,244 кал/см²*хв, до кінця вегетації відбу-

вається поступове зниження інтенсивності ФАР до 0,31 кал/см²*хв.

Нами також була розрахована динаміка потенційної врожайності сухої маси сочевиці по декадах вегетації в Тернопільській області за різних значень ККД (рис. 4). Значення ПУ: база, збільшення на 10, 20 і 30%.

Динаміка врожаїв сухої маси сочевиці повторює хід кривих ККД впродовж вегетаційного періоду, але має різні кількісні значення залежно від росту відсотків ККД. Найвищі значення сухої маси ПУ спостерігаються за 30% і поступово зменшуються зі зменшенням ККД.

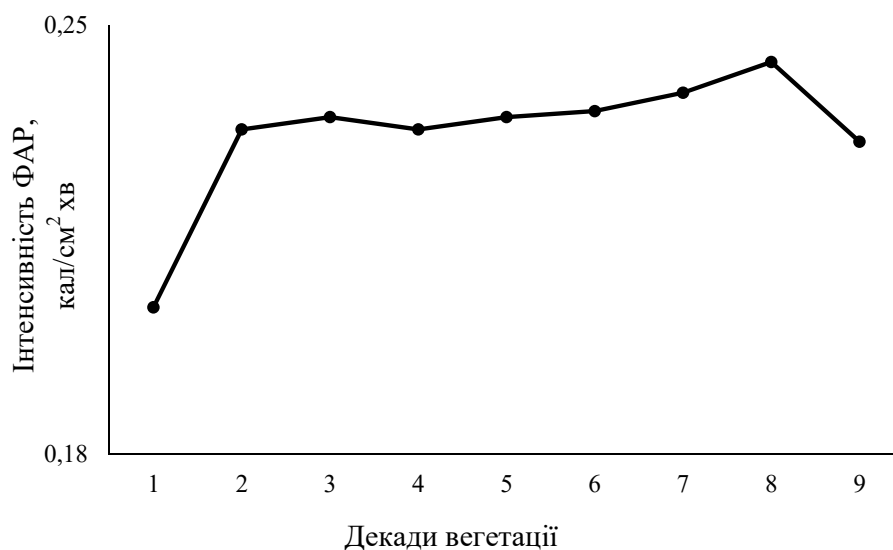


Рис. 3. Інтенсивність ФАР впродовж вегетаційного періоду сочевиці в Тернопільській області

Прирости сухої біомаси (див. рис. 4) починаються з позначки 18 г/м²*дек. Наступної декади значне збільшення, де рівень ДПУ становить 179 г/м²*дек. Максимальний приріст спостерігається в четвертій декаді і становить 148 г/м²*дек., далі йде поступове зниження приростів ПУ зі 142 до 127 г/м²*дек. Наприкінці вегетації ДПУ знижується до рівня приростів 92 г/м²*дек.

Температура, рівень якої сприяє максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (далі – ТОР). У цієї температури є нижня межа (далі – ТОР1) і верхня (далі – ТОР2).

Оптимальна температура для процесу фотосинтезу змінюється впродовж усього періоду вегетації сочевиці. Динаміка температури повітря впродовж вегетаційного періоду за базових умов представлена на рис. 5.

Діапазон оптимальних температур для сочевиці, який представлено на рисунку, змінюється в межах від 5,2 до 21 °С. Нижня межа температурного оптимуму починається з 5,2 °С, поступово зростає, досягає максимуму – 17,6 °С у дев'яту декаду. Верхня межа температурного оптимуму починається з 11,7 °С, поступово зростає

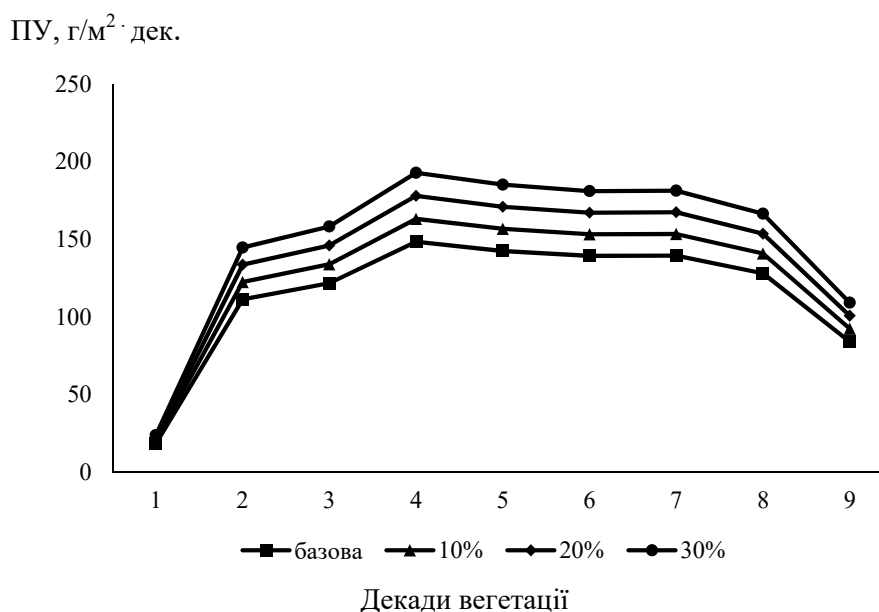


Рис. 4. Динаміка приростів ПУ сухої маси сочевиці в Тернопільській області

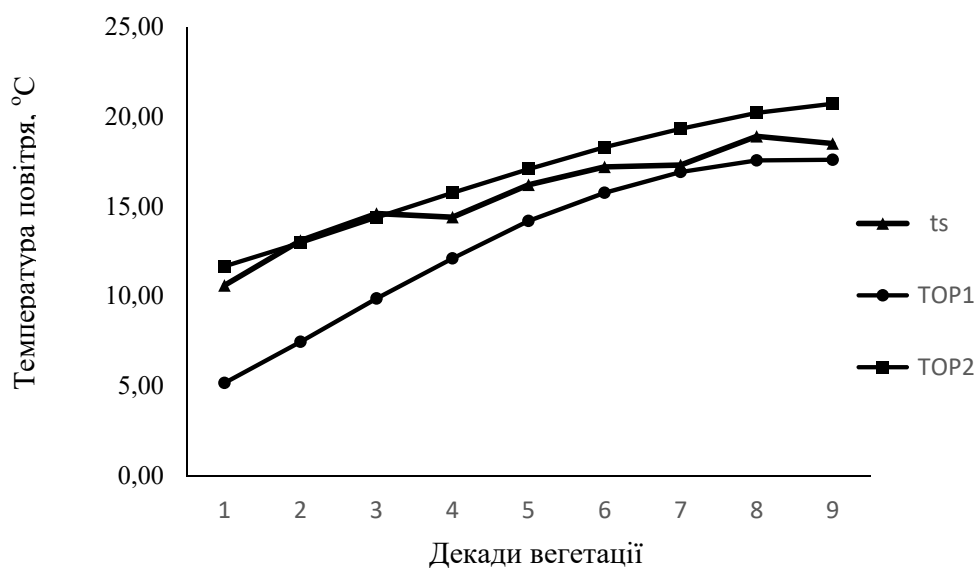


Рис. 5. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду сочевиці в Тернопільській області

і до кінця вегетаційного періоду сочевиці, тобто в дев'яту декаду, становить 20,7 °C.

Температурна крива середніх за декаду температур повітря (ts) починається з 10,6 °C. Поступово підвищується від другої до третьої декад, дещо виходить за верхню оптимальну межу і становить 14,6 °C. Наступної декади середня температура повітря спостерігається в діапазоні температурного оптимуму і становить 14,4 °C. Але потім, протягом 5–9 декад,

середня за декаду температура повітря перебувала в межах температурного оптимуму.

У результаті дослідження динаміки приростів можна сказати, що вона повторює хід кривих приростів ПУ (рис. 6). Для базового варіанту приростів (ДМВ) сочевиці можна сказати, що в першу декаду вегетації приріст не перевищує 16 г/м²*дек., потім протягом вегетації зростає, максимальне значення в четверту декаду вегетації досягає 130 г/м². З п'ятої декади вегетації почи-

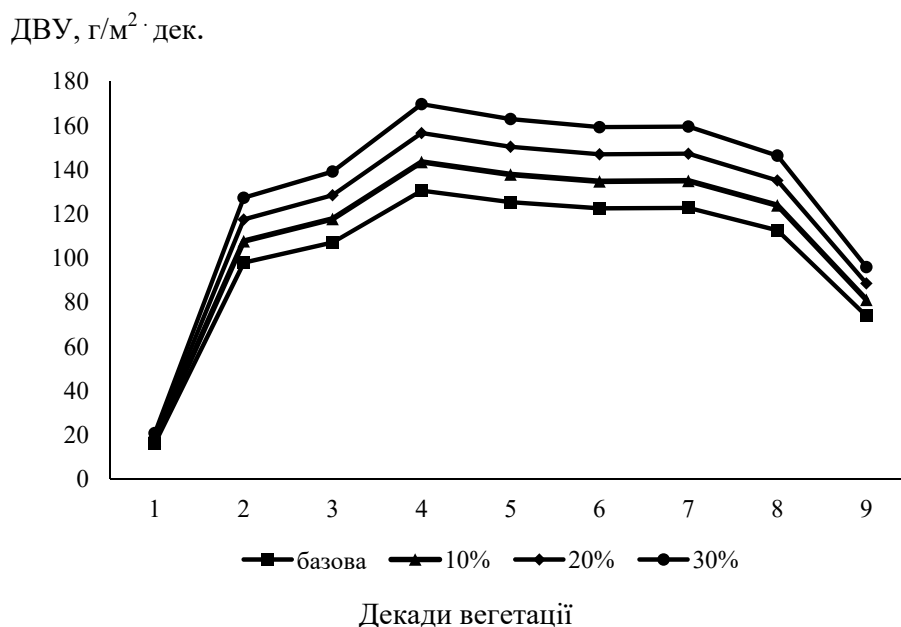


Рис. 6. Динаміка приростів ДВУ сухої маси сочевиці в Тернопільській області

нається поступове зниження приростів потенційного врожаю (ПУ) до $112 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ В останню декаду вегетації сочевиці ДДВУ характеризується падінням рівня приростів до $73 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Оцінено умови вологозабезпеченості посівів сочевиці. Як показано на рис. 7, на початку вегетації сумарне випаровування за декаду становить 4 мм, наступної декади його рівень різко підвищується до 30 мм і є максимальним значенням для всього вегетаційного періоду, надалі спостерігається зниження до 24 мм.

Динаміка випаровуваності представлена на рис. 7. На початку вегетації випаровуваність за декаду становить 5 мм, далі рівень зростає до 34 мм, наступної декади, у період виходу у трубку – колосіння, рівень знижується до 29 мм. Дві останні декади цього періоду випаровуваність максимальна за весь вегетаційний період – 34 мм. За міжфазний період молочної – воскової стиглості рівень сумарного випаровування становить 14 мм.

Динаміка E_{ϕ}/E_0 представлена на рис. 7. Величина відношення сумарного випаровування за декаду до випаровування в четверту декаду становить 0,79 відн. од. – це максимальна величина за весь вегетаційний період сочевиці. Далі починається ріст відношення E_{ϕ}/E_0 до кінця вегетації, на кінець вегетації сочевиці становить 0,85 відн. од.

Аналіз базового варіанту приростів УВ сочевиці (рис. 8) показав, що впродовж пер-

шої декади вегетації приріст УВ становив 10 г/м^2 , після чого він поступово зростає, досягаючи максимуму – 84 г/м^2 – у четверту декаду.

З п'ятої декади вегетації спостерігається поступове зниження приростів ПУ із 80 до $72 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ Дев'ята декада вегетації сочевиці характеризується падінням рівня приростів до $47 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

За допомогою динамічної моделі були розраховані характеристики продуктивності: ступінь сприятливості агрокліматичних ресурсів, оцінка ефективності використання агрокліматичних ресурсів, оцінка господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов. Окрім того, були розраховані агроекологічні рівні врожаїв сочевиці. Результати цих розрахунків для Тернопільської області представлені в табл. 1.

Ступінь сприятливості метеорологічних умов для вирощування культури характеризує співвідношення максимально можливого врожаю (ММВ) і потенційного врожаю (ПВ). Сприятливість ґрунтових умов відображає дійсно можливий врожай (ДДВ) та ММВ.

Ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) сочевиці в Тернопільській області становить 0,865 відн. од. Співвідношення УВ та ММВ свідчить про ефективність використання агрокліматичних ресурсів. У нашому випадку оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів за середньобагаторічними даними становить 0,726 відн. од.

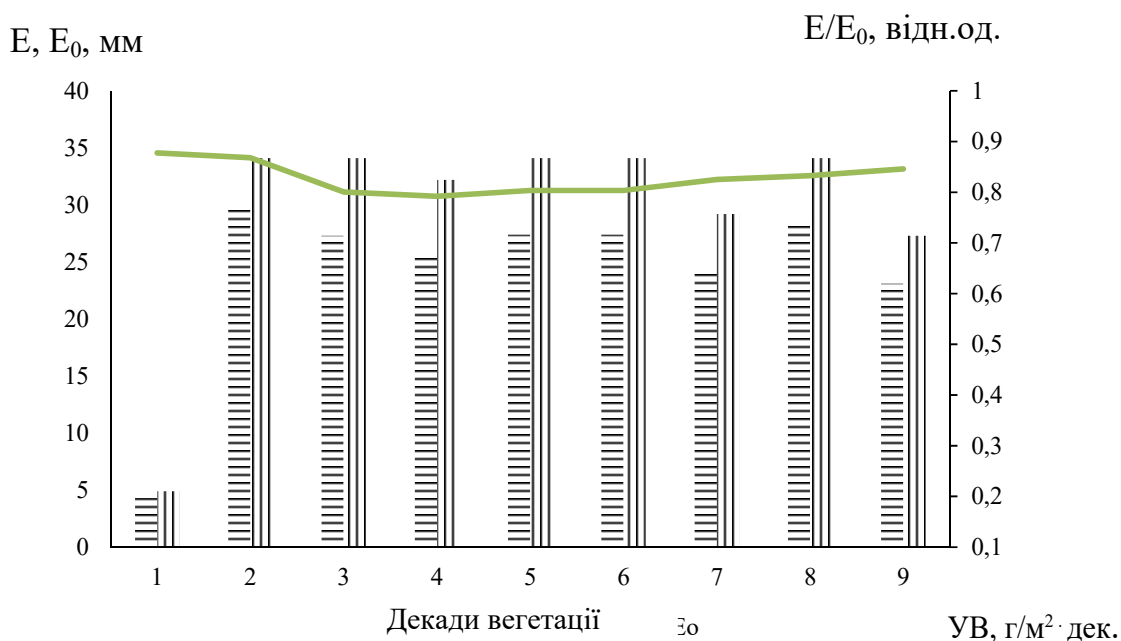


Рис. 7. Динаміка водного режиму вегетаційного періоду сочевиці в Тернопільській області

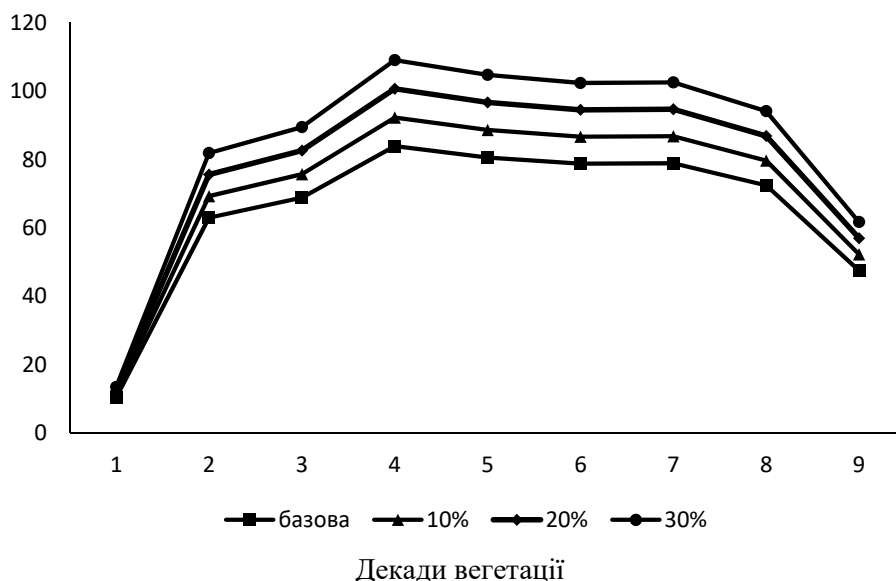


Рис. 8. Динаміка приростів УВ сухої маси сочевиці в Тернопільській області

Таблиця 1

Комплексні оцінки продуктивності сочевиці

№	Оцінки	Значення
1	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн. од.	0,865
2	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.	0,726
3	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.	0,566
4	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од.	0,623
5	ПУ всієї сухої маси, г/м ²	1 032,6
6	ММУ всієї сухої маси, г/м ²	987,0
7	ДМУ всієї сухої маси, г/м ²	808,8
8	УВ всієї сухої маси, г/м ²	587,1
9	ПВ зерна, ц/га	23
10	ММВ зерна, ц/га	20
11	ДМВ зерна, ц/га	17
12	УВ зерна, ц/га	13

Величина УВ щодо рівня ПВ характеризує ступінь реалізації агроекологічного потенціалу і становить 0,566 відн. од.

У реальних ґрунтових умовах співвідношення УВ та ДМВ можна розглядати як показник досконалої агротехнології, він у Тернопільській області становить 0,623 відн. од.

У табл. 2 наводяться розрахунки УВ, розраховані за різних значень ККД, збільшених на 10, 20, 30%.

Різний урожай зерна сочевиці формується залежно від величини врожаю сухої маси рослин. Урожай при коефіцієнта корисної дії (база) становитиме 13,3 ц/а, 14,6 ц/га за збільшення ККД на 10%, 15,9 ц/га за збіль-

Таблиця 2

Потенційно можливий урожай (УВ) сочевиці в Тернопільській області

% збільшення ККД	Урожай, ц/га
0% (база)	13,3
10%	14,6
20%	15,9
30%	17,3

шення ККД на 20%, 17,3 ц/га за збільшення ККД на 30%.

Висновки

У результаті проведеного аналізу значень комплексних оцінок сприятливості кліматичних ресурсів, ефективності вико-

ристання агрокліматичних ресурсів і оцінок господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов у Тернопільській області доходимо висновку, що в цьому регіоні є великі резерви для підвищення продуктивності сочевиці з використанням заходів оптимізації технології вирощування, використання високопродуктивних сортів. На території Тернопільської області за високої та середньої ефективності вико-

ристання агрокліматичних ресурсів можна отримувати найбільш високі рівні врожайів у виробництві.

Потенційно можливий урожай у виробництві сочевиці за коефіцієнта корисної дії 30% буде отримано до 17,3 ц/га.

Маємо надію, що поданий матеріал зацікавить широке коло фахівців агропромислового комплексу з вирощування сочевиці в Україні.

Список використаної літератури

Каленська С.М., Шихман Н.В. Продуктивність сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 4 (26). С. 1–8.

Клиша А.І., Кулініч О.О. Вихідний селекційний матеріал сочевиці і новий сорт Лінза. *Зрошуване землеробство*. 2009. № 51. С. 171–176.

Петкович З.З., Мельниченко Г.В. Нут, сочевиці – перспективні зернобобові культури для вирощування на Півдні України. *Зрошуване землеробство : збірник наукових праць*. 2016. № 65. С. 102–104.

Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 612 с.

Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем : підручник. Одеса : ОДЕКУ, 2013. 430 с.

Прокопенко А.А., Адаменко Т.І. Агрокліматичний довідник по Тернопільській області (1986–2005 рр.). Тернопіль, 2010. 183 с.

Ersikine W., Muehlbauer F.J., Sarker A., Sharma B. The lentil: botany, production and uses. *CAB International*. 2009. 457 p.

Ghanem M.E., Marrou H., Soltani A., Kumar S., Sinclair T.R. Lentil Variation in Phenology and Yield Evaluated with a Model. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107. № 6. P. 1–32. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0061>.

Qi Jing, Boote K.J., Kui Liu, Hoogenboom G., White J.W., Smith W., Jegu G., Grant B., Crépeau M., Shang J. et al. Simulating the development and growth of lentil using the CSM-CROPGRO model. *Agronomy Journal*. 2024. P. 2391–2410. <https://doi.org/10.1002/agj2.21654>.

References

Kalenska, S.M., & Shykhman, N.V. (2011). Produktivnist sochevytsi zalezchno vid mineralnoho zhyvlennia ta peredposivnoi obrobky nasinnia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The productivity of lentils depends on the type of mineral nutrition and the pre-processing of seeds in the conditions of the Right Bank of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukova dopovid NUBIP [Scientific report NUBIP]*, 4 (26), 1–8 [in Ukrainian].

Klysha, A.I., & Kulinich, O.O. (2009). Vykhidnyi selektsiinyi material sochevytsi i novyi sort Linza [Source selection material of lentils and a new variety Linza]. *Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]*, 51, 171–176 [in Ukrainian].

Petkovich, Z.Z., & Melnychenko, H.V. (2016). Nut, sochevytsi – perspektyvni zernobobovi kultury dlia vyroshchuvannia na Pivdni Ukrainy [Chickpeas, lentils – promising legume crops for cultivation in the South of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo: zbirnyk naukovykh prats [Irrigated agriculture: collection of scientific papers]*, 65, 102–104 [in Ukrainian].

Polevoy, A.M. (2012). Silskohospodarska meteorolohiia: pidruchnyk [Agricultural meteorology: textbook]. Odessa [in Ukrainian].

Polevoy, A.M. (2013). Modeliuvannia hidrometeorolohichnoho rezhymu ta produktivnosti ahroekosystem: pidruchnyk [Modeling of the hydrometeorological regime and productivity of agroecosystems: textbook]. Odessa [in Ukrainian].

Prokopenko, A.L., & Adamenko T.I. (2010). Ahroklimatychnyi dovidnyk po Ternopil'skyi oblasti (1986–2005 rr.) [Agroclimatic directory for Ternopil region (1986–2005)]. Ternopil [in Ukrainian].

Ersikine, W., & Muehlbauer, F.J. et al. (2009). The lentil: botany, production and uses. *CAB International*, 457 [in English].

Ghanem, M.E., Marrou, H., Soltani, A., Kumar, S., & Sinclair, T.R. (2015). Lentil Variation in Phenology and Yield Evaluated with a Model. *Agronomy Journal*, 107 (6), 1–32. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0061> [in English].

Qi, J., Boote, K.J., Kui, L., Hoogenboom, G., White, J.W., Smith, W., Jegu, G., Grant, B., Crêpeau, M., & Shang, J. et al. (2024). Simulating the development and growth of lentil using the CSM-CROPGRO model. *Agronomy Journal*, 2391–2410. <https://doi.org/10.1002/agj2.21654> [in English].

Отримано: 25.04.2025

Прийнято: 15.05.2025