



**МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ,  
ДОВКІЛЛЯ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ**

Міністерство економіки, довкілля  
та сільського господарства України



Український інститут  
експертизи сортів  
рослин

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
З ВИКОРИСТАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ  
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
СОРТІВ РОСЛИН**



**МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ,  
ДОВКІЛЛЯ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ**

Міністерство економіки, довкілля  
та сільського господарства України



Український інститут  
експертизи сортів  
рослин

# **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ З ВИКОРИСТАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ РОСЛИН**

Київ 2025

УДК 631.526:551.5

<https://doi.org/10.21498/978-61795452-6-9>

*Рекомендовано до опублікування в електронному форматі  
рішенням Вченої ради Українського інституту експертизи сортів рослин  
(протокол № 15 від 23 грудня 2025 року)*

*Рецензенти:*

**Лозінський М. В.**, доктор с.-г. наук, професор,  
Білоцерківський національний аграрний університет;

**Клименко Н. А.**, доцент, канд. екон. наук,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Методичні вказівки з використання метеорологічних даних для визначення адаптивного потенціалу сортів рослин** / Укладачі: Лещук Н. В., Гринів С. М., Орленко Н. С., Стариченко Є. М., Хоменко Т. М., Таганцова М. М., Дутова Г. А.; за заг. ред. С. І. Мельника; Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Електрон. вид. Київ: УІЕСР, 2025. 47 с.

ISBN 978-617-95452-6-9 (PDF)

У методичних вказівках викладено основні закономірності впливу на формування продуктивності сортів рослин у відповідні фенологічні фази росту та розвитку і використання оптимальних величин метеорологічних показників на важливих етапах онтогенезу.

Методичні вказівки є актуальними для проведення науково-технічної експертизи сортів рослин.

УДК 631.526:551.5

<https://doi.org/10.21498/978-61795452-6-9>

ISBN 978-617-95452-6-9 (PDF)

© Український інститут  
експертизи сортів рослин, 2025

## ВСТУП

Продовольчі ресурси сільськогосподарського виробництва формуються безпосередньо в природних умовах під дією багатьох факторів, з яких метеорологічні – найбільш мінливі й активні. Фахівцям сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сортів, боротись з несприятливими метеорологічними явищами. Рослинництво більше залежить від кліматичних умов, ніж будь-яка інша галузь сільськогосподарського виробництва. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови періоду вегетації безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин. Тому визначення кількісного впливу основних факторів росту, встановлення ступеня забезпеченості цими факторами в умовах вирощування створюють передумови їхнього регулювання та науково обґрунтованого контролю за формуванням продуктивності сортів рослин на всіх етапах органогенезу.

Під час проведення кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність і стабільність та на придатність для поширення сортів рослин врахування метеорологічних чинників є необхідною умовою для об'єктивнішого їх оцінювання за господарсько-цінними характеристиками та морфологічними ознаками впродовж періоду вегетації. Використання повного набору метеорологічних даних у взаємозв'язку з фенологічними фазами росту і розвитку відповідного сорту дозволить об'єктивніше ідентифікувати за морфологічним описом варіабельні ознаки фенотипу та доповнити показники придатності сорту для поширення важливими господарсько-цінними характеристиками з урахуванням оптимізованих метеорологічних показників зони вирощування. Тому першочергово необхідно було розробити алгоритм оцінювання впливу метеорологічних умов вирощування на формування морфологічних та господарсько-цінних характеристик сортів рослин; проаналізувати дані метеорологічних факторів впливу температурного (СРТ, СМТ, САТ, СЕТ) та водного режимів із врахуванням умов зволоження ґрунту (опади, запаси вологи в ґрунті) та біологічних особливостей сортів актуальних ботанічних таксонів впродовж періоду вегетації.

Метою інтенсифікації землеробства є одержання високих, стабільних та достатньо прогнозованих врожаїв сортів рослин. Цьому сприяє новий напрям в агрономічній науці – прогнозування та програмування врожаю та якості сортів рослин, що дозволяє визначити рівні всіх категорій урожайності. Об'єктом прогнозу та програмування врожаїв сортів рослин – є створення моделі отримання врожаю з максимально можливим урахуванням чинників, які його визначають: кліматичних умов, родючості ґрунту, технології вирощування, біологічних особливостей виду (сорту, гібриду). Програмування врожаїв направлене на впорядковану організацію агрофітоценозу як системи для досягнення максимальної його продуктивності.

Принцип одержання запрограмованого урожаю передбачає кілька рівнів урожайності, на які слід орієнтуватися. Найбільш доцільною є класифікація, яка включає три рівні (категорії) урожаю: 1 – потенційний урожай (ПУ) або максимально можливий урожай (ММУ); 2 – дійсно можливий урожай (ДМУ), або кліматично забезпечений урожай (КУ); 3 – урожай у виробництві (УВ). Програмування урожаю починається з обґрунтування величини можливого урожаю: потенційного – за приходом сонячної енергії; дійсно можливого – за біокліматичними показниками, родючістю ґрунту, вологозабезпеченістю посівів і використанням ними вологи протягом вегетації. Величина *“дійсно можливого урожаю”* може змінюватися в напрямку зростання по мірі інтенсифікації землеробства: відтворення і збільшення родючості ґрунту, створення високопродуктивних сортів, нових засобів захисту рослин тощо. Завданням програмування є наближення врожаю у виробництві (УВ) до дійсно можливого (ДМУ), а дійсно можливого до потенційного (ПУ).

Головним завданням методичних вказівок із використання метеорологічних даних для визначення адаптивного потенціалу сортів рослин є:

- аналіз даних метеорологічних факторів, водного і поживного режимів ґрунту у плані їх використання для програмування урожайності сортів рослин;

- розробка методів кількісного оцінювання впливу метеорологічних факторів на стан ґрунту; ріст, розвиток і формування врожаю агрофітоценозів; розвиток і розповсюдження шкідників та хвороб сільськогосподарських культур;

- опанування методики розрахунків різних рівнів урожайності сортів рослин;

- розрахунок дійсно можливого рівня урожайності сортів рослин з урахуванням агрохімічних показників ґрунту і біологічних особливостей сорту;

- розрахунок дійсно можливого рівня урожайності сортів рослин з урахуванням умов зволоження (опаді, запаси вологи в ґрунті) і біологічних особливостей;

- моделювання фітотричних параметрів посіву визначеної продуктивності (площі листків, фотосинтетичного потенціалу, середніх показників ЧПФ);

- опрацювання моделі (графіку) продукційного процесу сорту за середніми даними про хід наростання вегетативної маси рослин для подальшої підготовки технологічної карти вирощування сорту;

- на основі інформаційного матеріалу про стан вегетації рослин в посіві, ґрунті і агрометеорологічні умови здійснювати контроль ходу формування врожаю, а за необхідності – коригувати програму вирощування;

- розробка перспективної програми корекції вегетації рослин до технологічної схеми вирощування запрограмованої врожайності (зрошення, підживлення тощо).

Програмування – це розробка та реалізація науково обґрунтованого комплексу взаємопов'язаних заходів вирощування сортів рослин, своєчасне і якісне виконання яких дозволить забезпечити одержання запланованих врожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунтів. Програмування урожайності синтезує досягнення сумісних наук: фізіології рослин, землеробства, рослинництва, ґрунтознавства, агрохімії, агрометеорології, агрофізики, а також математики, кібернетики і економіки, вивчає теоретичні основи та практичні заходи програмування вирощування сортів рослин на базі інтенсивних і енергозберігаючих технологій.

Адаптивний потенціал – міра пристосувальних можливостей виду в мінливих умовах довкілля. Ця здатність має спадковий характер, і міра її прояву залежить від біотичного потенціалу, що відображає здатність популяції до розмноження й виживання за оптимальних умов. Пластичність видів визначається нормою реакції, тобто здатністю генотипу залежно від умов середовища формувати в онтогенезі різні фенотипи. Предметом агрометеорологічних досліджень були погода, клімат, водний і тепловий режим, біологічні процеси формування продуктивності сортів рослин. Всі об'єкти вивчали у взаємодії рослинного організму з навколишнім середовищем.

Вплив метеорологічних умов вирощування на формування морфобіологічних ознак (кількісні, якісні та псевдоякісні) та господарсько-цінніх характеристик сортів рослин стає актуальним для всіх суб'єктів господарювання різних форм власності. Особливо важливо це враховувати під час проведення науково-технічної експертизи сортів рослин з визначення показників відмінності, однорідності та стабільності й показників придатності сортів для поширення на території України. Нестійкі погодні умови: зміна вологих років посушливими, теплими зимами, спричиняють значне варіювання результатів польової експертизи, яку проводять фахівці Українського інституту експертизи сортів рослин та його філій. Завдання цього етапу – вивчити сучасні джерела інформації щодо реакції сортів рослин у різних зонах вирощування за різних метеорологічних умов та їхній вплив на прояв морфологічних ознак та показників придатності для поширення.

Методичні вказівки з використання метеорологічних даних для визначення адаптивного потенціалу сортів рослин передбачають підвищення ефективності та якості оцінювання результатів кваліфікаційної експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС-тест) та на придатність сорту для поширення (ПСП-тест) залежно від впливу метеорологічних умов у відповідні фенологічні фази росту та розвитку рослин за формування господарсько-цінних і морфологічних характеристик сортів рослин впродовж періоду вегетації.

Застосування та удосконалення сучасних методів оцінювання сортів рослин є одним з найактуальніших завдань в системі кваліфікаційної експертизи в контексті програмування і прогнозування врожаю, потен-

ційної врожайності, адаптивного потенціалу та екотипу сорту, його екологічної пластичності та адаптивності з врахуванням гідротермічного коефіцієнта умов. Використання метеорологічних даних, деталізованих відповідно до фенологічних фаз росту та розвитку сорту, забезпечить підвищення об'єктивності експертизи та повноти науково-технологічної інформації щодо нового сорту рослин.

## СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Методичні вказівки з використання метеорологічних даних для визначення адаптивного потенціалу сортів рослин будуть вихідним джерелом для розроблення системи управління метеорологічними даними у сфері охорони прав на сорти рослин та можуть використовуватися науково-дослідними установами, селекціонерами, заявниками, їхніми представниками, володільцями патенту, власниками сортів, експертами, агрономами-дослідниками, закладами вищої освіти та суб'єктами господарювання різних форм власності.

Методичні вказівки мають рекомендаційний характер для селекціонерів, заявників, представників заявників, володільців патенту, власників сортів, експертів, агрономів-дослідників та суб'єктів господарювання різних форм власності. Застосування та впровадження розроблених методичних рекомендацій з оцінювання нових сортів в процесі кваліфікаційної експертизи на ВОС-тест та ПСП-тест підвищить якість отриманих результатів для подальшого їх використання.

## НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

1. Заявка на виконання наукового / науково-технічного проекту (завдання): Методичні аспекти оцінювання впливу метеорологічних умов на формування морфологічних та господарсько-цінних характеристик сортів рослин (державний реєстраційний номер УкрІНТІ №0122200804, 2022-2025 рр.).

2. Порядок проведення кваліфікаційної експертизи сорту. Затверджено наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 05 липня 2023 року № 1344 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1244-23#Text>

3. Довідник оптимальних ґрунтово-кліматичних умов вирощування сортів рослин та агроекологічного районування сільськогосподарських земель України, 2024.

4. Мельник С. І., Присяжнюк О. І., Стариченко Є. М., Мажуга К. М., Бровкін В. В., Мартинов О. М., Маслечкін В. В. Модель адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Vol. 16, № 1. С. 63–77. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201349>

5. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність для поширення в Україні (загальна частина).

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ**

УІЕСР – Український інститут експертизи сортів рослин;

ПСП – придатність сорту до поширення;

ВОС – відмінність, однорідність та стабільність;

ІС – інформаційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

БД – база даних;

СУБД – система управління базами даних;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ЦОД – центр обробки даних;

АІС – автоматизована інформаційна система;

СЕТ – сума ефективних температур;

САТ – сума активних температур;

СМТ – середньомісячна температура повітря;

СДТ – середньодобова температура повітря;

ГТК – гідротермічний коефіцієнт;

ПУ – потенційний урожай;

ММУ – максимально можливий урожай;

ДМУ – дійсно можливий урожай;

КУ – кліматично забезпечений урожай;

УВ – урожай у виробництві;

ВВСН – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt і Chemical Industrial –  
Федеральне агентство з питань навколишнього середовища і хімічної  
промисловості.

# 1. ОПТИМАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ВІДПОВІДНІ ФЕНОЛОГІЧНІ ФАЗИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ СОРТІВ РОСЛИН

Вплив метеорологічних умов вирощування на формування морфобіологічних ознак (кількісні, якісні, псевдоякісні) та господарсько-цінних характеристик сортів рослин стає актуальним для всіх суб'єктів господарювання різних форм власності. Особливо важливо його враховувати під час проведення науково-технічної експертизи сортів рослин з визначення критеріїв відмінності, однорідності та стабільності й показників придатності сортів до поширення на території України. Адже комплексна оцінка сорту, який з біологічного об'єкта трансформується в об'єкт інтелектуальної власності, має бути всебічно обґрунтована, статистично підтверджена і гарантувати споживачам його безпечний комерційний обіг у відповідних екоградієнтах вирощування.

Формалізація факту настання природного явища передбачає встановлення взаємозв'язку між фазами фенологічного розвитку сортів рослин та метеорологічними умовами вирощування. Автоматизація процесів використання повного набору метеорологічних даних у взаємозв'язку з фенологічними фазами росту і розвитку рослин відповідного ботанічного таксона дозволить об'єктивніше ідентифікувати прояв морфологічних ознак та доповнити показники придатності для поширення важливими господарсько-цінними характеристиками з урахуванням індикативних метеорологічних показників у різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування.

Перелік родів і видів, сорти яких обов'язково проходять дослідження з кваліфікаційної експертизи на дослідних полях філії Українського інституту експертизи сортів рослин включає: буряк цукровий (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell); горох посівний (*Pisum sativum* L.); горошок посівний (*Vicia sativa* L.); гречка істівна (*Fagopyrum esculentum* Moench); жито посівне (*Secale cereale* L.); картопля (*Solanum tuberosum* L.); кукурудза звичайна (*Zea mays* L.); люпин (*Lupinus* L.); овес посівний і голозерний (*Avena sativa* L. & *A. nuda* L.); просо посівне (*Panicum miliaceum* L.); пшениця (*Triticum* L.); ріпак (*Brassica napus* L. *oleifera*); соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.); сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* Moench); соя культурна (*Glycine max.* (L.) Merr.); тритикале (×*Triticosecale* Witt.); ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare* L.).

## 1.1 Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell.)

Ці етапи дають точне розуміння розвитку буряка цукрового протягом його життєвого циклу і використовуються для агротехнічного управління.

Розглянемо фенологічні фази росту та розвитку цукрового буряка та оптимальні умови для кожної фази.

**Фенологічні фази росту та розвитку буряка цукрового:**

**1) Проростання.** Насіння починає проростати після посіву. Оптимальна температура повітря під час проростання становить від 5 до 10 °С. Для проростання насіння цукрового буряка ґрунт має бути вологим. Оптимальний рівень вологості ґрунту становить близько 70–75% від найменшої волоємності ґрунту (НВ). Проростання починається за САТ від 100 до 120 °С.

**2) Сходи (емергенція).** З моменту посіву насіння до появи сходів. Під час появи сходів оптимальна температура становить від 10 до 15 °С. Емергенція починається за САТ приблизно 150 °С. Під час появи сходів ґрунт має бути зволуженим на рівні 70–75% НВ.

**3) Фаза вегетативного росту.** Включає початок формування листя, інтенсивне зростання та накопичення маси коренеплодів. Оптимальна температура повітря для вегетативного росту становить від 15 до 20 °С. У період вегетативного росту оптимальний рівень вологості ґрунту має становити 70–80% НВ. Фаза вегетативного росту відбувається за САТ від 300 до 800 °С.

**4) Фаза бутонізації та цвітіння.** Під час бутонізації та цвітіння оптимальна температура становить від 18 до 25 °С, рівень вологості ґрунту близько 75–80% НВ. Ця фаза відбувається за САТ від 1000 до 1200 °С.

**5) Фаза формування коренеплодів.** Відбувається збільшення розміру та маси коренеплодів. Для оптимального формування коренеплодів температура повітря повинна становити від 18 до 24 °С. Оптимальний рівень вологості ґрунту має бути близько 60–70% НВ. Фаза формування коренеплодів розпочинається при САТ від 1400 до 1600 °С.

**6) Фаза дозрівання коренеплодів.** Коренеплоди накопичують цукор і досягають зрілості для збирання. Оптимальна температура для дозрівання коренеплодів становить від 18 до 24 °С. Під час дозрівання коренеплодів рівень вологості ґрунту повинен становити 70–75% НВ. Дозрівання коренеплодів настає при САТ від 1800 до 2000 °С.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин буряка цукрового**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Проростання	5	10	70	75	100	120
2	Сходи (емергенція)	10	15	70	75	140	150
3	Вегетативний ріст	15	20	70	80	300	800
4	Бутонізація і цвітіння	18	25	75	80	1000	1200
5	Формування коренеплодів	18	24	60	70	1400	1600
6	Достигання коренеплодів	18	24	70	76	1800	2000

## 1.2 Горох посівний (*Pisum sativum* L.)

### Фенологічні фази росту та розвитку гороху:

**1) Сходи (емергенція).** Це період від появи перших сходів до повної емергенції всіх рослин. Під час цієї фази рослини виростають і починають активно розвиватися. У цій фазі оптимальна температура повітря зазвичай знаходиться у діапазоні від 10 до 20 °С. Тепле, але не надто гаряче середовище сприяє проростанню насіння та розвитку молодих сходів. Оптимальна вологість на цій стадії є близькою до 70–80% НВ. У цій фазі ґрунт повинен бути достатньо вологим, щоб сприяти проростанню насіння та початковому росту сходів. Оптимальна САТ може бути близько 50–100 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** У цей період рослина формує свою структуру, включаючи стебло, листя та коріння. Відбувається активний ріст і розвиток. Оптимальна температура повітря для цієї фази може бути приблизно від 15 до 25 °С. Рослина активно росте, тому потребує тепла, але не до такої міри, щоб спричиняти стрес. Під час цього періоду рослина активно росте і формує свою структуру. Оптимальна вологість ґрунту може залишатися на рівні близько 60–70% НВ. У цей період САТ може бути в діапазоні від 200 до 400 °С.

**3) Фаза бутонізації.** Рослина готується до цвітіння, формуючи бутони, що призводить до формування квіток. Температура повітря під час цієї фази може залишатися на рівні близько 15–20 °С. У цю фазу важливо, щоб ґрунт був достатньо вологим, щоб забезпечити правильний розвиток бутонів. Оптимальна вологість може залишатися на рівні близько 60–70% НВ. Оптимальна САТ може бути близько 300–500 °С.

**4) Фаза цвітіння.** У цей період рослина формує квітки, які пізніше запилюються. Оптимальна температура повітря для цвітіння також може бути приблизно від 15 до 20 °С. А оптимальна вологість ґрунту має залишатися на рівні близько 60–70% НВ. У цю фазу САТ може змінюватися від 400 до 600 °С.

**5) Фаза формування бобів.** Після запилення квіток формуються боби, які мають насінини. Оптимальна температура може залишатися на рівні близько 15–20 °С. У цю фазу рослини потребують достатньої вологи для росту та розвитку. Оптимальна вологість може залишатися на рівні 60–70% НВ. САТ може змінюватися від 450 до 640 °С.

### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин гороху посівного

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	20	70	80	50	100
2	Фаза розвитку рослини	15	25	60	70	200	400
3	Фаза бутонізації	15	20	60	70	300	500
4	Фаза цвітіння	15	20	60	70	400	600
5	Фаза формування стручків	15	20	60	70	450	640
6	Фаза досягання стручків	15	20	50	60	500	700

**б) Фаза досягання бобів.** Боби готові до збирання для споживання або використання як насіння. САТ може змінюватися від 500 до 700 °С.

### 1.3 Горошок посівний (*Vicia sativa* L.)

Сума активних температур вище 5 °С	2600–2700
Сума позитивних температур вище 5 °С	2600–3000
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	1,4–1,6
Сума опадів за період із середньодобовою температурою повітря 10 °С, мм	400–500
Сума опадів за рік, мм	570–690
Тривалість періоду активних (вище 10 °С) середньодобових температур, дів	155–160
Тривалість вегетаційного періоду (середня добова температура > 5 °С), дів	213–215

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин горошку посівного

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Проростання	5	10	70	75	100	150
2	Сходи (емергенція)	10	18	65	70	150	200
3	Фаза листя	15	21	70	80	300	350
4	Фаза цвітіння	18	24	80	85	700	1000
5	Фаза формування стручків	18	24	80	85	350	400
6	Фаза дозрівання стручків	18	24	75	80	450	500

### 1.4 Гречка їстівна (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Шкала ВВСН допомагає точно фіксувати критичні етапи розвитку гречки їстівної і керувати агротехнічними заходами на всіх стадіях розвитку рослин.

#### Фенологічні фази росту та розвитку гречки:

**1) Сходи (емергенція).** Фаза починається після посіву гречки і триває до появи перших сходів. Оптимальна температура повітря для сходів становить близько 15–20 °С. У період сходів ґрунт має бути добре зволожений, але не надто мокрим. Вологість ґрунту повинна бути в межах 60–80% НВ. Орієнтовне значення суми активних температур для цієї фази розвитку гречки приблизно 120–150 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** Включає період від появи сходів до цвітіння, коли відбувається формування листків та стебел. Під час росту рослин оптимальна температура повітря становить від 20 до 25 °С. У цей період гречка потребує стабільної вологи, близько 50–70% НВ. Ця фаза вимагає близько 250–300 °С.

**3) Фаза бутонізації.** Рослина починає формувати бутони, які незабаром розквітнуть. Оптимальна температура повітря в цей період становить від 15 до 25 °С. Вологість ґрунту повинна бути достатньою для підтримання розвитку рослини, близько 60–80% НВ. Потребує САТ близько 100–150 °С.

**4) Фаза цвітіння.** Цвітіння гречки зазвичай триває близько 25–30 днів, протягом яких рослина формує багато дрібних квіток. Для успішного цвітіння гречки оптимальна температура повітря становить близько 15–25 °С. Під час цвітіння гречка потребує стабільної вологості, близько 60–80% НВ. На цій фазі САТ має бути 200–300 °С.

**5) Фаза плодоношення.** Після цвітіння гречка починає формувати плоди, які поступово дозрівають. У цій фазі оптимальна температура повітря становить від 15 до 25 °С. Вологість ґрунту повинна бути близько 50–70% НВ. САТ має становити приблизно 150–200 °С.

**6) Фаза досягання.** Остання фаза, під час якої плоди (гречки) дозрівають і стають готовими до збирання. Вологість ґрунту має становити близько 50–70% НВ. Ця фаза вимагає САТ близько 200–250 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин гречки їстівної

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	15	20	60	80	120	150
2	Фаза розвитку рослини	20	25	50	70	250	300
3	Фаза бутонізації	15	25	60	80	100	150
4	Фаза цвітіння	15	25	60	80	200	300
5	Фаза формування плодів	15	25	50	70	150	200
6	Фаза дозрівання плодів	20	25	50	70	200	250

### 1.5 Жито посівне (*Secale cereale* L.)

**Фенологічні фази росту та розвитку жита посівного** подібні до фенофаз інших злакових культур. Основні з них включають:

**1) Сходи (емергенція).** Початкова фаза, коли насіння проростає та з'являються перші сходи. Оптимальна температура для емергенції насіння та початкового росту сходів зазвичай знаходиться в діапазоні від 5 до 12 °С. Жито може витримувати навіть нижчі температури, але оптимальні умови – прохолодна погода без морозів. На початковій стадії росту вологість ґрунту повинна бути достатньою для забезпечення проростання насіння та розвитку сходів. Оптимальний рівень вологості може бути приблизно 70–80% НВ. САТ розраховується від моменту посіву до емергенції сходів. Оптимальне значення САТ для цієї фази зазвичай становить від 100 до 150 градусів денних температур.

**2) Фаза розвитку рослин.** У цей період рослина формує листки та розвиває кореневу систему. На початкових стадіях росту оптимальна температура повітря зазвичай становить близько 15–20 °С. Рослина продовжує рости і розвиватися при таких прохолодних умовах. На цій стадії росту вологість ґрунту також має залишатися на рівні близько 70–80% НВ, щоб забезпечити належне зростання та розвиток кореневої системи рослини. САТ для цієї фази рахується від емергенції до початку форму-

вання колосків. Зазвичай оптимальне значення САТ коливається в межах від 400 до 600 градусів денних температур.

**3) Фаза колосіння.** На цій стадії формуються колоски, на яких у подальшому розвиватимуться насінини. Оптимальна температура під час цієї фази зазвичай коливається в межах 20–30 °С. Це сприяє нормальному формуванню колосків і запобігає стресові від надмірної спеки. У цей період вологість ґрунту може бути трохи вищою, близько 80–90% НВ, оскільки активно розвиваються колоски та стебла. САТ визначається від початку формування колосків до їх повного розвитку. Оптимальне значення САТ для цієї фази може бути приблизно від 400 до 600 градусів денних температур.

**4) Фаза цвітіння.** На колосках розвиваються квітки. У цій фазі розвитку жито посівне також потребує прохолодних умов і оптимальною може бути температура близько 15–20 °С. Вологість ґрунту також важлива для забезпечення нормального процесу цвітіння та запилення. Оптимальний рівень вологості може бути приблизно 80–90% НВ. САТ розраховується від початку цвітіння до завершення запилення. Для цієї фази оптимальне значення САТ також може бути в межах від 400 до 600 градусів денних температур.

**5) Фаза досягання.** Насіння дозріває, змінюючи колір та структуру, та готується до збирання. На останніх етапах розвитку оптимальна температура може підвищитися до 20–25 °С, але жито все ще добре розвиватиметься й за прохолодних умов. На останніх етапах розвитку вологість ґрунту може зменшуватися до 60–70% НВ, оскільки це допоможе запобігти розкладанню насіння та зберегти його якість під час дозрівання. САТ визначається від початку фази дозрівання насіння до збирання врожаю. Оптимальне значення САТ для цієї фази може бути в межах від 400 до 600 градусів денних температур.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин жита посівного

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
Жито посівне							
1	Фаза проростання і емергенції сходів	5	12	70	80	100	150
2	Фаза розвитку рослини	15	20	70	80	400	600
3	Фаза формування колосків (колосіння)	20	30	80	90	400	600
4	Фаза цвітіння і запилення	15	20	80	90	400	600
5	Фаза досягання зерна	20	25	60	70	400	600

### 1.6 Картопля (*Solanum tuberosum* L.)

#### Фенологічні фази росту та розвитку картоплі:

**1) Проростання.** Садивний матеріал (бульби) проростає у ґрунті, формуючи пагони. Ця фаза триває близько 10–20 діб після садіння залежно від температури ґрунту. Оптимальна температура повітря для проростання картоплі становить 7–10 °С. Під час проростання ґрунт має бути добре зволуженим, але без надмірного перезволоження. Опти-

мальний рівень вологості ґрунту становить 70–80% НВ. Оптимальна САТ для проростання картоплі становить приблизно 100–150 °С.

**2) Сходи (емергенція).** Після проростання пагони картоплі з'являються над землею, формуючи сходи. Під час появи сходів оптимальна температура повітря становить 10–15 °С. Це сприяє рівномірному та швидкому зростанню сходів. Під час появи сходів ґрунт має бути зволуженим на рівні 60–70% НВ. Це сприяє гарному розвитку рослин. Оптимальна САТ для емергенції картоплі становить приблизно 150–200 °С.

**3) Фаза вегетативного росту.** Рослина активно росте, розвиваючи листя та стебла, а також кореневу систему. У цій фазі картопля потребує температури від 15 до 20 °С для оптимального росту та розвитку листків та стебел. У цій фазі необхідно підтримувати вологість ґрунту на рівні 60–70% НВ, що сприяє інтенсивному росту рослини. Оптимальна САТ для вегетативного росту картоплі становить приблизно 300–500 °С.

**4) Фаза бутонізації та цвітіння.** Картопля може цвісти, але цвітіння не є необхідним для формування бульб. У цій фазі рослина інтенсивно розвиває бульби. Оптимальна температура повітря під час цієї фази – від 15 до 20 °С. Вона сприяє формуванню бутонів і цвітінню. Оптимальна САТ для бутонізації та цвітіння картоплі становить приблизно 500–600 °С.

**5) Фаза утворення бульб.** Рослина формує бульби, які починають збільшуватися в розмірі. Ця фаза є важливою для майбутнього врожаю. Оптимальна температура для формування бульб становить 16–22 °С. Важливо уникати високих температур, оскільки це може негативно вплинути на формування та якість бульб. У цій фазі необхідно підтримувати стабільну вологість ґрунту на рівні 70–80% НВ. Оптимальна САТ для формування бульб картоплі становить приблизно 700–800 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин картоплі

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Проростання	7	10	70	80	100	150
2	Сходи (емергенція)	10	15	60	70	150	200
3	Фаза вегетативного росту	15	20	60	70	300	500
4	Фаза бутонізації та цвітіння	15	20	50	70	500	600
5	Фаза формування бульб	16	22	70	80	700	800
6	Фаза дозрівання бульб	15	18	50	60	900	1000

**6) Фаза досягання бульб.** Бульби продовжують дозрівати під землею. В'янення рослин може бути ознакою того, що бульби дозріли. У фазі дозрівання бульб оптимальною є температура 15–18 °С. Вона сприяє правильному досяганням і забезпечує високу якість врожаю. Під час дозрівання бульб вологість ґрунту має бути на рівні 50–60% НВ. Такий відсоток вологості запобігає їх гниттю. Оптимальна САТ для дозрівання бульб картоплі становить приблизно 900–1000 °С.

Збирають бульби картоплі у суху погоду, щоб забезпечити хорошу якість зберігання.

## 1.7 Кукурудза звичайна (*Zea mays* L.)

### Фенологічні фази росту та розвитку кукурудзи звичайної:

**1) Сходи (емергенція).** Це період після сівби, коли насіння кукурудзи проростає і з'являються перші сходи. Оптимальна температура для емергенції кукурудзи становить 20–30 °С. Вища температура може сприяти швидшому проростанню, а нижча – затримати цей процес. У період емергенції, коли проростає насіння, оптимальна вологість ґрунту повинна бути високою, зазвичай 60–70% НВ, щоб забезпечити проростання насіння та розвиток молодих сходів. Оптимальна САТ для цієї фази може бути в межах 100–150 градусів денних температур над пороговим рівнем, який становить 10–12 °С.

**2) Фаза формування габітусу.** Протягом цієї фази кукурудза активно росте, формуючи листя та стебло. У цей період оптимальна температура коливається від 20 до 30 °С. Високі температури можуть сприяти швидшому росту рослини, але при надмірному теплі можуть виникнути стресові умови. На цій стадії оптимальна вологість ґрунту повинна бути 60–80% НВ, щоб забезпечити рослині достатню кількість води для активного росту листя і стебла. САТ для цієї фази повинно бути від 300 до 500 градусів денних температур над пороговим рівнем.

**3) Формування волоті і качанів.** На цій стадії утворюються генеративні органи (волоть і качани). Оптимальна температура для їх формування становить 20–30 °С. У цей період рослина активно розвиває стебло, бокові пагони, волоть і качани. Оптимальна вологість ґрунту може залишатися на рівні 70–80% НВ для забезпечення нормального запилення і запліднення. Оптимальна САТ на цій стадії становить 400–600 градусів денних температур над пороговим рівнем.

**4) Запилення.** Це період, коли пилок з чоловічих квіток потрапляє на зав'язі жіночих, що призводить до формування насіння. Оптимальна температура для фази запилення знаходиться в межах 20–30 °С. Під час запилення оптимальна вологість ґрунту залишається важливою, оскільки вона впливає на успішність запилення квіток. Вологість може залишатися на рівні 70–80% НВ. САТ для цієї фази повинно бути від 300 до 500 градусів денних температур над пороговим рівнем.

**5) Достигання і дозрівання зернівок.** Зернівки поступово дозрівають, змінюючи колір та структуру. Цей процес супроводжується засиханням рослини. Під час дозрівання зернівок оптимальна температура може бути нижчою – 20–25 °С. Висока температура під час цієї фази може призвести до стресу для рослини та вплинути на якість і врожайність. Оптимальною є вологість ґрунту на рівні 50–60% НВ, оскільки надмірна волога може призвести до розкладання насіння чи розвитку гнилі. Оптимальна САТ під час дозрівання зернівок становить 400–600 градусів денних температур над пороговим рівнем.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ  
у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин кукурудзи звичайної**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	20	30	60	70	100	150
2	Фаза формування листя	20	30	60	80	300	500
3	Фаза формування волоті і качанів	20	30	70	80	400	600
4	Фаза запилення	20	30	70	80	300	500
5	Фаза дозрівання зерна	20	25	50	60	400	600

З метою аналізу впливу погодних чинників на процес формування урожайності кукурудзи нами визначалися коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів та середніх добових температур від багаторічних даних. Визначення коефіцієнтів суттєвості відхилення дає змогу класифікувати місяці та роки щодо сприятливості умов для розвитку рослин. Коефіцієнт суттєвості відхилень показників агрометеорологічного режиму поточно-го року від середніх багаторічних показників розраховували за формулою:

$$K_c = \frac{(X_i - X)}{\sigma}$$

де  $K_c$  – коефіцієнт суттєвості відхилень;  
 $X_i$  – показники погоди конкретного року;  
 $X$  – показник середньої багаторічної величини;  
 $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень визначали за градацією:

$K_c = 0-1$  – умови близькі до звичайних;

$K_c = 1-2$  – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних;

$K_c > 2$  – умови, наближені до аномальних.

На підставі аналізу даних метеорологічної станції було встановлено амплітуду відхилень кліматичних умов періоду вирощування пшениці м'якої озимого типу розвитку та розраховано коефіцієнт суттєвості відхилень кліматичних умов вирощування в розрізі філій УІЕСР:

Волинська філія	2,23
Закарпатська філія	2,29
Івано-Франківська філія	2,64
Львівська філія	2,81
Рівненська філія	2,74
Чернігівська філія	2,00
Київська спеціалізована філія	1,88
Вінницька філія	2,37
Сумська філія	2,43
Тернопільська філія	2,87
Харківська філія	2,52
Черкаська філія	2,09
Чернівецька філія	2,80
Дніпропетровська філія	2,20
Луганська філія	0,59

## 1.8 Люпин (*Lupinus L.*)

### Фенологічні фази росту та розвитку люпину:

**1) Проростання.** Люпин проростає з насіння. Насіння може проростати при помірних температурах, зазвичай від 5 до 15 °С. Оптимальна температура для проростання насіння люпину становить від 15 до 20 °С. Насіння може проростати і при нижчих температурах, але розвиток буде повільнішим. Вологість ґрунту має бути високою – близько 70–80% НВ для швидкого та рівномірного проростання насіння. Сума активних температур для проростання насіння люпину становить приблизно 80–120 °С.

**2) Сходи.** Сходи з'являються над поверхнею ґрунту приблизно через 7–14 діб після сівби. Після появи сходів рослини можуть продовжувати рости при температурі від 10 до 25 °С, що сприяє здоровому їх розвитку. Після сходів вологість ґрунту має залишатися помірною, близько 70–75% НВ, для забезпечення здорового розвитку молодих рослин. САТ становить 120–200 °С.

**3) Фаза вегетативного росту.** Люпин розвиває кореневу систему та листки. Коріння має бульбочки, які можуть фіксувати азот з повітря, покращуючи якість ґрунту. Оптимальна температура для фази росту рослини становить від 15 до 25 °С. А оптимальна вологість ґрунту на цій стадії становить близько 60–70% НВ. Сума активних температур становить приблизно 500–700 °С. Це сприяє здоровому розвитку кореневої системи та вегетативних органів рослини.

**4) Цвітіння.** Рослина люпину починає цвісти наприкінці весни або на початку літа. Квіти можуть бути різних кольорів залежно від сорту. Для цвітіння люпину оптимальна температура становить від 18 до 25 °С. Під час цвітіння вологість ґрунту має становити приблизно 60–70% НВ. Оптимальна сума активних температур для фази цвітіння люпину становить близько 800–1000 °С. Це сприяє здоровому цвітінню та запиленню.

**5) Формування бобів.** Після цвітіння рослина утворює боби, які містять насіння. Під час формування бобів оптимальна температура становить від 18 до 25 °С. У період формування бобів оптимальна вологість ґрунту становить близько 60–70% НВ. Сума активних температур для формування бобів становить приблизно 1200–1500 °С. Це забезпечує рівномірний розвиток бобів і насіння.

**6) Достигання і дозрівання бобів.** Боби дозрівають, насіння стає готовим для збирання. Під час дозрівання бобів оптимальна температура становить 15–20 °С. На стадії дозрівання бобів вологість ґрунту може бути трохи нижчою, близько 50–60% НВ. Загальна сума активних температур до дозрівання бобів люпину становить приблизно 1800–2000 °С. Це сприяє правильному дозріванню бобів і підготовці насіння до збирання. Збирають врожай зазвичай, коли боби висохли і насіння дозріло.

### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин люпину

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Проростання	15	20	70	80	80	120
2	Сходи (емергенція)	10	25	70	75	120	200
3	Фаза вегетативного росту	15	25	60	70	500	700
4	Фаза цвітіння	18	25	60	70	800	1000
5	Фаза формування стручків	18	25	60	70	1200	1500
6	Фаза дозрівання стручків	15	20	50	60	1800	2000

### 1.9 Овес посівний і голозерний (*Avena sativa* L. & *A. nuda* L.)

Фенологічні фази росту та розвитку вівса посівного можна узагальнити таким чином:

**1) Сходи (емергенція).** Це початкова стадія, коли зерно проростає і формуються перші сходи. Оптимальна температура повітря для емергенції вівса зазвичай коливається від 10 до 20 °С. Важливо, щоб температура була достатньо високою для стимулювання проростання насіння. На цій стадії росту вівса посівного оптимальна вологість ґрунту повинна бути високою, близько 70–80% НВ. Оптимальна САТ для цієї фази може бути близько 100–150 °С. Це допоможе забезпечити належне проростання насіння та розвиток молодих сходів.

**2) Кущення.** На цій стадії рослина активно росте і розвивається. Вона формує нові листки та коріння, щоб забезпечити собі достатньо поживних речовин і води. У цей період оптимальна температура повітря зазвичай знаходиться в діапазоні від 15 до 25 °С. Рослина активно росте і розвивається за таких температурних умов. У цей період оптимальна вологість ґрунту може бути близько 60–70% НВ. Рослина активно росте, тому важливо, щоб ґрунт містив достатню кількість вологи для забезпечення нормального фізіологічного функціонування. Це може варіювати залежно від температурних умов та сорту вівса. САТ для цієї стадії може бути приблизно 600–900 °С. Це відображає період активного росту та розвитку рослини.

**3) Вихід у трубку.** У деяких випадках рослина може формувати бічні гілки, особливо якщо навколишні умови сприяють такому росту. Оптимальна температура повітря для цієї фази також може бути приблизно 15–25 °С. Рослина може реагувати на стимулюючі умови зростання бічних гілок при цих температурах. У цю стадію вологість ґрунту повинна залишатися на рівні 60–70% НВ. Це допомагає забезпечити належний розвиток і формування бічних гілок. Оптимальна САТ для цієї фази також може бути близько 600–900 °С.

**4) Викидання волоті.** На цій стадії оптимальна температура повітря може бути приблизно від 15 до 25 °С. Важливо, щоб під час цієї фази були сприятливі умови для правильного формування колосків. Вологість ґрунту повинна бути приблизно на рівні 60–70% НВ. Це допомагає

забезпечити належний розвиток і формування колосків. САТ може бути приблизно 600–900 °С.

**5) Цвітіння.** Колоски розкриваються, показуючи квітки. Це етап цвітіння, коли відбувається запилення. Під час цих стадій розвитку оптимальна температура повітря також може бути в діапазоні від 15 до 25 °С. Оптимальна вологість ґрунту також може бути в діапазоні від 60 до 70% НВ. Це важливо для забезпечення нормального цвітіння та запилення квіток. САТ для цвітіння може бути близько 300–450 °С.

**6) Налив зерна.** Запилені квітки поступово перетворюються на зернівки. На останніх етапах розвитку оптимальна температура може бути нижчою, приблизно від 10 до 20 °С. Це допомагає у вирівнюванні зернівок та дозріванні рослин. На останніх етапах розвитку оптимальна вологість ґрунту може бути нижчою, близько 50–60% НВ. Оптимальна САТ для цієї фази може бути приблизно 600–900 °С.

**7) Достигання і дозрівання.** Зернівки дозрівають, змінюючи колір та структуру, готуючись до збирання. Оптимальна температура може бути нижчою, приблизно від 10 до 20 °С. САТ для дозрівання зерна може бути близько 300–450 °С.

#### **Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин вівса посівного і голозерного**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	20	70	80	100	150
2	Фаза розвитку рослини	15	25	60	70	600	900
3	Фаза виходу в трубку (утворення бокових пагонів)	15	25	60	70	600	900
4	Фаза початку формування колосків (колосіння)	15	25	60	70	600	900
5	Фаза цвітіння	15	25	60	70	300	450
6	Фаза формування зерна	10	20	50	60	600	900
7	Фаза дозрівання зерна	10	20	50	60	300	450

### **1.10 Просо посівне (*Panicum miliaceum* L.)**

**Фенологічні фази росту та розвитку проса посівного** можна узагальнити наступним чином:

**1) Сходи (емергенція).** Ця фаза починається після посіву насіння, коли воно проростає і рослина починає розвиватися. Оптимальна температура для сходів становить близько 20–25 °С. Такий температурний діапазон сприяє швидкому проростанню насіння, як і відносно висока вологість ґрунту. Рекомендовано підтримувати рівень вологості близько 60–75% НВ. Для появи сходів необхідна сума активних температур приблизно від 80 до 120 °С.

**2) Формування розетки листків.** Під час цієї фази рослини проса активно формують габітус, утворюючи коріння, стебло і листя. Під

час фази активного росту рослини оптимальна температура становить близько 22–28 °С, вологість ґрунту має бути помірною, близько 55–65% НВ, щоб забезпечити активне зростання коренів та надземної частини рослини. Для цієї фази потрібна сума активних температур приблизно від 120 до 200 °С.

**3) Куціння.** У цій фазі рослина проса утворює додаткові пагони (куціння) для збільшення загальної маси рослин і потенційної врожайності. У цій фазі оптимальна температура для проса посівного становить близько 24–30 °С, рівень вологості має становити близько 55–65% НВ. Для фази куціння оптимальна сума активних температур становить близько 300 °С.

**4) Викидання волоті.** Волоть – це суцвіття проса. Оптимальною для фази викидання волоті є температура близько 25–30 °С. Помірна вологість ґрунту (55–65% НВ) потрібна для підтримки розвитку суцвіття (волоті). У цій фазі необхідна сума активних температур приблизно від 450 до 550 °С.

**5) Цвітіння.** У цій фазі рослина проса цвіте і квітки запилюються для формування зернівок. Під час цвітіння проса оптимальна температура повітря повинна становити близько 25–30 °С, вологість ґрунту має бути помірною, близько 55–65% НВ. Для фази цвітіння проса посівного потрібна сума активних температур від 600 до 700 °С.

**6) Формування зернівки.** Після запилення починається процес формування зернівок. У цій фазі рекомендується підтримувати температуру повітря в межах 24–30 °С. Оптимальна вологість ґрунту має бути помірною (55–65% НВ) для підтримки процесу формування та дозрівання зерна. Оптимальна сума активних температур у цю фазу становить близько 700 до 800 °С.

**7) Достигання і дозрівання зерна.** Остання фаза, в якій зернівки проса повністю досягають і готові до збирання. Оптимальна температура під час дозрівання зерна проса посівного становить близько 24–30 °С, а рівень вологості ґрунту – 50–55% НВ. САТ становить близько 800–1000 °С.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ  
у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин проса посівного**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	20	25	60	75	80	120
2	Фаза розвитку рослини	22	28	55	65	120	200
3	Фаза куціння	24	30	55	65	250	300
4	Фаза викидання волоті	25	30	55	65	450	550
5	Фаза цвітіння	25	30	55	65	600	700
6	Фаза формування зерна	24	30	55	65	700	800
7	Фаза дозрівання зерна	24	30	50	55	800	1000

### 1.11 Пшениця (*Triticum L.*)

Фенологічні фази росту і розвитку охоплюють всі **етапи органогенезу пшениці**:

**1) Сходи (емергенція).** Насіння проростає і з'являються перші сходи. Оптимальна температура для сходів знаходиться в діапазоні від 10 до 20 °С. Для забезпечення успішного проростання насіння та сходів вологість ґрунту має бути близько 60–75% НВ. САТ становить приблизно від 100 до 150 °С.

**2) Фаза кущення.** У цій фазі рослина починає формувати додаткові стебла (пагінці), що зменшує конкуренцію між рослинами. Оптимальною температурою для фази кущення є 12–18 °С. Оптимальна вологість ґрунту під час кущення має становити близько 70–75% НВ. Для цієї фази необхідна САТ близько 200–300 °С.

**3) Фаза виходу в трубку.** Стебло починає активно рости у висоту, утворюючи вузли та міжвузля. Для цього періоду температура може бути трохи вищою, близько 15–22 °С, а вологість ґрунту має бути в межах 70–75% НВ. САТ – від 400 до 500 °С.

**4) Фаза викидання прапорцевого листка.** Утворюється останній (прапорцевий) листок, який захищає колосок і бере участь у фотосинтезі. Оптимальна температура для цієї фази становить від 16 до 24 °С. Оптимальна вологість ґрунту – близько 65–70% НВ. Сума активних температур для фази становить від 600 до 800 °С.

**5) Фаза колосіння.** Формуються колоски та утворюються зернівки. Оптимальна температура для цієї фази становить від 18 до 24 °С. Під час колосіння вологість ґрунту має становити близько 60–70% НВ. Для колосіння САТ має бути від 200 до 400 °С.

**6) Фаза цвітіння.** Рослини цвітуть і відбувається запилення в колосках. Оптимальною є температура від 18 до 24 °С, вологість ґрунту – в межах 60–70% НВ. Оптимальна САТ для цієї фази становить від 1000 до 1200 °С.

**7) Фаза наливу зерна.** Це період, коли формуються та дозрівають зернівки в колосках. У цю фазу температура може бути трохи нижчою, близько 16–22 °С. У період наливу зернівок вологість ґрунту має бути близько 55–65% НВ. САТ становить від 1200 до 1400 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин пшениці м'якої озимої

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість,%		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	20	60	75	100	150
2	Фаза кущення	12	18	70	75	200	300
3	Фаза виходу в трубку	15	22	70	75	400	500
4	Викидання прапорц. листка	16	24	65	70	600	800
5	Фаза колосіння	18	24	60	70	200	400
6	Фаза цвітіння	18	24	60	70	1000	1200
7	Фаза наливу зерна	16	22	55	65	1200	1400
8	Фаза дозрівання зерна	16	22	50	60	1400	1600

**8) Фаза дозрівання зерна.** Остання фаза, коли зернівки досягають зрілості, змінюючи колір і текстуру, готуються до збирання врожаю. Оптимальна температура становить від 16 до 22 °С. Вологість ґрунту може бути трохи нижчою, близько 50–60% НВ. Для дозрівання зерна потрібно близько 1400–1600 °С.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин пшениці м'якої ярої**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	15	60	75	100	120
2	Фаза кущення	15	20	55	70	200	300
3	Фаза виходу в трубку	16	22	55	65	400	450
4	Викидання прапорц. листка	17	24	50	60	500	600
5	Фаза колосіння	18	25	50	60	700	800
6	Фаза цвітіння	18	24	50	55	800	900
7	Фаза наливу зерна	20	28	45	55	1000	1100
8	Фаза дозрівання зерна	22	30	35	45	1200	1400

### 1.12 Ріпак (*Brassica napus* L. *oleifera*)

#### Фенологічні фази росту та розвитку ріпаку:

**1) Сходи (емергенція).** Це початкова фаза, коли рослина ріпаку проростає з насіння. Оптимальна температура для сходів ріпаку становить від 5 до 15 °С. Сходи можуть з'являтися і при нижчих температурах, але розвиток буде повільнішим. Оптимальна вологість ґрунту під час сходів ріпаку має бути високою – близько 70–80% НВ. Це забезпечує швидке та рівномірне проростання насіння. Оптимальна сума активних температур для сходів ріпаку становить приблизно 50–100 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** Рослина продовжує розвиватися, утворюючи більше листя та розвиваючи кореневу систему. Під час розвитку рослини (включаючи утворення кореневої системи та листя) оптимальна температура становить від 10 до 20 °С. Така температура забезпечує стабільний ріст рослини. Під час фази розвитку рослини вологість ґрунту має становити близько 70–80% НВ. Це сприяє здоровому розвитку рослини, включаючи ріст кореневої системи та листя. САТ для фази розвитку рослини становить приблизно 400–500 °С.

**3) Фаза бутонізації.** Рослина утворює бутони, які згодом розкриваються у квітки. Оптимальна температура під час бутонізації становить від 15 до 25 °С. Це забезпечує розвиток квіткових бутонів і підготовку до цвітіння. Оптимальний рівень вологості ґрунту під час бутонізації становить близько 70–75% НВ. Це важливо для формування бутонів та підготовки до цвітіння. САТ для фази бутонізації ріпаку становить близько 800–1000 °С.

**4) Фаза цвітіння.** Рослина зацвітає, формуючи квітки, з яких пізніше утворюються плоди. Для цвітіння ріпаку оптимальна температура становить від 18 до 25 °С. Високі температури можуть пришвид-

шити цвітіння, але також можуть скоротити його тривалість. Під час цвітіння ріпаку вологість ґрунту має становити близько 70–75% НВ. Це сприяє здоровому цвітінню та розвитку зав'язі. Оптимальна сума активних температур для фази цвітіння ріпаку становить приблизно 1000–1200 °С.

**5) Фаза плодоношення.** Квітки перетворюються на стручки, які містять насіння. Під час формування стручків оптимальна температура становить від 15 до 25 °С. Це сприяє рівномірному розвитку стручків і насіння. Оптимальна вологість ґрунту під час формування стручків становить близько 70–75% від повної польової вологості. САТ для формування стручків становить близько 1300–1500 °С.

**6) Фаза досягання і дозрівання.** Стручки дозрівають, насіння готове до збирання. Оптимальна температура для дозрівання стручків ріпаку становить від 15 до 20 °С. При вищих температурах процес дозрівання може пришвидшуватися. Під час дозрівання стручків вологість ґрунту має становити близько 60–70% НВ. Це сприяє дозріванню стручків і забезпечує гарну якість насіння. Загальна сума активних температур до дозрівання стручків ріпаку може становити близько 1700–2000 °С.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ  
у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин ріпаку**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	5	15	70	80	50	100
2	Фаза розвитку рослини	10	20	70	80	400	500
3	Фаза бутонізації	15	25	70	75	800	1000
4	Фаза цвітіння	18	25	70	75	1000	1200
5	Фаза формування стручків	15	25	70	75	1300	1500
6	Фаза дозрівання стручків	15	20	60	70	1700	2000

**1.13 Соняшник однорічний (*Helianthus annus* L.)**

**Фенологічні фази росту та розвитку соняшника однорічного:**

**1) Сходи (емергенція).** Процес проростання насіння та з'явлення сходів над поверхнею ґрунту. Оптимальна температура – 18–25 °С. Мінімальна температура для проростання – близько 6–10 °С. Оптимальна вологість ґрунту під час сходів повинна бути достатньою для забезпечення швидкого та рівномірного проростання насіння. Рекомендований рівень вологи становить приблизно 70–80% НВ. Оптимальна сума активних температур – від 80 до 100 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** Включає початковий ріст рослини, розвиток листя та кореневої системи. Оптимальна температура – 20–30 °С. Зниження температури нижче 15 °С може сповільнити розвиток. У цій фазі важливо забезпечити стабільну вологість, приблизно 60–70% НВ, для оптимального росту та розвитку рослини. Оптимальна сума активних температур – від 150 до 200 °С.

**3) Фаза бутонізації.** Формування та розвиток бутонів (суцвіття), з яких будуть утворюватися квітки. Оптимальна температура – 20–28 °С. Високі температури можуть пришвидшити розвиток бутонів. Під час формування бутонів необхідна достатня вологість, приблизно 60–70% НВ, для забезпечення якісного розвитку суцвіття. Оптимальна сума активних температур – від 300 до 350 °С.

**4) Фаза цвітіння.** Період цвітіння суцвіття, який триває кілька днів. Оптимальна температура – 20–28 °С. Низькі температури можуть вплинути на процес запилення, а високі – можуть призвести до осипання квіток. Оптимальна вологість ґрунту в цій фазі становить приблизно 55–60% НВ, що сприяє належному запиленню та утворенню насіння. Оптимальна сума активних температур – від 400 до 450 °С.

**5) Фаза плодоношення.** Після цвітіння починається процес формування насіння в кошиках. Оптимальна температура – 20–30 °С. Надмірно високі температури можуть вплинути на якість насіння. У цій фазі рослина потребує стабільної вологи, приблизно 50–60% НВ, для оптимального розвитку насіння. Оптимальна сума активних температур – від 500 до 600 °С.

**6) Фаза дозрівання насіння.** Насіння дозріває, готове для збирання. Оптимальна температура – 20–30 °С. Підвищення температури може пришвидшити дозрівання насіння. Під час дозрівання насіння рівень вологості ґрунту можна поступово знижувати, щоб забезпечити належне дозрівання та збирання врожаю. Оптимальний рівень вологості в цій фазі становить приблизно 40–50% НВ. Оптимальна сума активних температур: від 800 до 900 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин соняшнику однорічного

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	18	25	70	80	80	100
2	Фаза розвитку рослини	20	30	60	70	150	200
3	Фаза бутонізації	20	28	60	70	300	350
4	Фаза цвітіння	20	28	55	60	400	450
5	Фаза формування насіння	20	30	50	60	500	600
6	Фаза дозрівання насіння	20	30	40	50	800	900

### 1.14 Сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* Moench)

**Фенологічні фази росту та розвитку сорго звичайного включають:**

**1) Сходи (емергенція).** Поява перших сходів з ґрунту. Для оптимального проростання насіння сорго необхідна температура в діапазоні від 20 до 30 °С. У цій фазі важливо підтримувати достатню вологість ґрунту, щоб забезпечити якісне проростання насіння. Оптимальний рівень

вологості становить приблизно 70–80% НВ. Оптимальна сума активних температур становить від 60 до 90 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** Розвиток стебла і листя рослини. Оптимальною є температура повітря для цієї фази 25–35 °С. Під час активного росту рослини сорго потребують достатньої вологи, але не надмірної. Оптимальний рівень вологості ґрунту в цій фазі становить приблизно 60–70% НВ. На цьому етапі рослина розвивається при оптимальній сумі активних температур у діапазоні від 400 до 500 °С.

**3) Фаза викидання волоті.** Зростання волоті (суцвіття) для утворення квіток. У цій фазі сорго краще росте при температурах від 25 до 35 °С. На цьому етапі потрібно забезпечити достатню вологість для належного розвитку волоті та формування суцвіть. Рекомендований рівень вологості становить приблизно 60–70% НВ. Фаза настає після досягнення сум активних температур у діапазоні від 800 до 1000 °С.

**4) Фаза цвітіння.** Період цвітіння рослини, під час якого відбувається запилення. Для фази цвітіння оптимальні температури повітря становлять від 25 до 35 °С. Оптимальна вологість ґрунту в цій фазі становить близько 55–60% НВ. Це сприяє оптимальному запиленню та формуванню насіння. Цвітіння сорго зазвичай відбувається після накопичення суми активних температур у діапазоні від 1000 до 1200 °С.

**5) Фаза формування зерна.** Після запилення відбувається формування зерна. У цій фазі оптимальні температури коливаються від 25 до 35 °С. У цій фазі сорго потребує стабільної вологості для розвитку зерна. Оптимальний рівень вологості становить приблизно 50–60% НВ. Формування зерна відбувається після досягнення суми активних температур у діапазоні від 1200 до 1500 °С.

**6) Фаза дозрівання зерна.** Зерно дозріває і готується до збирання. Для цієї фази оптимальні температури повітря становлять від 25 до 35 °С. Під час дозрівання зерна рівень вологості ґрунту можна поступово знижувати, щоб забезпечити належне дозрівання та збирання врожаю. Оптимальний рівень вологості в цій фазі становить приблизно 40–50% НВ. Дозрівання зерна відбувається після досягнення суми активних температур понад 1500 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин сорго зернового

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	20	30	70	80	60	90
2	Фаза розвитку рослини	25	35	60	70	400	500
3	Фаза викидання волоті	25	35	60	70	800	1000
4	Фаза цвітіння	25	35	55	60	1000	1200
5	Фаза формування зерна	25	35	50	60	1200	1500
6	Фаза дозрівання зерна	25	35	40	50	1500	1550

## 1.15 Соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.)

**Фенологічні фази росту та розвитку сої культурної включають такі стадії:**

**1) Сходи (емергенція).** Ця фаза починається, коли насіння проростає, і перші листки з'являються над поверхнею ґрунту. Оптимальна температура повітря для цієї фази становить 20–30 °С. Висока вологість ґрунту потрібна для забезпечення дружних сходів. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 60–70% НВ. Сума активних температур – приблизно 100–150 °С.

**2) Фаза розвитку рослин.** У цій фазі соя розвиває додаткові листки і зростає у висоту. Коренева система також розвивається і закріплюється у ґрунті. У цій фазі оптимальна температура повітря становить від 20 до 30 °С. Підтримка оптимальної вологості є важливою для розвитку кореневої системи та рослин. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 50–60% НВ. Сума активних температур – приблизно 150–300 °С.

**3) Фаза бутонізації.** Ця фаза починається, коли рослина починає формувати бутони, які згодом розкриваються у квітки. Оптимальна температура повітря в цій фазі становить від 22 до 30 °С. Помірна вологість ґрунту сприяє розвитку бутонів та підвищує шанси на хороший урожай. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 55–60% НВ. Сума активних температур – приблизно 300–450 °С.

**4) Фаза цвітіння.** У цій фазі рослина квітне, зазвичай протягом кількох тижнів. Квітки сої є важливими для запилення та подальшого розвитку бобів. Оптимальна температура повітря в цій фазі становить від 22 до 30 °С. Підтримка стабільної вологості ґрунту важлива для цвітіння та зав'язування бобів. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 55–60% НВ. Сума активних температур – приблизно 450–600 °С.

**5) Фаза формування бобів.** Після запилення квітки розвиваються у боби, які містять насіння сої. Оптимальна температура повітря для цієї фази становить від 22 до 30 °С. Достатня вологість необхідна для формування бобів та забезпечення хорошого врожаю. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 55–60% НВ. Сума активних температур – приблизно 600–800 °С.

### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин сої культурної

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	20	30	60	70	100	150
2	Фаза розвитку рослини	20	30	50	60	150	300
3	Фаза бутонізації	22	30	55	60	300	450
4	Фаза цвітіння	22	30	55	60	450	600
5	Фаза формування бобів	22	30	55	60	600	800
6	Фаза дозрівання бобів	20	28	55	60	800	1000

**6) Фаза дозрівання бобів.** Боби продовжують розвиватися і дозрівати. Вони набувають зрілого кольору та текстури. У цій фазі оптимальна

температура повітря становить від 20 до 28 °С. На цьому етапі важливо забезпечити достатню вологість, щоб уникнути стресу рослин. Оптимальний рівень вологості ґрунту – 55–60% НВ. Сума активних температур – приблизно 800–1000 °С.

### 1.16 Тритикале (\**Triticosecale* Witt.)

**Фенологічні фази росту та розвитку тритикале** подібні до інших злакових культур, таких як пшениця і жито.

**1) Сходи (емергенція).** Початковий етап росту, коли сходи тритикале з'являються з ґрунту. У цій початковій стадії росту оптимальна температура повітря зазвичай коливається від 10 до 20 °С. Тепле, але не надто гаряче середовище сприяє проростанню насіння та розвитку молодих сходів. Оптимальна вологість ґрунту повинна бути високою, близько 70–80% НВ. Це сприяє проростанню насіння та розвитку молодих сходів. У цій початковій стадії росту оптимальна САТ зазвичай становить близько 100–150 °С.

**2) Фаза кущення.** Активний період росту і розвитку рослини, коли вона формує листя і коріння. У цей період оптимальна температура може бути приблизно від 15 до 25 °С. Рослина активно росте, тому потребує тепла, але не до такої міри, щоб спричиняти стрес. На цьому етапі оптимальна вологість може бути близько 60–70% НВ. Рослина активно росте, тому потребує достатньої кількості вологи для нормального фізіологічного функціонування.

**3) Фаза колосіння.** Рослина починає формувати колоски, які будуть потім розвиватися в зерно. Температура повітря у цю фазу також може бути приблизно від 15 до 25 °С. В цей час формуються колоски, тому важливо забезпечити оптимальні умови для їхнього розвитку. У цей період оптимальна вологість ґрунту також може бути близько 60–70% НВ. Це допомагає забезпечити належний розвиток і формування колосків. Оптимальна САТ для цієї фази також може бути приблизно від 500 до 800 °С.

**4) Фаза цвітіння.** Це стадія, коли відбувається цвітіння і запилення, необхідні для формування зернівок. У цей період оптимальна температура повітря зазвичай становить приблизно 15–25 °С. Підтримування комфортної температури сприяє нормальному цвітінню та запиленню. У цей період також рекомендується вологість близько 60–70% НВ для забезпечення нормального цвітіння та запилення. Оптимальна САТ для цвітіння може бути приблизно від 200 до 400 °С. Це відображає період активного розвитку квіток і запилення.

**5) Фаза наливу зерна.** Починається формування зерна в колосках. Температура повітря під час формування зерна також може бути від 15 до 25 °С. Це важливий період для нормального розвитку зернівок. На останніх етапах росту оптимальна температура повітря може бути трохи нижчою, близько 10–20 °С, для сприяння дозріванню зерна. На цьому етапі вологість ґрунту може бути в діапазоні 50–60% НВ. У цей період оптимальна САТ може залишатися на рівні близько 500–800 °С.

**б) Фаза достигання.** Зерно доходить до повної зрілості та готове для збирання. На останніх етапах росту оптимальна температура повітря може бути трохи нижчою, близько 10–20 °С, для сприяння дозріванню зерна. Під час дозрівання зернівок важливо підтримувати вологість ґрунту на рівні приблизно 40–50% НВ, щоб уникнути перенасичення вологою та забезпечити збереження зерна в доброму стані. Оптимальна САТ для дозрівання зерна може бути близько 200–400 °С.

#### Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин тритикале

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	20	70	80	100	150
2	Фаза розвитку рослини	15	25	60	70	500	800
3	Фаза початку формування колосків	15	25	60	70	500	800
4	Фаза активного зростання колоска	15	25	60	70	500	800
5	Фаза цвітіння	15	25	60	70	200	400
6	Фаза формування зерна	15	25	50	60	500	800
7	Фаза дозрівання зерна	10	20	40	50	200	400

#### 1.17 Ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare* L.)

Нижче наведено фенологічні фази росту та розвитку ячменю звичайного.

**1) Сходи (емергенція).** Початковий етап, коли сходи ростуть з насінини. У цій початковій стадії росту оптимальна температура повітря зазвичай коливається від 10 до 20 °С. Тепле, але не надто гаряче середовище сприяє проростанню насіння та розвитку молодих сходів. Оптимальна вологість ґрунту зазвичай повинна бути високою, близько 70–80% НВ, щоб забезпечити належне проростання насіння та розвиток молодих сходів. Оптимальна САТ для цієї фази становить приблизно 150–200 °С.

**2) Фаза кущення.** Активний період росту рослини, коли вона формує листя і коріння. У цей період оптимальна температура повітря може бути приблизно від 15 до 25 °С. Рослина активно росте, тому потребує тепла, але не такою мірою, щоб спричинити стрес. У цей період оптимальна вологість ґрунту може бути меншою, близько 60–70% НВ, оскільки рослина активно росте і здатна більше всмоктувати вологу з ґрунту. Оптимальна САТ може бути приблизно від 400 до 600 °С.

**3) Фаза виходу в трубку.** Росте стебло і розвиваються листки. Температура повітря у цю фазу також може бути приблизно від 15 до 25 °С. В цей час формуються стебло і листя рослини. Також оптимальна вологість ґрунту може бути приблизно від 60 до 70%. Оптимальна САТ для цієї фази також може бути приблизно від 400 до 600 °С.

**4) Фаза колосіння.** Стебло продовжує рости, а колос починає формуватися. Оптимальна температура для цієї фази може бути близько 15–20 °С. У цей період рослина може потребувати трохи більше воло-

ги, але оптимальна вологість ґрунту може залишатися близько 60–70% НВ. Оптимальна САТ також може залишатися в діапазоні від 400 до 600 °С.

**5) Фаза цвітіння.** Рослина цвіте, а квітки запилюються. У цей період оптимальна температура повітря також становить приблизно 15–20 °С. Також рекомендується забезпечувати оптимальну вологість ґрунту на рівні близько 60–70% НВ. Оптимальна САТ для цвітіння може бути приблизно від 200 до 400 °С.

**6) Фаза формування зерна.** Після запилення квіток розвиваються зернівки. Температура повітря під час формування зерна також може бути від 15 до 20 °С. У цей період оптимальна вологість ґрунту може бути важливою для забезпечення належного розвитку зерна, тому вона також може залишатися близько 60–70% НВ. Оптимальна САТ для цієї фази може залишатися в діапазоні від 400 до 600 °С.

**7) Фаза досягання зерна.** Зерно дозріває та стає готовим для збирання. На останніх етапах росту оптимальна температура повітря може бути трохи нижчою, близько 10–15 °С, для сприяння дозріванню зернівок. Під час дозрівання зерна може бути корисно трохи зменшити вологість ґрунту, але вона все ще повинна залишатися на рівні близько 60–70% НВ для забезпечення завершення процесу дозрівання зерна. У цей період оптимальна САТ може бути приблизно від 200 до 400 °С.

**Оптимальні значення температури повітря, вологості ґрунту та САТ  
у розрізі фенологічних фаз росту та розвитку рослин ячменю звичайного**

№ з/п	Фази росту і розвитку	Температура, °С		Вологість, %		САТ, °С	
		від	до	від	до	від	до
1	Сходи (емергенція)	10	20	70	80	150	200
2	Кущення	15	25	60	70	400	600
3	Викидання прапорц. листка	15	25	60	70	400	600
4	Колосіння	15	20	60	70	400	600
5	Цвітіння	15	20	60	70	200	400
6	Фаза формування зерна	15	20	60	70	400	600
7	Фаза досягання зерна	10	15	60	70	200	400

У рослин різних ботанічних таксонів тривалість етапів у відповідні фенологічні фази росту та розвитку різна, тому для кожної з них розробляється індивідуальна комплексна шкала. Водночас стандартна типова шкала ВВСН підходить для будь-яких видів, для яких відсутня окрема класифікація. Також на її основі розробляють індивідуальні шкали для конкретного виду рослин, що дозволить здійснювати управління продукційним процесом створення заданої врожайності сортів на основі абстрактного моделювання фізичної суті чи функціональних залежностей росту та розвитку рослин.

## **2. РОЗРАХУНОК РІВНІВ УРОЖАЙНОСТІ БОТАНІЧНИХ ТАКСОНІВ, СОРТИ ЯКИХ ПРОХОДЯТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНУ ЕКСПЕРТИЗУ У ФІЛІЯХ УІЕСР**

Визначення потенційно можливої врожайності дають можливість зробити комплексну оцінку біологічного потенціалу сортів рослин. Адже від сорту залежить підвищення продуктивності рослин та поліпшення якості товарної продукції сортів. За рахунок сортів відбулося значне збільшення й оновлення національних рослинних сортових ресурсів. Вміле поєднання біологічних особливостей сортів рослин і ґрунтово-кліматичних умов вирощування сприятиме правильному програмуванню і прогнозуванню адаптивного потенціалу сортів рослин.

Прогноз і програмування врожаїв сортів рослин має за мету – теоретично реалізувати максимальне акумулювання сонячної енергії, найбільш повне використання ґрунтово-кліматичних ресурсів, генетичного потенціалу районованих сортів, матеріальних і трудових ресурсів, одержання економічно доцільних рівнів урожаїв і гарантованих валових зборів продукції рослинництва на промисловій основі. На основі прогнозів розробляються інтегральні програми технологій вирощування, ведеться системне планування, яке стисло, структуровано, в математичній формі узагальнює наукову інформацію з різних галузей науки: фізіологія рослин, ґрунтознавство з основами геології, агрохімія, агрометеорологія, рослинництво, кормовиробництво, інформатика і обчислювальна техніка, яку в подальшому використовує для управління продукційним процесом формування врожаю.

Теоретичною основою прогнозування і програмування є принципи, які ґрунтуються на законах землеробства – рівнозначності й незамінності факторів, мінімуму й оптимуму, а також повернення поживних речовин у плодозміні тощо. Крім того, вони враховують і біологічні особливості видів та сортів рослин. Учені розробили 10 принципів прогнозування і програмування врожайності і якості сортів рослин.

**Перший принцип програмування врожайності** полягає у визначенні гідротермічного показника продуктивності фітомаси. Відомо, що на земній кулі коливання врожайності сягають від 2 до 500 ц сухої біологічної маси з 1 га на рік. У вологих тропіках щорічний приріст біологічної маси (фітомаси) досягає 50 т/га, а в аридних (посушливих) районах – лише 0,2–0,3 т/га.

Як визначити можливий рівень урожайності, яку можна отримати в будь-якій ґрунтово-кліматичній зоні або на різних полях господарства? Для відповіді на це запитання необхідно знати об'єктивні кліматичні й погодні умови для кожної окремо взятої місцевості. На думку професора А. М. Рябчикова, можливу продуктивність фітомаси може бути розраховано за формулою:

$$K_p = \frac{W \times T_v}{36 \times R} \quad (1)$$

де  $K_p$  – біогідротермічний потенціал продуктивності,

$W$  – середньорічне зволоження,

$T_v$  – тривалість вегетаційного періоду, декада,

$R$  – середній річний баланс, ккал/см<sup>2</sup>.

Визначивши бал продуктивності фітомаси, за графіком знаходять кількість біологічної маси, яку можна отримати в цій місцевості.

Учений Д. І. Шашко запропонував таку формулу для визначення біологічної продуктивності:

$$\text{БКП} = K_p \times \frac{\sum t^{\circ > 10}}{1000^{\circ}} \quad (2)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт біологічної продуктивності,

$\sum t^{\circ}$  – сума температур повітря більше 10 °С,

1000° – сума температур вище 10 °С в районі північної межі польового землеробства.

Перевірка цієї формули за результатами багаторічних дослідів державних сортовипробувальних станцій довела високу схожість розрахункових та експериментальних даних. Сьогодні є чимало достатніх надійних методів, які дозволяють визначати потенційні кліматичні можливості конкретної місцевості у формуванні певного рівня врожайності біологічної маси.

Уміння правильно визначити можливий рівень урожайності біомаси за вегетаційний період дозволяє підійти до розробки таких схем сівозмін і підбору культур, які будуть забезпечувати максимальний вихід біомаси, у т. ч. товарної продукції з одиниці площі. З погляду біології, інтенсивна сівозміна – це така ротація культур, за якої рослини здатні максимально акумулювати сонячну енергію і давати найбільший вихід продукції з одиниці площі.

**Другий принцип програмування врожайності** полягає в тому, що рівень її визначають за коефіцієнтом використання рослинами фотосинтетично активної радіації. Відомо, що 90% урожайності формується за рахунок сонячної енергії та вуглекислоти, що міститься в атмосфері. Усі технологічні прийоми спрямовано на те, щоб допомогти рослині краще використовувати сонячну енергію. Зараз відома енергетична цінність майже всіх сільськогосподарських культур. Кожен кілограм сухої органічної маси в середньому акумулює 4000 ккал, або 955 кДж 1 кДж = 4,19 ккал. Одні рослини дещо більше, інші – менше. Для практичного використання можна прийняти величину 4000 ккал (955 кДж) на 1 кг абсолютно сухої органічної речовини. Метеорологи (актинометристи) виконали великий обсяг робіт з визначення інтегральної радіації, знаючи яку, можна встановити прихід фотосинтетично активної

радіації. Ці дані, а також коефіцієнт використання ФАР рослинами, уміст сухої речовини та відношення основної продукції до побічної дають змогу обчислити можливу врожайність культур, які вирощують на одному полі протягом року. Численні експериментальні дані щодо мінерального живлення, водному режиму, чистій продуктивності фотосинтезу й агротехніки дозволяють розробити комплекс заходів, який забезпечить акумуляцію заданого відсотка ФАР і отримання запланованого врожаю.

**Третій принцип програмування врожайності** полягає у визначенні потенціальної можливості культури, сорту або гібрида стосовно до конкретних умов вирощування. Для кращого використання сонячної енергії слід вирощувати такі рослини, які здатні акумулювати більшу кількість ФАР. Відомо, що рослини з високим і ярусним розташуванням листків (кукурудза, сорго та ін.) краще акумулюють сонячну енергію. Рослини, у яких листки розташовані у вигляді розетки, навпаки, не здатні повноцінно використовувати сонячну енергію і давати високі врожаї біологічної маси. У межах виду рослин відмічено таку закономірність: сорти, у яких листкова пластинка розташована під гострим кутом до стебла, здатні краще використовувати сонячну енергію порівняно з сортами, у яких цей кут наближається до прямого. Цю закономірність відмічав професор М. С. Савицький на озимій пшениці ще в 1937 р., а значно пізніше – японські дослідники Монсі та Саекі на рисі. Для отримання запрограмованих урожаїв необхідно знати потенційні можливості культури, сорту, гібрида. Ці дані можна отримати за допомогою безпосередніх експериментів або скористатися матеріалами сортовипробувальних ділянок. Маючи такі показники, можна підібрати набір культур, який дозволить краще використовувати сонячну енергію протягом вегетації.

**Четвертий принцип програмування врожайності** полягає в тому, щоб на полі, зайнятому рослинами, сформувати фотосинтетичний потенціал, здатний забезпечити отримання запрограмованого рівня врожайності. Отримання високої врожайності можливе за умови, що рослини сформують необхідний фотосинтетичний потенціал. За даними академіка І. С. Шатілова, кожна тисяча одиниць фотосинтетичного потенціалу забезпечує одержання 2,5–3,0 кг зерна. Аналогічні показники отримано в Болгарії під час вирощування кукурудзи зі зрошенням. Для одержання врожайності 100 ц зерна кукурудзи необхідно сформувати ф.п. 3,0– 3,3 млн од.

**П'ятий принцип програмування врожайності** полягає в правильному використанні основних законів та закономірностей землеробства і рослинництва: закону рівнозначності або незамінності факторів, закону лімітуючого фактора, закону повернення, закону оптимуму, закону плодозміни, закону критичного періоду щодо фосфору, закону фізіологічних часів, закону регуляторної системи рослин.

**Шостий принцип програмування врожайності** полягає в розробці системи добрив з урахуванням ефективної родючості ґрунту і потреби

рослин у поживних речовинах для формування запланованого врожаю високої якості.

**Сьомий принцип програмування врожайності** полягає в розробці комплексу технологічних заходів залежно від вимог культури і сорту. Для отримання запрограмованого рівня врожайності необхідно створити середовище, сприятливе для вирощування певної культури. Як правило, оптимальна щільність ґрунту для більшості культур становить 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>. Отже, обробіток ґрунту (спосіб, глибина, строк проведення) має бути таким, щоб коренева система рослин розміщувалася в добре аерованому його шарі. Недотримання строків сівби, садіння овочевих рослин, як правило, спричиняє значне зниження врожаю. Неправильна норма висіву, мілка або глибока сівба завжди призводить до зрідженості й значно знижує врожайність.

**Восьмий принцип програмування врожайності** полягає в тому, щоб у зрошуваному землеробстві забезпечити потребу рослин у воді в оптимальній кількості, а в богарних умовах – визначити врожайність, залежно від фактичних кліматичних умов. Зараз накопичено багато матеріалу щодо водоспоживання різних видів рослин, оптимальної вологості ґрунту, критичних періодів відносно вологи. Добре вивчено також транспіраційні коефіцієнти.

**Дев'ятий принцип програмування врожайності** полягає в тому, щоб забезпечити вирощування здорових рослин без негативного впливу шкідників і хвороб. У кожній зоні, районі, для всіх культур і полів необхідно розробляти не загальні, а конкретні заходи із захисту від хвороб і шкідників.

**Десятий принцип програмування врожайності** полягає в тому, щоб за наявності відповідних експериментальних даних повніше використовувати математичний апарат, який дозволить найбільш точно визначити оптимальний варіант комплексу, здійснення якого забезпечить отримання запрограмованих урожаїв різних культур. Кожен технологічний прийом, елемент, або комплекс буде своє широко використано лише за умов економічної вигідності. Тому під час розроблення комплексу заходів обов'язково слід проводити їх усебічну економічну оцінку.

Перелічені принципи програмування є своєрідним інтегралом системи з трьох компонентів:

- біології рослин на рівні сорту чи гібриду;
- погоди і ґрунтових умов;
- рівня виконання технологічних прийомів.

З наведених принципів п'ять перших використовують для розрахунку потенційної врожайності та її якості; решту – для розробки програми технології реалізації прогнозу. Прогнозуючи урожайність, передбачають чотири її рівні: потенційну, дійсно можливу, запрограмовану і реальну (виробничу).

**Урожайність** – це кількість товарної рослинницької продукції, одержуваної з одиниці площі. Урожайність для ботанічних таксонів відкри-

того ґрунту розраховують в тонах на гектар (т/га), а в теплично-парниковому виробництві – в кг з 1 м<sup>2</sup> (кг/м<sup>2</sup>).

У плануванні, обліку і економічному аналізі використовують декілька видів урожайності:

**Потенційна врожайність** (ПУ) – теоретично максимальна величина кількості продукції, яку можна отримати з 1 га за повної реалізації продуктивних можливостей сорту. Потенційна врожайність обчислюється до ідеальних і звичайних умов науково-дослідними установами аграрного спрямування. Використовують показник потенційної врожайності для визначення раціональної структури рослинницьких галузей, набору сортів і ботанічних таксонів у суб'єктів господарювання різних форм власності.

Для оцінки світлових ресурсів вегетаційного періоду зазвичай застосовують статистичні дані випромінювання фотосинтетично активної радіації (ФАР). Інтенсивність ФАР можна розрахувати за даними прямої ( $S'$ ) та розсіяної ( $D$ ) або сумарної радіації ( $Q$ ) за допомогою коефіцієнтів, запропонованих Б. І. Гуляєвим, Х. Г. Тоомінгом та Н. О. Єфимовою:

$$Q_{\text{ФАР}} = 0,43 \cdot S' + 0,57 \cdot D \quad (3)$$

$$Q_{\text{ФАР}} = 0,52 \cdot Q$$

Сонячна радіація також впливає та має добовий ритм (чергування дня і ночі). Встановлено, що рослини переходять до генеративного розвитку при визначеному співвідношенні тривалості дня і ночі (фотоперіодична реакція). За фотоперіодичною реакцією рослини класифікуються на групи:

- короткого дня (рис, просо, сорго, кукурудза та ін.). Їм необхідна тривалість дня 10–12 год;
- довгого дня (жито, овес, пшениця, льон, горох і ін.). Їм необхідна тривалість дня до 18–20 год;
- нейтральні до тривалості дня (томати, гречка та ін.).

Коефіцієнт відповідності кліматичних умов вимогам даної культури визначається за формулою:

$$C = x/x_0 \quad (4)$$

де  $x$  – фактичне значення метеорологічного елемента;  $x_0$  – оптимальне значення метеорологічного елемента.

Формування врожаю потребує енергетичних затрат. Для приросту обсягу виробництва товарної продукції рослинництва на 1% необхідне збільшення енергії на 2–3%. Рослина використовує не всю енергію сонця і космосу, а лише фотосинтетично активну радіацію – ФАР. Теоретично можливий коефіцієнт використання ФАР може становити 9,5–10,5%. Але це в ідеальних умовах при оптимальному поєднанні всіх інших факторів. На практиці ж коефіцієнт використання ФАР не перевищує 1–3%. Цей фактор є нерегульованим і не залежить від людини. Щоб визначити величину потенційно можливої врожайності ( $Y_{\text{пм}}$ ), необхідно визначити

потенційно можливу врожайність сухої фітомаси ( $Y_{пм1}$ ), яку розраховують за формулою:

$$Y_{пм1} = \frac{\Sigma Q}{q} \times K_{фар} \quad (5)$$

де  $Y_{пм1}$  – потенційно можлива врожайність сухої фітомаси, кг/га;  
 $\Sigma Q$  – сумарне надходження ФАР за вегетаційний період у певній ґрун-  
тово-кліматичній зоні, кДж/га;

$q$  – калорійність одиниці сухої органічної речовини або енергетична  
цінність одиниці сухої речовини рослин, кДж/кг;

$K_{фар}$  – коефіцієнт використання ФАР рослиною (для практичних роз-  
рахунків становить приблизно 2%, або 0,02 одиниці).

Для перерахунку абсолютно сухої маси органічної речовини на стан-  
дартну вологість використовують формулу:

$$Y_c = \frac{Y_{пм}}{(100 - B_c) \times a} \quad (6)$$

де  $Y_c$  – врожайність біомаси рослин за стандартної вологості, т/га;

$Y_{пм}$  – потенційно можлива врожайність сухої біомаси;

$B_c$  – стандартна вологість основної продукції;

$a$  – сума частин у співвідношенні основної продукції до побічної.

Значення ФАР беруть з довідкових сформованих фактично таблиць.  
В умовах України розподіл сум ФАР для вегетаційного періоду із серед-  
ньою добовою температурою повітря понад 5 °С майже збігається з при-  
родними ґрунтово-кліматичними зонами, крім гірських районів Карпат,  
Криму і Донецької височини.

Енергетичну цінність рослинницької продукції, або калорійність, ви-  
значають експериментально – спалюванням сухої біомаси.

Співвідношення основної і побічної продукції в кожній овочевої рос-  
лини є різним. Крім цього, необхідно враховувати сортові особливості.  
Зокрема, пізньостиглі сорти здебільшого формують більшу частину  
побічної продукції. В умовах оптимального забезпечення вологою та  
мінеральними речовинами співвідношення часто зміщується в бік по-  
бічної продукції. У сучасних довідкових матеріалах кількість тепло-  
ти, яка виділяється після спалювання, виражають у Міжнародній сис-  
темі одиниць (СІ) за таким співвідношенням: 1 кал = 4,1868 кДж (або  
1 ккал = 4186,8 Дж = 4,1868 КДж). Інколи використовують британську  
систему одиниць, де кількість теплоти (Вш) має таке співвідношення:  
1055,06 Дж = 0,252 ккал. Для перерахунку потенційно можливої врожай-  
ності сухої біомаси на потенційно можливу врожайність сухої маси то-  
варної частини врожаю необхідно знати співвідношення основної про-  
дукції до побічної в його структурі. Для цього складають пропорцію:

$$\frac{Y_{пм1} - a}{Y_{пм2} - 1} \quad (7)$$

де  $Y_{пм1}$  – потенційно можлива врожайність сухої фітомаси, кг/га;

$Y_{пм2}$  – потенційно можлива врожайність сухої маси товарної частини врожаю, кг/га;

$a$  – сума частин у співвідношенні основної продукції до побічної;

$1$  – частина основної продукції в співвідношенні основної продукції до побічної.

Згідно зі складеним співвідношенням потенційно можлива врожайність сухої маси товарної частини врожаю ( $Y_{пм2}$ ) дорівнюватиме:

$$Y_{пм2} = \frac{Y_{пм1}}{a} \quad (8)$$

Якщо підставити отримане значення з формули (5), отримаємо:

$$Y_{пм2} = \frac{\sum Q}{qa} \times K_{фар} \quad (9)$$

Після визначення потенційно можливої врожайності сухої маси товарної частини врожаю необхідно перерахувати її на стандартну вологість продукції. Для цього слід скласти пропорцію:

$$\frac{Y_{пм2} - B}{Y_{пм} - 100\%}, \quad (10)$$

де  $Y_{пм}$  – потенційно можлива врожайність товарної продукції при стандартній вологості, кг/га;

$B$  – вміст сухої речовини в товарній частині продукції, %.

За пропорцією потенційно можлива врожайність товарної продукції при стандартній вологості дорівнюватиме:

$$Y_{пм} = \frac{Y_{пм2} \cdot 100\%}{B} \quad (11)$$

Якщо підставимо у формулу (5) значення  $Y_{пм2}$ , то отримаємо:

$$Y_{пм} = \frac{\sum Q \cdot K_{фар} \cdot 100\%}{q \cdot a \cdot B} \quad (12)$$

Для переведення величини потенційно можливої врожайності з кг/га у т/га слід отриману величину розділити на 1000:

$$Y_{пм} = \frac{\sum Q \cdot K_{фар}}{10qaB} \quad (13)$$

де  $Y_{пм}$  – потенційно можлива врожайність товарної продукції при стандартній вологості, т/га;

$\sum Q$  – сумарне надходження ФАР за вегетаційний період у певній ґрунтово-кліматичній зоні, кДж/га;

$q$  – енергетична цінність одиниці сухої речовини овочевої рослини, кДж/кг;

$K_{фар}$  – коефіцієнт використання ФАР овочевою рослиною;

$a$  – сума частин у співвідношенні основної продукції до побічної;

$B$  – вміст сухої речовини в товарній частині продукції, %.

В практиці програмування, як правило, не потрібно розраховувати потенційно можливий врожай загальної біомаси, програмування починається безпосередньо з визначення врожайності основної продукції (зерна, коренеплодів, бульб і т.д.), при чому не в абсолютно сухій біомасі, а при стандартній вологості.

**Дійсно можлива врожайність** (*У<sub>дм</sub>* або *ДМУ*) – це максимальна врожайність, яку можна отримати в існуючих метеорологічних умовах. Становить 60–80% від потенційно можливої врожайності, тому що навіть при ідеальних технологічних та меліоративних умовах її обмежує клімат місцевості. Залежить від біологічних властивостей сорту рослин. Досягнення дійсно можливої врожайності слід розглядати як завдання для оптимального програмування. Величину дійсно можливої урожайності визначають насамперед за вологозабезпеченістю, особливо запасом продуктивної вологи, який розраховують за кількістю опадів за рік на конкретному полі з урахуванням родючості ґрунту.

Розглянемо формальний алгоритм розрахунку метеорологічних показників.

Вологість ґрунту *W* виражають у відсотках від ваги сухого ґрунту:

$$W = \frac{a \cdot 100}{v} \quad (14)$$

де *a* – вага води, що випаровується з ґрунту;

*v* – вага зразка ґрунту після висушування.

Коефіцієнт вологозабезпеченості за емпіричною формулою:

$$K = \frac{W_1 + W_2 + \sum r}{0,65 \sum d} \quad (15)$$

де *W<sub>1</sub>* і *W<sub>2</sub>* – запаси продуктивної вологи на початку та в кінці вегетації певної культури (мм);

$\sum r$  – кількість опадів за період вегетації (мм);

$\sum d$  – сума середніх добових дефіцитів вологості повітря за період вегетації (мм). Значення цієї формули відповідає значенню випаровуваності (мм).

Рівень дійсно можливої врожайності за вологозабезпеченістю рослин обчислюють за формулою:

$$Y_{дм} = \frac{W}{K_W} \quad (16)$$

де *Y<sub>дм</sub>* – дійсно можлива врожайність за вологозабезпеченістю, т/га;

*W* – кількість продуктивної вологи в ґрунті, м<sup>3</sup>/га;

*K<sub>W</sub>* – коефіцієнт водоспоживання овочевих рослин, м<sup>3</sup>/т.

Коефіцієнт водоспоживання (*K<sub>W</sub>*) є специфічною характеристикою кожної сільськогосподарської культури і показує, яка кількість вологи

витрачається на формування одиниці сухої біомаси. Чим нижчий рівень агротехніки і родючості ґрунту, тим вищий коефіцієнт водоспоживання.

Запаси продуктивної вологи ( $W$ ) визначають як суму запасів доступної вологи у кореневмісному шарі ґрунту ( $W_{np}$ ) у період сівби або відновлення вегетації озимих культур і багаторічних трав плюс волога опадів ( $P_{on}$ ), які випадають за вегетаційний період. Проте необхідно враховувати, що річні опади не повністю використовуються рослинами, частина їх збігає з талими водами, випаровується з поверхні ґрунту, не зайнятої рослинами. За узагальненими даними, використання річних опадів ( $K_o$ ) на різних за механічним складом ґрунтах коливається від 42 до 88%. Різна вологоємність ґрунтів зумовлює і значні коливання продуктивної вологи по агрокліматичних районах. Через нерівномірність опадів по агрокліматичних районах України розрахунок ДМУВ необхідно проводити диференційовано для кожного господарства, а в перспективі і для кожного поля з врахуванням особливостей ґрунтів і рельєфу місцевості.

Точніше визначення продуктивної вологи проводять за формулою:

$$W = W_{np} + P_{on} \cdot K_o - W_k, \quad (17)$$

де  $W$  – кількість фактично доступної для рослини продуктивної вологи, мм;

$W_{np}$  – кількість води в метровому шарі ґрунту на початку вегетації, мм;

$P_{on}$  – сума опадів за період вегетації, мм;

$K_o$  – коефіцієнт використання атмосферних опадів (0,7-0,8);

$W_k$  – кількість води в метровому шарі ґрунту наприкінці вегетації, мм.

Дані про величину  $W_{np}$ ,  $P_{on}$ ,  $W_k$  визначаються на агрометеорологічних станціях. Значення величини  $K_o$  для кожної конкретної території можна отримати в науково-дослідних закладах або на власних платформах метеорологічних цифрових станцій.

Продуктивну вологу визначають як суму запасів доступної для рослин вологи в метровому шарі ґрунту при сівбі та опадів, які використовуються в період дощів і при зрошенні.

Запаси продуктивної вологи обчислюють за формулою:

$$W = W_o + 0,8 \cdot P + 0,8 \cdot K \quad (18)$$

де  $W$  – кількість продуктивної вологи в ґрунті, м<sup>3</sup>/га;

$W_o$  – запаси продуктивної вологи в ґрунті навесні, м<sup>3</sup>/га;

$P$  – кількість води у вигляді дощів за вегетаційний період, м<sup>3</sup>/га;

$K$  – кількість води, що надходить при зрошенні, м<sup>3</sup>/га;

0,8 – коефіцієнт, який показує, що дощі та зрошувальну вологу застосовують у середньому на 80% від загальної кількості.

Дійсно можлива врожайність – це величина, яка залежить не тільки від кліматичних факторів, але й від потенційної родючості ґрунту. Тобто врожай з поправкою на родючість ґрунту, яка враховує десятки показників. Учені дійшли висновку, що необхідно мати єдину оцінку родючості. Професор В. В. Докучаєв запропонував цифрове порівняння ґрунтів – бонітування.

Бонітування ґрунтів – це порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, що мають сталий характер і суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських рослин, які вирощують у конкретних природно-кліматичних умовах. Метою цих розрахунків є встановлення дійсно можливого урожаю сортів рослин, який можна одержати завдяки природній або ефективній родючості ґрунтів, тобто без внесення добрив (ДМУГ). У практиці розрахунків існує два основні способи таких визначень: з урахуванням окупності одного бала бонітету ґрунту продукцією та балансовий.

Метод розрахунку *дійсно можливого урожаю за якісною оцінкою ґрунтів* передбачає розробку шкали бонітування. *Бонітування ґрунтів* – це порівняльна оцінка родючості ґрунту при сучасному рівні інтенсивності виробництва, базується на багаторічній урожайності сільськогосподарських культур та об'єктивних властивостях самих ґрунтів. Урожайність культури підвищується з наближенням агрохімічних показників ґрунту до оптимальних (рН, вміст гумусу, рухомих форм фосфору, калію тощо). Зараз прийнята 100-бальна оцінка родючості ґрунтів. У 100 балів оцінюють ґрунти, що забезпечують найбільшу врожайність. Інші ґрунти порівнюють за відсотковим принципом.

Найпродуктивнішими ґрунтами є чорноземи типові, звичайні та південні. Дещо поступаються їм опідзолені лісостепові ґрунти. Ще менш родючі темно-каштанові ґрунти в посушливих районах і дерново-підзолисті в районах достатнього та надмірного зволоження. Більш детальна оцінка наводиться в рекомендаціях місцевих та зональних науково-дослідних закладів.

Розрахунок дійсно можливого урожаю за якісною оцінкою ґрунту проводять за формулою:

$$ДМУ_{Г} = B_{Г} \times Ц_{БГ} \quad (19)$$

де  $B_{Г}$  – бонітет ґрунту, бал;

$Ц_{БГ}$  – ціна бала ґрунту, ц.

Ціна одного бала бонітету за врожайністю визначають по культурах або групах культур відповідно до природних зон (Полісся, Лісостеп, Степ) і вона є загальнообласною. Конкретний бонітет ріллі можна одержати за даними бонітетів ґрунтів господарства. Родючість ґрунту виражається в балах бонітету як відношення фактичної родючості до еталона. Еталоном (100 балів) є кращий з поширених ґрунтів, на яких вирощують овочеву рослину. Ціну одного бала визначають діленням середньої врожайності овочевої рослини за декілька років на бонітет конкретного ґрунту.

Родючість ґрунту можна поліпшити за допомогою добрив, тому важливо врахувати їх ресурси. При цьому врожайність становить суму показників родючості ґрунту й ефективності добрив:

$$У_{дм} = [(B + Ц_{б}) + (D_{м} + O_{м}) + (D_{0} + O_{0})] \cdot 0,001 \quad (20)$$

де  $У_{дм}$  – дійсно можлива урожайність за бонітетом ґрунтів, т/га;

$B$  – бонітет ґрунту, балів;  
 $C_b$  – ціна одного бала бонітету, кг/га;  
 $D_{м}, D_0$  – рекомендовані або фактично внесені дози мінеральних (кг/га)  
і органічних (т/га) добрив;  
 $O_{м}, O_0$  – окупність 1 кг мінеральних або 1 т органічних добрив урожаєм товарної продукції, кг;  
 $0,001$  – коефіцієнт для перерахунку кг/га у т/га.

**Кліматично забезпечена врожайність** ( $U_k$ ) – це статистично середня врожайність, можлива в конкретних кліматичних умовах вирощування відповідної місцевості.

Від потенційно можливої врожайності відрізняється поправкою на лімітуючий фактор місцевості для конкретної овочевої рослини (забезпечення теплом, водою). Для цього потенційно можливу врожайність множать на коефіцієнт сприятливості клімату ( $k_m$ ):

$$U_k = U_{пм} \times k_m \quad (21)$$

де  $U_{пм}$  – потенційно можлива врожайність товарної продукції, т/га,  
 $k_m$  – коефіцієнт сприятливості клімату.

Коефіцієнт сприятливості клімату ( $k_m$ ) розраховують для кожної овочевої рослини або беруть з довідкових кліматичних таблиць. Він завжди менший від одиниці ( $k_m < 1$ ). Коефіцієнт сприятливості клімату ( $k_m$ ) за тим чи іншим фактором розраховують як відношення сумарної теоретичної кількості фактора для забезпечення потенційної врожайності до фактично можливого його забезпечення в господарстві.

Розрахунок сприятливості клімату за вологою складається з таких етапів:

- визначають суму опадів за осінньо-зимовий період і за період вегетації, використовуючи довідкові таблиці;
- уносять поправку на коефіцієнт використання вологи з ґрунту (для овочевих рослин 50–60%);
- розраховують необхідну кількість вологи для формування потенційної врожайності;
- розраховують коефіцієнт сприятливості клімату;
- розраховують величину кліматичного забезпечення врожайності ( $U_k$ ).

**Урожайність програмована** ( $U_{пр}$ ) – це врожайність, якої можна досягти за відповідної технології вирощування рослин відповідного ботанічного таксона, враховуючи ресурсне технологічне забезпечення.

У рослинництві після розрахунку кліматично забезпеченої врожайності проводять поправку на ресурсне технологічне забезпечення врожайності ( $U_{рз}$ ) і починають розробку виробничої програми забезпечення прогнозованої врожайності. Цей рівень прогнозованої врожайності обмежується наявністю матеріально-технічних засобів, кваліфікованих спеціалістів, які беруть участь у прийнятті рішень, і виконавців, особли-

востями стану ґрунтів, зрошувальної системи, рівнем господарювання та іншими умовами. В основі розрахунків ( $Y_{PЗ}$ ) лежать принципи, описані при визначенні дійсно можливого врожаю, але з поправкою на економічні фактори вирощування сортів рослин. Серед господарсько-економічних факторів виділяють три найголовніших, які виражають відповідні коефіцієнтами:

$K_n$  – несприятливі умови ґрунту, (на щербеноватих і засолених ґрунтах  $K_n = 0,5$ ; на звичайних –  $K_n = 1,0$ );

$K_\phi$  – фондооснащеність господарства, (у сучасних умовах  $K_\phi = 0,7-0,8$ );

$K_n$  – поправковий коефіцієнт можливостей своєчасного виконання технологічних процесів. Для інших ботанічних таксонів цей коефіцієнт підбирають за принципом подібності технологічних процесів. Розрахунки проводять за формулою:

$$Y_{PЗ} = Y_k \cdot K_n \cdot K_\phi \cdot K_n \quad (22)$$

**Реальна виробнича** ( $Y_{PВ}$ ) – це фактична врожайність, одержана на конкретному полі за відповідної погоди протягом періоду вегетації сортів відповідного ботанічного таксона. Для прогнозування і програмування застосовують довідкові матеріали для конкретної філії, регіону, екоградієнта.

Погода – це сукупність метеорологічних факторів (температури і вологості повітря, швидкості вітру, хмарності, опадів тощо), які спостерігають у приземному шарі атмосфери протягом короткого періоду. Клімат – статистичний багаторічний режим погоди на цій чи іншій місцевості. Географічними факторами, які впливають на клімат, є висота місцевості, віддаленість від великих міст, нахил місцевості, циркуляція атмосфери тощо. В рослинництві велике значення має врахування місцевих факторів (схил, долина, прирічкова тераса, лісосмуги, ліси тощо), що визначають мікроклімат.

Визначення виробничої врожайності. При визначенні реальної врожайності, яку можна мати у виробничих умовах конкретного господарства, аналізують урожайність районованих сортів на сортодільниках, у кращих господарствах, наукових закладах. Наприклад, для зернових культур використовують формулу, запропоновану М. С. Савицьким:

$$Y = P \times L \times 3 \times A / 1000 \quad (23)$$

де  $Y$  – урожайність зерна, т/га;

$P$  – кількість рослин на  $1 \text{ м}^2$  на період збирання;

$K$  – продуктивна кущистість рослин;

$Z$  – кількість зерен у колосі (суцвітті);

$A$  – маса 1000 зерен, г.

Реальна виробнича врожайність ( $Y_{PВ}$ ) залежить від реалізації ґрунтової родючості та від кліматичних факторів місцевості. Якщо коефіцієнт їх реалізації близький до 1 (100%), то  $Y_{PВ}$  відповідає  $Y_{DM}$ . Якщо він нижчий, то і  $Y_{PВ}$  менша за  $Y_{DM}$ . Реалізація кліматичних умов залежить від

задоволення культури регульованими у виробничих умовах матеріальними (ресурсними) факторами врожайності.

**Планова врожайність** – кількість продукції, яку можна отримати з 1 га в конкретних господарських умовах. Планова врожайність визначається до посіву з урахуванням потенційних можливостей сорту, досягнутого рівня врожайності, родючості ґрунту, забезпеченості господарства технікою, мінеральними добривами тощо.

**Очікувана врожайність** – передбачуваний збір продукції, який визначається в окремі періоди зростання і розвитку сільськогосподарських культур за густотою стеблостою і загальним станом рослин. Вимірюється в т з 1 га (т/га) або оцінково: висока, середня, низька, на рівні минулого року і т. д. Показник очікуваної врожайності використовують для планування агротехнічних заходів.

**Біологічна врожайність (врожайність на корені)** – кількість вирощеної продукції, встановлену вибірково або окомірно-оцінним методом, або методом взяття проб (до збирання врожаю, або розрахунково-балансовим методом (після збирання врожаю) за даними про фактичний намолот і втрати в процесі збирання. Показник біологічної урожайності використовують в економічному аналізі для вишукування резервів зниження втрат врожаю під час збирання.

**Фактичний збір** – врожайність, яка визначається за оприбуткованою або чистою (після обробки) масою вирощеної продукції в розрахунку на 1 га посівної, всіяної продуктивної або фактично зібраної площі.

Прогнозуючи граничну потенційно можливу врожайність, передбачали чотири її рівні: потенційна врожайність; теоретична величина, яку можна одержати в ідеальних умовах; дійсно можлива врожайність, величина на конкретному полі з урахуванням родючості ґрунту; запрограмована, як рівень урожайності, якого можна досягти за відповідної технології вирощування; виробнича врожайність, фактична врожайність, одержана на конкретному полі відповідного сорту рослин.

**Програмування у філіях Українського інституту експертизи сортів рослин складається з таких етапів:**

1) визначення максимально можливого, але реально отриманого рівня врожайності для конкретних умов (господарства, відділення, поля, дослідної ділянки) з урахуванням родючості ґрунту, кліматичних та економічних факторів;

2) розроблення науково обґрунтованої програми отримання розрахункової врожайності;

3) практична реалізація розробленої програми у виробничих умовах.

Своєю чергою здійснення кожного етапу програмування включає такі елементи:

- аналіз агрокліматичних умов зони вирощування рослин для виявлення лімітуючих факторів і визначення дійсно можливої врожайності;
- розрахунок доз добрив на заплановану врожайність;

- розробка технологічних схем, що передбачає застосування всіх елементів і прийомів технології із зазначенням способів і оптимальних строків проведення; своєчасне і якісне виконання розробленої технології;
- контроль за станом посівів і фактичними метеорологічними умовами;
- облік урожаю та аналіз отриманих результатів для подальшого уточнення при майбутньому програмуванні;
- коригування прийнятих технологічних прийомів та елементів.

Кількісна оцінка величини врожаю і забезпеченості його агрокліматичними ресурсами дає змогу розробити комплекс технологічних прийомів та елементів, що забезпечують отримання програмованої врожайності. При цьому має бути вибрано конкретний кількісний критерій ефективності. Залежно від мети він може носити або валовий (максимально можлива врожайність), або економічний характер (максимальний прибуток або мінімальні витрати при отриманні заданої врожайності).

Остання стадія роботи – забезпечення спостережень за формуванням урожаю і внесення необхідних уточнень у систему запланованих технологічних прийомів вирощування.

#### **Рекомендації щодо програмування врожаю:**

Для програмування врожаїв сортів рослин у філіях УІЕСР слід передбачити ретельний підхід до кожного поля (ділянки) та виду рослин (за необхідності групи сортів) та розробити: систему агротехнічних заходів з вирощування відповідних ботанічних таксонів; систему заходів із захисту рослин проти збудників хвороб і шкідників та бур'янів; систему удобрення застосовуючи математичні методи в програмуванні врожаїв:

- а) використовувати прогностичні, оперативні та коригувальні програми вирощування сільськогосподарських культур;
- б) корелятивні взаємозв'язки та взаємозалежності;
- в) графічні і графоаналітичні методи пошуку оптимальних рішень;
- г) лінійне програмування, метод Монте-Карло, рендомізатор;
- д) метод оптимального програмування врожаїв, за І. С. Шатиловим;
- е) економіко-математичне програмування;
- є) використання комп'ютерної та оргтехніки для визначення оптимального комплексу, що забезпечує одержання запланованої урожайності.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Андронакі А. Б. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності вики. Умань, 2019. С. 7–8.
2. Андронакі А. Б. Агрокліматичні особливості формування врожайності вики ярої в умовах змін клімату. Одеса, 2019. С. 33–34.
3. Адаптивні технології вирощування круп'яних культур / за ред. С. П. Полторецького, В. Я. Білоножка. Умань: Сочінський М. М., 2018. Ч. 1. Гречка. 174 с.
4. Біологічне рослинництво: Навч. посібник /О. І. Зінченко, О. С. Алексеєва, П. М. Приходько та ін.; За ред. О.І. Зінченка. К.: Вища шк., 1996. 239 с.
5. Блашук М. І., Полторецький С. П., Білоножка В. Я. Формування технологічної якості зерна проса залежно від особливостей збору врожаю. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 10. С. 61–66. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201710-12>
6. Болотських О.С. Операційні технології виробництва овочів. Київ: Урожай, 1988. 342 с.
7. Болотських О. С., Горбатенко Є. М., Дуднік С. О., Рубцов Н.П. Виробництво овочів в умовах зрошення. Вид. 2-ге, допов. і перероб. Київ: Урожай. 1977. 136 с.
8. Герасименко Л. А. Ріст і розвиток рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L. Pers.) за різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах центрального Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2013. № 1. С. 76–78. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.1\(18\).2013.58764](https://doi.org/10.21498/2518-1017.1(18).2013.58764)
9. Голодна А. В., Яблонська В. В. Урожайність та якість зерна люпину вузьколистого за вирощування в зоні західного Полісся. *Землеробство*. 2014. Вип. 1/2. С. 88–91.
10. Демидась Г. І., Коваленко В. П. Динаміка наростання листової поверхні на фотосинтетичний потенціал післяукісних посівів. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 51. С. 189–192.
11. Димитров В. Г. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей та оптимізації елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. 2018. 61 с.
12. Ільчук Р. В. Основні закономірності продуктивності і якості сортів картоплі різних груп стиглості. *Картоплярство України*. 2011. № 1/2 (22/23). С. 38–48.
13. Каленська С. М., Кнап Н. В. Стан та перспективи виробництва картоплі в світі та в Україні. *Зб. наук. праць Вінницького нац. аграрного ун-ту*. 2012. Вип. 4 (63). С. 41–48.
14. Кух М. В., Яланський О. В. Перспективи вирощування сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Зб. наук. праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2011. Вип. 19. С. 112–116.
15. Маренич М. М., Веревська О. В., Шкурко В. С. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Полтава: СІМОН. 2011. 120 с.
16. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Дідур І. М., Прокопчук В. М. Люпин білий. Генетичний потенціал та його реалізація у сільськогосподарське виробництво. Вінниця. 2018. 231 с.
17. Полторецький С. П., Білоножка В. Я., Полторецька Н. М., Березовський А. П. Агробіологічні та екологічні основи насіннезнавства проса. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2016. 256 с.
18. Полторецький С. П. Вплив особливостей збору врожаю на насінневу продуктивність проса посівного в Правобережному Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 2 (51).

19. Ромащенко М. І., Балюк С. А., Вергунов В. А. та ін. Сталій розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату. *Аграрні інновації*. 2020. Вип. 3. С. 59–64. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.10>
20. Рослинництво: Підручник / За ред. О. І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
21. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глушенко, Г. О. Жатова та ін.; За ред. О. Г. Жатова. К.: Урожай, 1995. 256 с.
22. Сидоренко В. В., Мігальов А. О., Негуляєва Н. М. та ін. Фертигація як захід інтенсифікації зрошуваного землеробства / За ред. Кравчука В. І. Дослідницьке, 2016. 112 с.
23. Харченко О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / За ред. академіка УААН В. О. Ушкаренка. 2-е вид., перероб. і доп. Суми: Університетська книга, 2003. 296 с.
24. Харченко О. В., Прасол В. І., Кравченко С. М. Агроекономічні і екологічні основи програмування та програмування урожайності сільськогосподарських культур. Суми: Університетська книга, 2013. 237 с.
25. Щербаков В. Я. Збірник агрономічних задач з рослинництва: (умови і розв'язання). К.: Урожай, 1999. 176 с.
26. Яценко А. О., Полторецький С. П., Полторецька Н. М. Методичні вказівки для виконання практичних, самостійних робіт і розрахункового розділу з курсового проекту з «Рослинництва» Основи програмування врожайності польових культур. Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2019. 58 с.
27. Voiko M. O. The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: Агрономія. 2016. Вип. 235. С. 33–39.
28. Poltoretskyi S. P. Agrobiological basis of high-quality millet seed formation. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 124 p.
29. Tarariko O., Ilienکو T., Kuchma T., Novakovska I. Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management. *Agricultural Science and Practice*. 2019. Vol. 6, № 1. P. 18–27. <https://doi.org/10.15407/agrisp6.01.018>
30. Gu Y., Brown J. F., Verdin J. P., Wardlow B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*. 2007. Vol. 6. L06407. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>
31. Amalo L. F., Ma'rufah U., Permatasari P. A. Monitoring 2015 drought in West Java using normalized difference water index (NDWI). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 149, № 1. 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/149/1/012007>
32. Antognelli S. NDVI and NDMI vegetation indices: instructions for use. 2018. URL: <https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/>

*Наукове видання*

**Методичні вказівки з використання метеорологічних даних  
для визначення адаптивного потенціалу сортів рослин**

*Методичні рекомендації схвалено та рекомендовано до опублікування  
в електронному форматі Вченою радою  
Українського інституту експертизи сортів рослин  
(протокол № 15 від 23.12.2025 року)*

*Рецензенти:*

**Лозінський М. В.**, доктор с.-г. наук, професор,  
Білоцерківський національний аграрний університет;  
**Клименко Н. А.**, доцент, канд. екон. наук,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Електронне видання

Технічний редактор: *І. В. Коховська*  
Комп'ютерне верстання *Н. О. Бойко*  
Формат: PDF. Гарнітура *OfficinaSans*.

**Видавець і виготовлювач**

Український інститут експертизи сортів рослин  
03041, м. Київ, вул. Горіхуватський шлях, 15  
Тел.: (044) 290-40-45; e-mail: [sops@i.ua](mailto:sops@i.ua)  
<https://www.sops.gov.ua>  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 5616 від 25.09.2017

