

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
ім. С.Т. Вознюка

05-01-313М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт із
освітньої компоненти *«Рослинництво з основами
агрокліматології» (Модуль 1. Основи агрокліматології)*
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійною програмою «Агрохімія і
ґрунтознавство» спеціальності 201 «Агрономія» денної та
заочної форм навчання з елементами дуальної освіти

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 11 від 07.02 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт із освітньої компоненти «Рослинництво з основами агрокліматології» (Модуль 1. Основи агрокліматології) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агрохімія і ґрунтознавство» спеціальності 201 «Агрономія» денної та заочної форм навчання з елементами дуальної освіти. [Електронне видання] / Колесник Т. М., Мороз О. С., Солодка Т. М., Яценко Л. А. – Рівне : НУВГП, 2024. – 62 с.

Укладачі: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка; Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка; Солодка Т. М., к.с.-г.н., доцент, кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка; Яценко Л. А., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка.

Відповідальний за випуск: к.с.-г.н., доцент, Колесник Т. М., завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка

Керівник групи забезпечення
к.с.-г.н., доцент

Колесник Т. М.

© Т. М. Колесник,
О. С. Мороз, Т. М. Солодка,
Л. А. Яценко, 2024
© НУВГП, 2024

Вступ

Агрокліматологія в сільському господарстві відіграє ключову роль у розумінні взаємозв'язку між кліматичними умовами та рослинним світом. Тому розуміння можливостей ресурсів клімату є невід'ємною складовою сучасного аграрного сектору, спрямованого на оптимізацію виробництва та забезпечення продовольчої безпеки. Агрокліматологія дозволяє оцінювати та прогнозувати вплив клімату на рослинний світ із метою раціонального використання природних ресурсів, підвищення врожайності та зменшення ризиків для сільськогосподарських культур.

Метою вивчення дисципліни є надання студентам знань щодо впливу основних агрокліматичних елементів на формування продуктивності сільськогосподарських культур та отримання навичок аналізу та інтерпретації кліматичних даних для визначення оптимальних умов їх вирощування у різних кліматичних зонах України.

Сучасні зміни клімату впливають на розподіл та характеристики агрокліматичних зон. Розуміння цих змін дозволяє аграрним підприємствам адаптувати свої технології та виробничі процеси до нових умов, що забезпечує стійкість та ефективність виробництва. Агрокліматологія надає можливість аналізувати та прогнозувати вплив кліматичних факторів на розвиток культур та їх урожайність. Знання про кліматичні особливості дозволяє аграрним виробникам планувати сівозміну, обирати оптимальні сорти та розробляти агротехнічні заходи для максимізації врожаю.

Ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами, такими як посуха, заморозки або зливи, можуть суттєво впливати на виробництво сільськогосподарських культур. Знання даного предмету допомагає аналізувати ці ризики та розробляти стратегії зниження їх впливу, наприклад, шляхом вибору відповідних сортів рослин або застосування технологій обробітку ґрунту.

Знання про агрокліматичні умови дозволяють ефективно використовувати ресурси, такі як вода, добрива та енергію. Так,

на основі даних про оптимальний час та кількість опадів можна раціонально планувати поливні системи та дозування добрив.

Агрокліматологія є основою для проведення досліджень та розробки інноваційних технологій у галузі сільського господарства. Розуміння взаємозв'язку між кліматичними умовами та вирощуваною рослинною продукцією стимулює розвиток нових методів та підходів до агротехніки.

Таким чином, агрокліматологія є важливим інструментом для досягнення стійкого розвитку сільського господарства, забезпечення продовольчої безпеки та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Розуміння та використання її принципів є важливим кроком у покращенні ефективності та конкурентоспроможності аграрного сектору країни.

Практична робота № 1. Оцінювання величини фотосинтетично активної радіації та ефективності її поглинання рослиною.

Мета. Оцінити ефективність використання ФАР сільськогосподарськими культурами у різних регіонах країни

Теоретичні відомості

Фотосинтетично активна радіація (ФАР) – це енергія, яка захоплюється рослинами під час фотосинтезу з використанням світла як джерела енергії. Фотосинтез – це процес, за якого рослини та інші фотосинтетичні організми використовують світлову енергію для перетворення вуглекислого газу (CO_2) та води (H_2O) на органічні речовини, зокрема цукри та кисень.

Основним джерелом фотоактивної енергії є сонячне світло, яке рослини поглинають за допомогою своїх хлорофілових пігментів. Ця енергія зберігається у формі хімічних зв'язків органічних сполук, таких як глюкоза, яка служить джерелом енергії для метаболічних процесів рослин.

Значення фотосинтетично активної енергії для життєдіяльності рослин надзвичайно велике:

- ✚ **виробництво органічних сполук:** фотоактивно-синтетична енергія дозволяє рослинам виробляти органічні речовини, які використовуються для побудови клітин, росту та розвитку;
- ✚ **постачання енергії:** глюкоза, яка утворюється під час фотосинтезу, служить основним джерелом енергії для рослинних клітин;
- ✚ **виділення кисню:** рослини виділяють кисень у результаті фотосинтезу, що є важливим для дихання тварин та інших організмів, а також для підтримання екосистемної рівноваги на Землі;
- ✚ **утримання вуглекислого газу:** фотосинтез сприяє зниженню вмісту вуглекислого газу в атмосфері шляхом його фіксації у вуглеводи;

✚ **стабілізація клімату:** рослини, завдяки фотосинтезу, впливають на вуглекислий баланс та сприяють зменшенню ефекту парникового газу в атмосфері.

Отже, фотоактивносинтетична енергія є фундаментальним процесом для життєдіяльності рослин та багатьох інших організмів на Землі, і вона має значний вплив на екосистемні функції та кліматичні процеси.

Поглинання світла та ефективність фотосинтетично активної радіації (ФАР) – це ключові концепції, пов'язані з фотосинтезом рослин.

Фотосинтетично активна радіація (ФАР) – це частина електромагнітного випромінювання, яка має енергію, достатню для сприяння фотосинтезу. Зазвичай це випромінювання у видимому спектрі довжин хвиль, приблизно від 400 до 700 нм, оскільки ці діапазони кольорів найбільш ефективно поглинаються рослинами для фотосинтезу (табл.1).

Ефективність ФАР – це важлива міра того, наскільки ефективно рослини використовують доступне світло для фотосинтезу. Рослини можуть бути більш чи менш ефективними в поглинанні та використанні ФАР залежно від різних факторів, таких як генетика, умови середовища (освітленість, температура, вологість) та наявність необхідних поживних речовин.

Таблиця 1.1
Біологічне значення різних ділянок спектра (за Ю.К. Росом та ін.) [1]

Вид радіації	Ділянка спектру, мкм	Відсоток сонячної радіації	Ефект дії радіації на рослини		
			тепловий	фотосинтез	ріст та розвиток
Ультрафіолетова	0,01...0,39	0...4	не суттєвий	не суттєвий	суттєвий
ФАР	0,38...0,71	21...46	суттєвий	суттєвий	суттєвий
Ближня інфрачервона	0,76...4,00	50...79	суттєвий	не суттєвий	суттєвий
Далека інфрачервона	Більше 4	-	суттєвий	не суттєвий	не суттєвий

Ефективність використання сонячної радіації фітоценозами характеризується *коефіцієнтом корисної дії ФАР (ККД)*, який визначається відношенням кількості енергії, що накопичилась у продуктах фотосинтезу або утвореного у фітомасі врожаю до кількості поглиненої радіації:

$$ККД_{ФАР} = \frac{Y \times Q \times 100}{\sum Q_{ФАР}} \quad (1.1)$$

де Y – фактичний біологічний урожай загальної біомаси, кг/га, Q – калорійність сухої речовини рослин, кДж/кг сухої біомаси, $\sum Q_{ФАР}$ – сума ФАР за вегетаційний період, кДж/га.

При розрахунках слід враховувати одиниці перетворення 1Ккал= 4,1868кДж, а 1кДж= 0,2388Ккал.

Акумулявану енергію в урожаї визначають за вмістом білка, олії, вуглеводів, стебел рослин та їхньою енергоємністю (кДж / кг). Калорійність 1 кг сухої біомаси відрізняється від типу рослин і може коливатися у межах від 15,4 Мдж для кормових коренеплодів, 16,7 для зернових і до 21,7 МДж для бобових культур.

Оцінка ефективності ФАР допомагає в розумінні того, як рослини реагують на зміни у середовищі та як ці зміни можуть впливати на їхній ріст та розвиток. Ефективне використання світла є критичним для забезпечення оптимальних умов для росту рослин, їхньої продуктивності та врожайності. Із загального приходу ФАР посіви використовують лише її частину, за величиною коефіцієнта використання ККД_{ФАР} Нічипорович О.О. (1981) розподілив посіви на групи:

- ✚ *що звичайно спостерігаються – 0,5–1,5 %*,
- ✚ *добрі –1,6–3%*,
- ✚ *рекордні –3,1–5 %*,
- ✚ *теоретично можливі – 6–8 %*.

Ефективність використання ФАР у виробничих посівах дуже невисока і не перевищує 0,3–0,5%, проте її можна дещо підвищити за рахунок оптимізації густоти посівів, структури

урожаю та ін. Агротехнічні заходи та елементи технологій повинні бути спрямовані на підвищення ККД_{ФАР} і як результат на підвищення урожайності культур.

Завдання для виконання практичної роботи №1:

1. Розглянути теоретичні положення практикуму [1, с. 44–48].
2. Обрати вихідні дані відповідно таблиці 1.2., та додатку Б, таблиця 2.
2. Розрахувати величину ФАР згідно вихідних даних (для заданої метеостанції певної області) [2].
3. Встановити урожайність основної продукції сільськогосподарських культур згідно вихідних даних використовуючи статистичний щорічник «Рослинництво України» за останній рік [3]. Перевести урожайність основної продукції на суху речовину (100%), враховуючи що вміст сухої речовини у зерні і насінні культур 86%, коренеплодах і бульбоплодах – 25%.
4. Розрахувати урожайність побічної продукції використовуючи довідкові дані таблиці 3, додатку В.
5. Розрахувати масу кореневої системи, виходячи із того, що в середньому її можна прийняти у % до надземної маси – для злаків – 20%, коноплі, кукурудзи – 30 %, для гречки, бульбоплодів – 10 %.
6. Встановити урожайність біомаси продукції.
7. Визначити калорійність сухої речовини біомаси культур згідно вихідних даних, використавши довідкові дані таблиці 4 і перерахувавши ккал у кДж.
8. Розрахувати коефіцієнт корисної дії ФАР для сільськогосподарських культур згідно вихідних даних за останній рік за формулою (1.1).
9. Зробити висновки про ефективність використання ФАР посівами культур і про можливі шляхи його підвищення.

Номер варіанту відповідає номеру студента за списком у журналі групи.

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Основи агрометеорології : підручник / Польовий А. М., Божко Ю. Л., Вольвач О. В.; Одеський державний екологічний університет. Одеса : Видництво ТЕС, 2012. 250 с. URL: http://eprints.library.odetu.edu.ua/4498/1/PolevoyAM_BozkoLY_Vol%27vachOV_Osnovi_agrometeorologii_KL_2004.pdf
2. 01–03–16 Методичні вказівки. Довідкові дані з клімату України. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/591/1/01-03-16.pdf>
1. Статистичний збірник «Рослинництво України» / «Crop production of Ukraine». К. : Державна служба статистики України, 2022. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/09/zb_rosl_2022.pdf
4. Солодка Т. М. Мороз О. С. Рослинництво з основами агрокліматології. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 351 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/23966>

Таблиця 1.2

Вихідні дані

Місце розташування метеостанції (варіант завдання)

Варіант	Область, метеостанція	Сільськогосподарські культури				
1	Чернігівська, Покошичі	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
2	Сумська, Конотоп	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
3	Волинська, Ковель	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
4	Київська, Київ	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
5	Хмельницька, Нова Душиця	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
6	Полтавська, Полтава	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима

Продовження табл 1.2

7	Луганська, Деркул	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
8	Кіровоградська, Знам'янка	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
9	Закарпатська, Межигір'я	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
10	Одеська, Одеса	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
11	Запорізька, Ботево	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
12	Херсонська, Херсон	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
13	Чернігівська, Покошичі	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
14	Сумська, Конотоп	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
15	Волинська, Ковель	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
16	Київська, Київ	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
17	Хмельницька, Нова Душиця	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
18	Полтавська, Полтава	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
19	Луганська, Деркул	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
20	Кіровоградська, Знам'янка	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
21	Закарпатська, Межигір'я	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
22	Одеська, Одеса	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
23	Запорізька, Ботево	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
24	Херсонська, Херсон	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
Продовження табл 1.2						

25	Рівненська, Рівне	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
26	Полтавська, Полтава	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
27	Луганська, Деркул	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима
28	Кіровоградська, Знам'янка	кукурудза на зерно	пшениця озима	гречка	ячмінь ярий	картопля
29	Закарпатська, Межигір'я	кукурудза на зерно	жито озиме	гречка	овес ярий	картопля
30	Одеська, Одеса	кукурудза на зерно	жито озиме	коноплі	жито озиме	пшениця озима

Подання результатів:

Результати представити у вигляді розрахунків і оформити у формі таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Ефективність поглинання ФАР рослинами

Місце розташування
метеостанції _____

Культура	Урожайність основної продукції, т/га	Урожайність сухої речовини основної продукції, т/га	Маса кореневої системи, т/га	Фактичний біологічний урожай загальної біомаси (У), кг/га	Калорійність 1 кг сухої речовини рослин, кДж/кг сухої біомаси	Калорійність сухої речовини рослин (Q), кДж/кг сухої біомаси	Сума ФАР за вегетаційний період ($\Sigma Q_{\text{ФАР}}$), кДж/га	Коефіцієнт корисної дії ФАР ($K_{\text{КДФАР}}$), %	Група посівів за $K_{\text{КДФАР}}$ (за Нічипорвичем О.О)

Висновок:

Питання до самостійного опрацювання:

1. Дайте визначення поняття ФАР, його роль у житті рослин
2. Від чого залежить ефективність використання ФАР рослинами?
3. Яка ділянка спектра світла відноситься до ФАР?
4. Від чого залежить акумульована в урожаї енергія?
5. Який рівень використання ФАР за ККД відноситься до рекордного?
6. Який рівень використання ФАР у виробничих посівах?
7. Які агротехнічні заходи можна рекомендувати для підвищення ККД_{ФАР}?¹

Практична робота №2. Оцінка гідротермічних умов вирощування рослин

Мета: ознайомитися з методиками оцінки гідротермічних умов вирощування рослин, визначити спектр їх практичного застосування та інтерпретації агрокліматичних даних при оцінці умов розвитку рослин.

Теоретичні відомості

Полісся – найвологіший район України. До зони входять Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Чернігівська області. Південна межа Полісся проходить орієнтовно по лінії: Володимир – Луцьк – Рівне – Шепетівка – Житомир – Київ – Ніжин – Конотоп. В зоні Полісся виділяється західна, центральна та східна частини. Середня кількість опадів у зоні протягом року коливається від 550 до 650мм. Найбільші добові суми опадів коливаються від 60 до 120 мм. Середня багаторічна кількість опадів по областях представлена у таблиці 1. У зоні Полісся період із температурою вище 5°C триває 195-238, кількість днів із температурою

¹ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

понад плюс 10° С складає 156-186. Показники суми позитивних температур для областей зони Полісся наведена у таблиці 2.1

Таблиця 2.1.

Середня багаторічна кількість опадів в зоні Полісся (М.Ф. Цупенко,1990) [1]

Область	Середня багаторічна сума опадів, мм		
	за рік	холодні місяці (XI-III)	теплі місяці (IV- X)
Волинська	621	186	435
Житомирська	614	186	428
Закарпатська	922	345	577
Івано-	701	166	535
Франківська	738	204	534
Львівська	618	184	434
Рівненська	598	200	398
Чернігівська			

Для характеристики зволоження використовують прямі і побічні показники. До *прямих належать* запаси продуктивної вологи в шарах ґрунту 0–20 і 0–100 см (мм), до *побічних* — гідротермічний коефіцієнт

Селянинова, коефіцієнти зволоження Шашко та ін. Ознайомити з іншими критеріями оцінки посух можна за посланням[1, с. 384–388].

Таблиця 2.2.

Сума середніх добових позитивних температур повітря (М.Ф.Цупенко, 1990) [1]

Область	Сума температур вище (°С)			
	0	5	10	15
Волинська	2775	2875	2515	1815
Житомирська	2965	2850	2525	1850
Закарпатська	3670	3520	3065	2425
Івано-				
Франківська	3045	2915	2565	1745
Львівська	2835	2695	2310	1330
Рівненська	2945	2820	2470	1735
Чернігівська	2985	2885	2610	1955

Вологозабезпеченість рослин оцінюють за співвідношенням ресурсів води та її кількості, потрібної рослинам. Для оцінювання вологозабезпеченості території Д.І. Шашко запропонував показник атмосферного зволоження — *коефіцієнт річного зволоження* (K_3):

$$K_3 = \frac{r}{\sum d} \quad (2.1)$$

Для оцінки тепло- та вологозабезпеченості доцільно використовувати *гідротермічний коефіцієнт* ($ГТК$) Г.Т. Селянинова:

$$ГТК = \frac{r}{0,1 \cdot \sum t_{>10^{\circ}C}} \quad (2.2)$$

де r — сумарна кількість опадів за певний період, мм, $\sum t_{>10^{\circ}C}$ — сума температур повітря понад $10^{\circ}C$ за той самий період, $\sum d$ — сума дефіциту насичення водяною парою повітря за той самий період, гПа.

За показником вологозабезпеченості виділяють такі зони:

I — надлишкового зволоження, або дренажу, $ГТК > 1,3$;

II — забезпеченого зволоження, $ГТК = 1,0 - 1,3$;

III — посушливу, $ГТК = 0,7 - 1,0$;

IV — сухого землеробства, $ГТК = 0,5 - 0,7$;

V — суху, або іригації, $ГТК < 0,5$.

Наведені показники характеризують умови атмосферного зволоження і не завжди точно — стан вологозабезпеченості рослин, тому до уваги треба брати зволоження кореневмісного шару ґрунту, яке визначається його водним режимом. Це пояснюють досить тісним кореляційним зв'язком між урожайністю сільськогосподарських культур і запасами води в ґрунті. За даними наукових досліджень умови зволоження, що визначаються гідротермічним коефіцієнтом Селянинова, також мають позитивну кореляцію ($r = 0,6-0,7$) із якістю продукції: вмістом клейковини і білка в зерні хлібних злаків, сахарози в

коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі, олії в насінні ріпаку тощо до періоду дозрівання. Під час збирання високе значення ГТК може викликати зменшення вмісту клейковини майже на половину, а білка – на 16–17%.

Найліпші умови для отримання високих урожаїв зернових культур за весняної сівби створюються при *ГТК* – *1,0–1,4*, для післяякісних і післяжнивних культур – *1,4–1,6*.

За середніми багаторічними значеннями *ГТК* у період найбільшої потреби сільськогосподарських культур у воді (червень – серпень) на території України виділено такі зони (за М.Ф. Цупенком):

1 – оптимальних значень (*ГТК* = *1,3–1,6*) – охоплює райони на захід і на північ від лінії Глухів – Київ – Білопіль – Вінниця – Чернівці (Полісся);

2 –слабкопосушлива (*ГТК*= *1,0–1,3*) – з північного заходу обмежена лінією зони 1, а з півдня – лінією Затишшя (Одеська обл.) – Гайворон – Бобринець – Кіровоград – Полтава – Харків – Куп'янськ (Лісостеп);

3 –посушлива (*ГТК*= *0,7–1,0*) – з півдня обмежена лінією Маріуполь – Мелітополь – Михайлівка (Запорізька обл.) – Миколаїв – Біляївка (Одеська обл.) (Степ);

4 – дуже посушлива (*ГТК*= *0,4–0,7*) – на південь від посушливої зони.

Завдання для виконання практичної роботи №2:

1. Ознайомити з іншими критеріями оцінки посух за посланням на джерело ресурсів [1,с.384–388].
2. Обрати вихідні дані відповідно таблиці 2.3, представленої у практичній роботі 1.
3. На основі вихідних даних для заданої метеостанції помісячно вибрати із джерела ресурсів [2] показники температури понад 10 °С, опади, дефіцит насичення парою, за той самий період. Розрахувати суму по кожному із показників.
4. Розрахувати коефіцієнт річного зволоження за Шашком за формулою (2.1)
5. Розрахувати гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим за формулою (2.2).

6. На основі вихідних даних оцінити гідротермічні умови території за гідротермічним коефіцієнтом Селянинова:

✚ за період вегетації в цілому;

✚ помісячно;

✚ у міжфазові критичні періоди розвитку рослин.

7. Оцінити отримані показники ГТК і K_3 .

8. Зробити висновок про належність території до певної зони зволоження, виділити критичні періоди зволоження.

Таблиця 2.3.

Результати оцінки гідротермічних умов вирощування рослин

Місце розташування метеостанції _____

Показник для заданої метеостанції	Місяці							Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	Коефіцієнт річного зволоження (K_3):
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	сума		
Температура повітря понад 10 °С								-	-
Опади, мм									
Дефіцит насичення водяною парою, гПа								-	

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса, 2012. 629 с. URL: <http://surl.li/qhgup>

2.01–03–16 Методичні вказівки. Довідкові дані з клімату України. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/591/1/01-03-16.pdf>

Подання результатів:

Результати представити у вигляді розрахунків і оформити у формі таблиці 2.3.

Висновок:

Питання для самоконтролю:

- 1. Назвіть прямі показники, що характеризують режим зволоження ґрунту?***
- 2. Назвіть непрямі показники, що характеризують режим зволоження ґрунту?***
- 3. За якими показниками проводять розрахунок коефіцієнта ГТК?***
- 4. При розрахунках ГТК суму понад якої температури враховують?²***
- 5. Назвіть показник ГТК для зони забезпеченого зволоження?***
- 6. До якої зони зволоження відноситься Рівненська область?³***

Практична робота №3. Оцінювання біокліматичного потенціалу території

Мета: провести оцінку біокліматичного потенціалу території за даними різних метеостанцій України

Теоретичні відомості

Одним із основних методів оцінювання агрокліматичних ресурсів є оцінювання ґрунтів певної території за показниками ***потенційної біологічної продуктивності***, який враховує спільний вплив тепло– і вологозабезпеченості території на продуктивність рослин і являє собою ***біокліматичний потенціал (БКП)*** території.

² Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

³ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

$$BKП = K_{p(K_3)} \frac{\sum t_{ак}}{\sum t_{ак(баз)}} \quad (3.1)$$

де $K_{p(K_3)} \approx \lg(20 K_3)$ – коефіцієнт росту за річним показником атмосферного зволоження (K_3)*, тобто відношення врожайності в даних умовах вологозабезпеченості до максимальної урожайності в умовах оптимальної вологозабезпеченості (за $K_3 = 0,50$ створюються оптимальні умови для вологозабезпеченості рослин, при цьому $K_{p(K_3)} = 1,00$); * K_3 – коефіцієнт річного зволоження розрахований у практичній роботі №2. $\sum t_{ак}$ – сума середніх добових температур повітря за період активної вегетації в певному місці (сума активних температур); $\sum t_{ак(баз)}$ – базисна сума середніх добових температур повітря за період активної вегетації, тобто сума, відносно якої здійснюють порівняння. Базисні суми активних температур диференційовані так: 1000 °С — для порівняння продуктивності певної території з продуктивністю на межі масового польового землеробства (найчастіше *BKП* розраховують на основі цієї суми); 1900 °С — для порівняння з середньою продуктивністю, характерною для південно-тайгової зони; 3100 °С — для порівняння з продуктивністю за оптимальних умов росту в помірному поясі.

Для порівняльної оцінки (у балах) біологічної продуктивності (Бк) відносно середньої для країни продуктивності застосовується формула:

$$B_k = 55 BKП \quad (3.2)$$

де *BKП* – біокліматичний потенціал для базисних сум температур повітря 1000 °С, 55 – коефіцієнт пропорційності, розрахований по співвідношенню базисних сум температур повітря 1000 °С та 1900 °С і виражений у відсотках.

За допомогою *BKП* оцінюють ресурси тепла і вологи місцевості без урахування вимог окремих культур та їхніх сортів, що не дає змоги

вирішувати завдання агрокліматичного обґрунтування розміщення і технологій вирощування культур повною мірою, але є досить вагомим показником впливу клімату на формування рослинних угруповань і їх розповсюдження по території України.

Агрокліматичні показники і проведені на їх основі районування дають змогу вирішувати завдання розміщення галузей сільськогосподарського виробництва, диференціації меліоративних заходів, визначення потенційної продуктивності клімату тощо.

Завдання для виконання практичної роботи №3:

1. Ознайомитися з біокліматичними принципами спеціалізації рослинництва за посиланням на джерело ресурсу [1, с. 569-574].
2. Обрати вихідні дані відповідно таблиці 2 практичної роботи 1.
3. Використати для розрахунків величину суми середніх добових температур повітря за період активної вегетації в певному місці згідно із вихідними даними (практична робота №2).
4. Використати показник коефіцієнта річного зволоження K_3 (практична робота №2) для розрахунку $K_{p(K_3)}$ – коефіцієнт біологічної продуктивності, розрахованої на підставі умов вологозабезпеченості.
5. Розрахувати показник біокліматичного потенціалу БКП для базисних сум температур повітря 1000 °С за формулою (1).
6. Розрахувати бал біологічної продуктивності B_k за формулою (2).
7. Оцінити отримані показники за довідковими даними таблиці 1.
8. Зробити висновки про відношення території до певного макрорайону за біологічною продуктивністю клімату.

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса: , 2012. 629 с. URL: <https://cutt.ly/awCnHsJ1>
2. Кирнасівська Н. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування» для студентів спеціальністю 103 «Науки про Землю». Одеса : ОДЕКУ, 2020. 32 с. URL: <http://surl.li/qhgua>

Подання результатів:

Результати представити у вигляді розрахунків і оформити у формі таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Результати оцінки загальної біологічної продуктивності клімату

Місце розташування метеостанції _____

Сума середніх добових температур повітря понад 10°C	Коефіцієнт річного зволоження (КЗ)	Коефіцієнт біологічної продуктивності ($K_{P(K_i)}$)	Показники потенційної біологічної продуктивності (БКП)	Бал біологічної продуктивності (Бк)	Макрорайон біологічної продуктивності клімату

Висновок:

Питання до самостійного опрацювання:

- 1. Яке практичне значення у сільськогосподарському виробництві має оцінювання біокліматичного потенціалу території?**
- 2. Які ресурси клімату враховуються при визначенні БКП?**
- 3. Із якою метою використовують базисні суми активних температур?⁴**
- 4. Які критерії визначені для низького рівня БКП?**
- 5. Які критерії визначені для високого рівня БКП?⁵**

⁴ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

⁵ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

Практична робота №3. Оцінювання біокліматичного потенціалу територій. Частина 1. Кореляційно регресійний аналіз результатів спостережень

Мета: ознайомитися зі способами статистичного аналізу зв'язку агрометеорологічних спостережень та продуктивності сільськогосподарських культур

Теоретичні відомості

Кореляцією (кореляційним зв'язком) між випадковими величинами (ознаками) називають **наявність статистичного або ймовірнісного зв'язку між ними**. При цьому закономірна зміна певних ознак призводить до закономірної зміни середніх значень інших, пов'язаних з ними ознак. Кореляційним аналізом називають сукупність методів виявлення кореляційного зв'язку. Тому його можна застосовувати для формалізованого подання моделей зв'язків між окремими компонентами системи або між окремими процесами, що відбуваються в ній. Наявність кореляційного зв'язку не означає існування причинно-наслідкового зв'язку між досліджуваними ознаками. Вона може бути зумовлена тим, що обидві ознаки мають причинно-наслідковий зв'язок з певним іншим фактором.

Ознаки, що характеризують явище причини, називаються факторними ознаками(незалежними, x), а ознаки, що характеризують явище наслідку - результатними(залежними, y). Про тісноту кореляційного зв'язку роблять висновок за величиною коефіцієнта кореляції r за таблицею 3.1.

Таблиця 3.1.

Тіснота кореляційного зв'язку	
Оберненопропорційний	
$-0,75 \geq r \geq -1$	Дуже тісний
$-0,50 \geq r \geq -0,7$	тісний
$-0,50 \geq r \geq 0$	слабкий
Прямопропорційний	
$1 \geq r \geq 0,75$	Дуже тісний

$0,75 > r^2 \geq 0,50$	<i>тісний</i>
$0 \geq r^2 \geq 0,50$	<i>слабкий</i>

Існує також кореляційно–регресійний аналіз показників. Приклади наведені у на рисунку 3.1 і в таблиці 3.2.

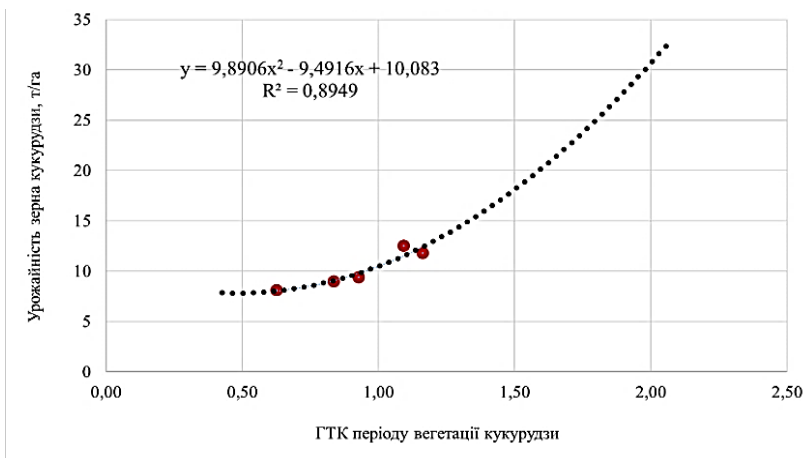


Рис. 3.1 Регресійна залежність між урожайністю зерна кукурудзи та ГТК періоду вегетації кукурудзи

Таблиця 3.2
Кореляційна матриця між врожайністю зерна кукурудзи та ГТК

Показник	Урожайність кукурудзи на зерно, т/га	КП1: посів-кущання	КП2: кушення вихід в трубку	КП3: колосіння - налив зерна	В сумі за вегетацію
Урожайність кукурудзи на зерно, т/га	1,00				

КП1: посів- кущення	0,52	1,00			
КП2:кущен ня вихід в трубку	-0,01	0,09	1,00		
КП3: колосіння - налив зерна	0,75	0,67	0,60	1,00	
В сумі за вегетацію	0,97	0,72	0,01	0,80	1,00

Завдання для виконання практичної роботи №3.1:

1. Ознайомитися із принципами побудови графіка залежності двох перемінних за допомогою програмного продукту Microsoft Excel за посиланням [1].
2. Обрати вихідний регіон і одну із культур відповідно таблиці 2 практичної роботи №1.
3. Використовуючи діаграму довідкових даних рисунку 3 додатку Г виписати середньорічну кількість опадів по Україні від 2012 р. по 2021 р. у таблицю результатів 3 як незалежну ознаку (x).
4. За посиланням на ресурсне джерело [2, 3] виписати урожайність обраної культури для вихідного регіону згідно із варіантом від 2012 по 2021 рр. Дані занести в таблицю 3.2 як залежну ознаку (y).
5. Побудувати точковий графік залежності урожайності культури (y) від середньо річної кількості опадів (x) за допомогою програми Microsoft Excel;
6. Додати на графік рівняння залежності та величину вірогідності R^2 . Приклад оформлення графіку наведено на рис.3.2.

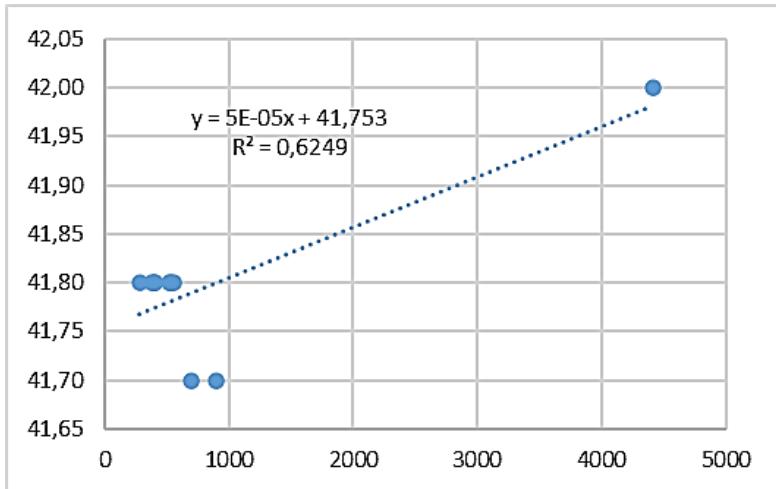


Рис. 3.2 Залежність кількості внесених добрив, млн т (y) від площі сільськогосподарських угідь, га (x)

7. Проаналізувати отриману залежність і зробити висновок про тісноту зв'язку показників за коефіцієнтом кореляції.

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Побудова графіка залежності в Microsoft Excel
URL: <https://uk.soringcrepair.com/how-build-relationship-chart-in-excel/>
- 2.«Статистичний щорічник України». URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/01/Arch_zor_zb.htm
- 3.Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах <https://ukrstat.gov.ua/>
- 4.Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. <https://meteopost.com/weather/climate/>

Подання результатів:

Результати представити у вигляді таблиці 3.3 та графіка.

Таблиця 3.3

Результати кореляційної залежності урожайності культури від кількості опадів

Місце розташування

метеостанції _____

Культура _____

Рік	Кількість опадів (x), мм	Урожайність культури (y), т/га	Рівняння залежності	Коефіцієнт детермінації R ²	Коефіцієнт кореляції r
2012					
2013					
...					
2020					
2021					

Висновок:

Питання до самостійного опрацювання::

- 1. Із якою метою проводять статистичний аналіз даних агрометеорологічних спостережень?**
- 2. Який критерій є факторним (незалежним) при визначенні кореляційної залежності урожайності культури від кількості опадів?⁶**
- 3. Який критерій є результативним (залежним) при визначенні кореляційної залежності урожайності культури від кількості опадів?**
- 4. Із якою метою використовують коефіцієнт кореляції при аналізі даних?**
- 5. Назвіть величину коефіцієнта кореляції при якому зв'язок між досліджуваними факторами буде дуже тісним?**

⁶ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

6. Яка мета проведення регресійного аналізу досліджуваних величин?⁷

Практична робота №4. Прогноз зволоження ґрунту на початок польових робіт. Розрахунок потреби у вологозабезпеченні

Мета: провести прогноз та оцінити рівень зволоження ґрунту на початок польових умов у районах із стійкими і нестійкими зимами

Теоретичні відомості

Вологоємність ґрунту визначає, скільки вологи може утримувати ґрунт у своїх порах на певній глибині. Це один із ключових параметрів, що впливає на здатність ґрунту підтримувати рослини та забезпечувати їм достатній доступ до води.

Вологоємність визначається у відсотках або у грамах води на одиницю сухої маси ґрунту. Цей показник може бути різним для різних типів ґрунтів, таких як піщані, глинисті, суглинисті тощо, і він може змінюватися з глибиною і впливати на різні аспекти рослинного розвитку.

Повна вологоємність (ПВ) ґрунту – це максимальна кількість води, яку ґрунт може утримувати після повного насичення водою. Після дощу або зрошення, коли весь доступний простір заповнений водою, ґрунт перебуває в стані повної вологоємності.

Найменша вологоємність (НВ) ґрунту – це стан, коли ґрунт містить мінімальну кількість води, яка ще може бути доступною для рослин або інших процесів, що відбуваються у ґрунті. Це стан, коли ґрунт вже вкрай сухий і рослини не можуть витягти воду навіть з найбільш стійких пор.

⁷ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

Вологість в'янення (ВВ) – це вологість, при якій рослини набувають ознак стійкого в'янення і навіть при поверненні їх у сприятливі умови (атмосферу, насичену парами води) не відновлюють тургору і не припиняє в'янення.

Капілярна вологоємність (КВ) визначає кількість води, яка затримується в ґрунті в стані капілярного насичення, коли капілярні пори заповнені водою під впливом ґрунтових вод. Один із показників, що характеризує його вологоутримуючі властивості. Вона визначається структурою та текстурою ґрунту. Ґрунти з дрібними порами та добре розвинутою капілярною системою здатні утримувати більше вологи, ніж ґрунти з великими порами.

Запаси вологи у ґрунті зазнають постійних змін, особливо відмічається їх поповнення взимку. Цей процес визначається пересуванням води всередині ґрунту та надходженням опадів і талої води під час відлиг. Поповнення запасів вологи в ґрунті різних географічних зон різняться, що обумовлює необхідність прогнозування цих запасів на початок весни. Складність прогнозування зволоження ґрунту на певний період викликана потребою у використанні не тільки лабораторних методів досліджень, але й емпіричних методів розрахунку.

Прогнозовані вологозапаси в ґрунті на кінець холодного періоду року (W_{np} , мм) розраховують за формулою:

$$W_{np} = W + \Delta W_3 \quad (4.1)$$

де W – початкові вологозапаси ґрунту, мм; ΔW_3 – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм.

Для районів із нестійкою зимою та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод **зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року (ΔW_3 , мм)** визначається за емпіричним рівнянням:

$$\Delta W_3 = 0,112 \sum on + 0,56 \Delta W - 20, \quad (4.2)$$

для районів із стійкою зимою та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод за рівнянням:

$$\Delta W_3 = 0,21 \sum on + 0,62 \Delta W - 33,$$

де $\sum on$ – сума опадів за певний період, мм, ΔW – нестача насичення ґрунту вологою восени, мм.

Якщо за типової зими із стійким сніговим покривом є значний перерозподіл (переміщення по полю) снігу і відома висота снігового покриву запаси вологи у ньому ($W_{\text{сніг.покр.}}$, мм) визначають із урахуванням його щільності (d , г/см³) за формулою:

$$W_{\text{сніг.покр.}} = 10 \times h_{\text{сніг.покр.}} \times d_{\text{сніг.покр.}} \quad (4.3)$$

де $h_{\text{сніг.покр.}}$ – середня висота снігового покриву, см, $d_{\text{сніг.покр.}}$ – щільність снігу, г/см³.

Тоді загальна кількість опадів за холодний період ($\sum on + \text{сніг.покр.}$, мм) із урахуванням запасів вологи у сніговому покриві ($W_{\text{сніг.покр.}}$, мм) і суми опадів $\sum on$ буде становити (4.5):

$$\sum on + \text{сніг.покр.} = \sum on + W_{\text{сніг.покр.}}, \quad (4.5)$$

Нестачу вологи восени на дату останнього визначення запасів вологи (ΔW , мм) розраховують за формулою:

$$\Delta W = HB - W_3, \quad (4.6)$$

де HB – найменша вологоємність, мм, W_3 – запаси продуктивної вологи у метровому шарі на дату останнього визначення, мм.

Очікуваний рівень вологозапасів ґрунту визначають як частку найменшої вологоємності за формулою:

$$HB = \frac{W_{np}}{HB} \times 100\%. \quad (4.7)$$

Оцінку очікуваного рівня вологозапасів визначають виходячи з наступних параметрів:

- 1).оптимальні вологозапаси (60-70 % від HB);
- 2).недостатні вологозапаси (<60% від HB);
- 3).надмірні вологозапаси (>70% від HB).

Якщо необхідно спрогнозувати запаси продуктивної вологи та оцінити схожість посівів пшениці озимої у непаровому полі за кількістю опадів у передпосівний період використовують довідковий матеріал таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Оцінка схожість посівів пшениці озимої у непаровому полі за запасами продуктивної вологи у 0–20 см шарі.

Кількість опадів	Запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 см.	Оцінка запасів вологи, бали	Оцінка сходів, бали
10-19	0-5	1 (дуже погані)	0 (сходи не з'являються)
20-30	6-10	2 (погані)	2 (сходи сильно зріджені)
31-65	11-20	3 (задовільні)	3 (сходи слабо зріджені)
66-90	21-25	4 (добрі)	4 (сходи добрі)
>90	26-35	5 (відмінні)	5 (сходи відмінні)

Для визначення *запасів продуктивної вологи (W, мм)* враховують за формулою:

$$W = W_{\phi} - W_{66} \quad (4.8)$$

де W_{ϕ} – запаси фактичної вологи, мм; W_{66} – запаси вологи, за якої відбувається в'янення рослин, мм.

Фактичні запаси вологи (W_{ϕ} , мм) за місяць до посіву визначають із урахуванням вологості ґрунту, щільності і потужності шару ґрунту за формулою:

$$W_{\phi} = 10 \times W_{Lmic} \times d \times h \quad (4.9)$$

де 10 – коефіцієнт переведення см у мм, W_{Lmic} – вологість ґрунту за 1 місяць до посіву культури, частки від 1 (наприклад, $20\% = 0,2$), d_{zp} – щільність ґрунту, $г/см^3$, h_{zp} – потужність шару ґрунту, для якого визначаємо вологозапаси, см.

Запаси вологи в орному шарі ґрунту, за якої починається в'янення рослин (W_{66} , мм) розраховують знаючи показник вологості в'янення (BB) у % **HB**:

$$W_{66} = BB \times HB_{20} / 100, \quad (4.10)$$

BB – вологість в'янення, % **HB**, **HB₂₀** – найменша вологоємність верхнього 20 см шару ґрунту, мм; або знаючи **BB**, % для певного типу ґрунту (*піщані ґрунти* – 1,5 – 2,0 %; *легкосуглинкові* – 2,3 – 4,5%; *важкосуглинкові* – 7,5 – 12 %; *глинисті* – 15 – 18 %; *торф'яні* – 27 – 33 %) за формулою:

$$W_{66} = 0,1 \times h_{zp} \times d_{zp} \times BB, \% \quad (4.11)$$

де d_{zp} – щільність ґрунту, $г/см^3$, h_{zp} – потужність шару ґрунту, для якого визначаємо вологозапаси, см, **BB** – вологість в'янення, %.

Найменша вологоємність у будь якому шарі ґрунту виходить із найменшої вологоємності у метровому шарі і може бути визначеною, наприклад, для орного шару ґрунту (**HB₂₀**, мм) через вологоємність 100 см шару ґрунту за формулою:

$$HB_{20} = HB_{100} \times h_{zp} / 100. \quad (4.12)$$

де HB_{100} – найменшої вологоємкості у метровому шарі, мм, h_{zp} – потужність шару ґрунту, для якого визначають вологозапаси, см.

Прогнозування зводиться до здатності розв'язувати прикладні задачі, приклади розв'язування яких наведено нижче.

Приклади розрахунку задач:

Туп 1. Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для північних районів Рівненської області за типової зими (із стійким сніговим покривом та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо:

найменша вологоємність 0-100 см шару ґрунту 158 мм,
дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті 25 жовтня,
запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату = 98 мм,
дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С – 20 листопада, сума опадів за період 26 жовтня–01 березня становить 132 мм.

Дано :

$$HB = 158 \text{ мм}$$

$$W = 98 \text{ мм}$$

$$\Sigma op = 132 \text{ мм}$$

$$W_{np} - ?$$

$$\text{Рівень вологозапасу \% HB} - ?$$

Розв'язування:

Прогнозовані вологозапаси в ґрунті (W_{np} , мм) на кінець холодного періоду року (01 березня) розраховують за формулою (4.1)

Зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року (ΔW_z , мм) для районів із стійкою зимою та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод за формулою (4.2)

Нестача насичення ґрунту вологою восени (ΔW , мм) розраховують за формулою (4.6)

Очікуваний рівень вологозапасів ґрунту ($\%HB$) визначають за формулою (4.7).

Розрахунок:

$$1) \Delta W = HB - W = 158 - 98 = 60 \text{ мм}$$

$$\Delta W_z = 0,21 \sum op + 0,62 \Delta W - 33 = 0,21 \times 132 + 0,62 \times 60 - 33 = 31,9 \text{ мм}$$

$$3) W_{np} = W + \Delta W_z = 98 + 31,9 = 129,9 \text{ мм}$$

$$4) \begin{aligned} HB &= W_{np} / HB \times 100 = \\ &= 129,9 / 158 \times 100 = 82,2\% \end{aligned}$$

Відповідь: надмірні вологозапаси (>70% від HB).

Тип 2. Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для північних районів Рівненської області за типової зими (із нестійким сніговим покривом та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо:

найменша вологоємність 0-100 см шару ґрунту 154 мм,

дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті 30 жовтня,

запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату = 78 мм,

дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С – 15 листопада, сума опадів за період 30 жовтня–01 березня становить 122 мм.

Дано :

$$HB = 154 \text{ мм}$$

$$W = 78 \text{ мм}$$

$$\sum op = 122 \text{ мм}$$

$$W_{np} - ?$$

$$\text{Рівень вологозапасу } \%HB - ?$$

Розв'язування:

Прогнозовані вологозапаси в ґрунті (W_{np} , мм) на кінець холодного періоду року (01 березня) розраховуються за формулою (4.1):

Зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року (ΔW_z , мм) для районів із нестійкою зимою та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод за формулою (4.2).

Нестача насичення ґрунту вологою восени (ΔW , мм) розраховується за формулою (4.6)

Очікуваний рівень вологозапасів ґрунту (%НВ) визначають за формулою (4.7).

Розрахунок:

$$1) \Delta W = HB - W = 154 - 78 = 76 \text{ мм}$$

$$2) \Delta W_z = 0,112 \sum op + 0,56 \Delta W - 20 = 0,112 \times 122 + 0,56 \times 76 - 20 = 36,2 \text{ мм}$$

$$3) W_{np} = W + \Delta W_z = 78 + 36,2 = 114,2 \text{ мм}$$

$$4) HB = W_{np} / HB \times 100 = 114,2 / 154 \times 100 = 74\%$$

Відповідь: надмірні вологозапаси (>70% від НВ).

Туп 3. Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для північних районів Рівненської області за типової зими (із стійким сніговим покривом, який має значний перерозподіл (переміщення по полю) та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо:

найменшу вологоємність 0-100 см шару ґрунту 154 мм;

дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті 30 жовтня;

запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату (перед замерзанням ґрунту) = 58 мм;

дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С – 20 листопада, сума опадів за період 30 жовтня-20 листопада становить 48 мм;

середня висота снігового покриву на полі (перед сніготаненням) = 18 см, щільність снігу = 240 кг / м³.

Дано :

$$HB = 154 \text{ мм}$$

$$W = 58 \text{ мм}$$

$$\sum op = 48 \text{ мм}$$

$$h_{\text{сніг.покр.}} = 18 \text{ см}$$

$$d_{\text{сніг.покр.}} = 240 \text{ кг} / \text{м}^3 =$$

$$= 240 \times 1000 / 100 / 100 / 100 = 0,24 \text{ г} / \text{см}^3$$

$$W_{\text{сніг.покр.}} - ?$$

$$W_{np} - ?$$

$$HB - ?$$

Розв'язування:

Прогнозовані вологозапаси в ґрунті (W_{np} , мм) на кінець холодного періоду року (01 березня) розраховують за формулою (4.1).

Зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року (ΔW_z , мм) для районів із стійкою зимою та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод за формулою (4.3):

Запаси вологи у сніговому покриві ($W_{\text{сніг.покр.}}$, мм за формулою (4.4).

Сума опадів ($\sum op + \text{сніг.покр.}$) за холодний період із урахуванням запасів вологи у сніговому покриві за формулою (4.5).

Нестача насичення ґрунту вологою восени (ΔW , мм) розраховують за формулою (4.6).

Очікуваний рівень вологозапасів ґрунту ($\%HB$) визначають за формулою (4.7).

Розрахунок:

$$1) \Delta W = HB - W = 154 - 58 = 96 \text{ мм}$$

$$2) W_{\text{сніг.покр.}} = 10 \times h \times d = 10 \times 8 \times 0,24 = 19,2 \text{ мм}$$

- 3) $\Sigma op + \text{сніг.покр.} = \Sigma op +$
 $+Wc = 48 + 19,2 = 67,2 \text{ мм}$
- 4) $\Delta W_3 = 0,21 \Sigma op + 0,62 \Delta W - 33 = 0,21 \times 67,2 +$
 $+0,62 \times 96 - 33 = 40,6 \text{ мм}$
- 5) $W_{np} = W + \Delta W_3 = 58 + 40,6 = 98,6 \text{ мм}$
- 6) $HB = W_{np} / HB \times 100 =$
 $= 98,6 / 154 \times 100 = 64\%$

Відповідь: оптимальні вологозапаси (60-70 % від HB).

Тип 4. Спрогнозуйте та оцініть схожість посівів пшениці озимої, якщо відомо, що попередник - кукурудза на зелену масу, за передпосівний період (за місяць до посіву) випала сума опадів = 19 мм, вологість орного шару ґрунту за місяць до посіву = 22%, вологість в'янення = 30% від HB, найменша вологоємність 0-100 см шару ґрунту = 158 мм, щільність орного шару ґрунту = 1,35 г/см³,

Дано :

$$\Sigma op = 19 \text{ мм}$$

$$W = 22\%$$

$$h_{zp} = 20 \text{ см} = 0,20 \text{ м}$$

$$W_{66} = 30\% \text{ від HB}$$

$$HB_{0-100} = 158 \text{ мм}$$

$$HB_{0-20} = 158 \times 20 / 100 = 31,6 \text{ мм}$$

$$d_{zp} = 1,35 \text{ г / см}^3$$

$$W - ?$$

Розв'язування:

Запаси продуктивної вологи (W , мм) розраховуються як різниця між фактичною вологою та вологою, за якої відбувається в'янення рослин (4.8).

Фактичні запаси вологи в ґрунті (W_{ϕ} , мм) розраховуються за формулою (4.9).

Запаси вологи в орному шарі ґрунту, за якої починається в'янення рослин ($W_{\text{вв}}$, мм) за формулою (4.10).

Найменша вологоємність для орного шару ґрунту (HB_{20} , мм) за формулою (4.12)

Розрахунок:

$$HB_{20} = HB_{100} \times h_{\text{зр}} / 100 =$$

1) $= HB_{20} = 158 \times 20 / 100 = 31,6 \text{ мм}$

2) $W_{\text{вв}} = 30\% \times HB_{20} / 100 = 0,30 \times 31,6 = 9,48 \text{ мм}$

3) $W_{\phi} = 10 \times W_{1\text{міс}} \times d \times h =$

$= 10 \times 0,22 \times 1,35 \times 20 = 59,4$

4) $W = W_{\phi} - W_{\text{вв}} = 59,4 - 9,48 = 49,9$

Відповідь: за таблицею 4.1 запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 см знаходяться в за межами 26-35 мм, тому прогноуються відмінні сходи (схожість оцінюється в 5 балів).

Тун 5. Встановіть, яка сума опадів випадає за холодний період року (з 25 жовтня по 1 березня), якщо відомо, що опади випадають у вигляді дощу (загальною сумою 34 мм) та снігу, який тане 2 рази за холодний період. Товщина снігового покриву на момент 1-го сніготанення = 11 см, щільність снігу = 230 кг / м³. Товщина снігового покриву на момент 2-го сніготанення = 17 см, щільність снігу = 240 кг / м³.

Дано :

$$\Sigma op = 34 \text{ мм}$$

$$h_{\text{сніг.покр.1}} = 11 \text{ см}$$

$$d_{\text{сніг.покр.1}} = 230 \text{ кг} / \text{м}^3 = 230 \times$$

$$\times 1000 / 100 / 100 / 100 = 0,23 \text{ г} / \text{см}^3$$

$$h_{\text{сніг.покр.2}} = 17 \text{ см}$$

$$d_{\text{сніг.покр.2}} = 240 \text{ кг} / \text{м}^3 = 230 \times$$

$$\times 1000 / 100 / 100 / 100 = 0,24 \text{ г} / \text{см}^3$$

Розв'язування:

Сума опадів за холодний період ($\Sigma op + \text{сніг.покр.}$, мм) розраховується як сума опадів, що випали із дощем та снігом за формулою (4.5)

Запаси вологи у сніговому покриві ($W_{\text{сніг.покр.}}$, мм) із урахуванням його висоти і щільності за формулою (4.4)

Оскільки сніготанення відбувалося 2 рази, то

$$W_{\text{сніг.покр.}} = W_{\text{сніг.покр.1}} + W_{\text{сніг.покр.2}}$$

де: $W_{\text{сніг.покр.1}}$, $W_{\text{сніг.покр.2}}$ - відповідно запаси вологи у 1-му та 2-му сніговому покривах, мм.

Розрахунок:

$$1) W_{c_1} = 10 \times h \times d = 10 \times 11 \times 0,23 = 25,3 \text{ мм}$$

$$2) W_{c_2} = 10 \times h \times d = 10 \times 17 \times 0,24 = 40,8 \text{ мм}$$

$$3) W_{\text{сніг.покр.}} = W_{\text{сніг.покр.1}} + W_{\text{сніг.покр.2}} = \\ = 25,3 + 40,8 = 66,1 \text{ мм}$$

$$4) \Sigma op + \text{сніг.покр.} = \Sigma op + W_{\text{сніг.покр.}} = \\ = 34 + 66,1 = 100 \text{ мм}$$

Відповідь: 100 мм.

Завдання для виконання практичної роботи №4:

1. Розв'яжіть 2 задачі згідно варіанту (№ варіанту - № Ваших двох цифр за списком у журналі, якщо Ваш номер – лише одна цифра, то вважаємо, що номер починається із цифри «0»)

Таблиця 4.2





Вихідні дані до розрахунку

Варіант №	Тип задач
0	4
1	5
2	3
3	2
4	1
5	4
6	5
7	3
8	2
9	1

Задачі для виконання практичної роботи №4:

Задача типу № 1

Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для північних районів Рівненської області за типової зими (із стійким сніговим покривом та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо: найменшу вологоємність 0-100 см шару ґрунту НВ=155 мм, дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті - 25 жовтня, запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату = 77 мм, дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С - 20 листопада, сума опадів за період 26 жовтня-01 березня = 92 мм.

-  надлишкові
-  оптимальні
-  недостатні
-  критично недостатні

✚ критично надлишкові

Задача типу № 2

Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для районів Рівненської області за типової зими (із нестійким сніговим покривом та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо: найменшу вологоємність 0-100 см шару ґрунту НВ=150 мм, дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті - 30 жовтня, запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату = 28 мм, дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С - 15 листопада, сума опадів за період 30 жовтня-01 березня = 95 мм.

✚ надлишкові

✚ оптимальні

✚ недостатні

✚ критично недостатні

✚ критично надлишкові

Задача типу № 3

Оцініть очікувані вологозапаси в ґрунті на 1 березня для північних районів Рівненської області за типової зими (із стійким сніговим покривом, який має значний перерозподіл (переміщення по полю) та глибоким заляганням рівня ґрунтових вод), якщо відомо: найменшу вологоємність 0-100 см шару ґрунту НВ=150 мм, дата останнього визначення запасів вологи в ґрунті - 30 жовтня, запаси вологи в 0-100 см шарі на цю дату (перед замерзанням ґрунту) = 58 мм, дата переходу середньодобової температури повітря через 0 °С - 20 листопада, сума опадів за період 30 жовтня-20 листопада = 28 мм, середня висота снігового покриву на полі (перед сніготаненням) = 18 см, щільність снігу = 240 г / м³

✚ надлишкові

✚ оптимальні

✚ недостатні

✚ критично недостатні

✚ критично надлишкові

Задача типу № 4

Спрогнозуйте та оцініть схожість посівів пшениці озимої, якщо відомо, що попередник - кукурудза на зелену масу, за передпосівний період (за місяць до посіву) випала сума опадів = 19 мм, вологість орного шару ґрунту за місяць до посіву = 22%, вологість в'янення = 30% від НВ, найменша вологоємність 0-100 см шару ґрунту = 158 мм, щільність орного шару ґрунту = 1,35 г/см³

- 0 балів (сходи не з'являться)
- 2 бали (сходи сильно зріджені)
- 3 бали (сходи слабо зріджені)
- 4 бали (сходи добрі)
- 5 балів (сходи відмінні)

Задача типу № 5

Встановіть, яка сума опадів випадає за холодний період року (з 25 жовтня по 1 березня), якщо відомо, що опади випадають у вигляді дощу (загальною сумою 34 мм) та снігу, який тане 2 рази за холодний період. Товщина снігового покриву на момент 1-го сніготанення = 11 см, щільність снігу = 230 кг / м³. Товщина снігового покриву на момент 2-го сніготанення = 17 см, щільність снігу = 240 кг / м³

- 100 мм
- 64 мм
- 75 мм
- 69 мм
- 54 мм
- 72 мм
- 93 мм
- 116 мм
- 132 мм

Питання для самоконтролю:

- 1. Дайте визначення поняття повна вологоємність**
- 2. Дайте визначення поняття найменша вологоємність**
- 3. Що означає вологість стійкого в'янення?**

4. Які наслідки нестачі вологи для росту сільськогосподарських культур?

5. Який рівень вологозапасів оцінюється як оптимальний?

6. Як урахувати частку снігу при стійкій зимі у формуванні вологозапасів ґрунту?⁸

7. Як розрахувати запаси вологи в орному шарі ґрунту, які показники при цьому враховуються?

8. Які наслідки можливі для рослинного організму при досягненні вологозапасів на рівні стійкого в'янення?

Практична робота №5. Прогноз фаз розвитку зернових культур

Мета: отримати практичні навички прогнозування настання фаз розвитку зернових культур

Теоретичні відомості

Оптимальною температурою, за якої тривалість початкових міжфазних періодів ранніх ярих культур буває найменшою, є температура 15–20 °С. Зі зменшенням температури швидкість розвитку уповільнюється. У природних умовах перші фази розвитку ярих культур проходять при температурах нижче оптимальних, тому що сівба цих культур проводиться у більшості районів з настанням температури повітря 4–7 °С. Із детальною характеристикою кліматичних умов вегетації сільськогосподарських культур можна ознайомитися за посиланням на ресурс джерела [1, с. 73-86].

⁸ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

Таблиця 5.1

Суми ефективних температур періодів репродуктивного розвитку зернових культур, °С [1]

Міжфазний період	Сума ефективних температур, необхідна для настання фаз розвитку, °С						
	оз. пшениці	оз. жита	ярої пшениці	яр. ячменю	вівса	проса	греч- ки
Сівба – сходи	67	52	67	67	67	150	75
Сходи – куціння	67	67	67	67	67	–	–
Сходи – викидання волоті						600	
Сходи-початок цвітіння							275
Відновлення вегетації – вихід у трубку:							
у південно-східних районах	100-150	100-150					
у східних районах	50	50					
Вихід у трубку (викидання волоті) – колосіння	330	183	283-305(р) 330-355(с) 375-400(п)	330	378		
Колосіння – молочна стиглість	230	319	230	–	–	–	–
Колосіння (цвітіння гречки) – воскова стиглість	490	544	490(м)	388	428		470
Молочна стиглість – воскова стиглість	260	225	260(м) 310(т)				
Викидання волоті – повна стиглість						440	

Примітка: р – ранньостиглі сорти, с – середньостиглі сорти,
п – пізньостиглі сорти, м – м'які сорти, т – тверді сорти

Шиголевим О.О. встановлено, що від сівби до сходів та від сходів до куціння ярих культур, як і для озимих, необхідна сума ефективних температур 67 °С.

У подальшому розвитку культур ці суми вже значно відрізняються. О.О. Шиголевим визначені суми ефективних температур по міжфазових періодах усіх зернових культур (табл. 5.1).

Тривалість міжфазних періодів буде різною в залежності від умов розвитку. За умов достатнього зволоження та питомих

речовин провідним фактором, який впливає на темпи розвитку і тривалість міжфазних періодів, буде температура повітря.

Із підвищенням температури до оптимальних значень тривалість міжфазних періодів зменшується. У холодні весни при низьких температурах тривалість міжфазних періодів сівба–сходи та сходи–кущіння збільшується.

Як і для озимих культур, для ярих встановити суми ефективних температур від кущіння до виходу у трубку досить складно, бо швидкість настання цієї фази залежить не тільки від температури повітря, вологості ґрунту, але і від світлових умов. Усереднена тривалість міжфазних періодів для пшениці озимої та ярої представлена у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Тривалість основних міжфазних періодів пшениці, днів [3]

Міжфазний період	озима	яра
Сівба – сходи	5–6	8–15
Сходи – кущення	15	15–22
Тривалість осінньої вегетації	40–50	–
Відновлення вегетації – вихід у трубку (для ярої кущення – вихід у трубку)	в першій половині V	– 11–26
Вихід у трубку – колосіння t=10-12 °С t=15–20 °С	30–35 18–20	–
Відновлення вегетації – колосіння	70–80	–
Формування зерна – дозрівання	≈30	
Сходи - дозрівання	260–300	90–110
Орієнтовні календарні строки дозрівання насіння	друга половина VI	початок VII

Середні багаторічні дати настання фаз ранніх ярих зернових представлена на рисунку 5.1.

Ярі зернові культури (яра пшениця, овес, ячмінь) сіють майже одночасно і початкові фази свого розвитку вони проходять синхронно. Розрахунок очікуваної дати настання фаз ярих зернових розраховують за формулою (1):

$$D = D_1 + \frac{A}{(t - B)}. \quad (5.1)$$

де D – очікуваний термін настання наступної фази; D_1 – дата настання попередньої фази розвитку; A – постійна сума ефективних температур, необхідна для настання фази, °С; t – очікувана середня температура повітря за міжфазний період, °С.

Для ярих зернових найчастіше прогнозуються дати настання:

1. Фази колосіння (викидання волоті у вівса);
2. Фази молочної стиглості;
3. Фази воскової стиглості.



Рис. 5.1. Дати настання фаз ранніх ярих культур [2]

Від сільськогосподарських організацій надходять запити не тільки про те, наскільки темпи розвитку культур поточного року відрізняються від середніх багаторічних, але й про те, коли та настільки пізніше (раніше) почнеться збирання ярих зернових культур, а також чи співпадають терміни збирання озимих та ярих культур.

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Основи агрометеорології : підручник / Польовий А. М., Божко Ю. Л., Вольвач О. В.; Одеський державний екологічний університет. Одеса : Видництво ТЕС, 2012. 250 с. URL: http://eprints.library.odetu.edu.ua/4498/1/PolevoyAM_BozkoLY_Vol%27vachOV_Osnovi_agrometeorologii_KL_2004.pdf
2. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» URL: <https://cutt.ly/jwCQuZbZ>
3. Солодка Т. М. Мороз О. С. Рослинництво з основами агрокліматології. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 351 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/23966>

Порядок розрахунку задач:

1. Визначитися із датою посіву культури, за тривалістю міжфазного періоду для ярих культур (табл.1) визначити дату настання фази виходу в трубку;
2. За рис. 1 встановити середню багаторічну дату колосіння (викидання волоті) та дату молочної і воскової стиглості.
3. Із прогнозу визначити очікувану температуру та суму опадів.
4. Очікувана дата розраховується за сумами температур (таблиця 5.1) або за формулою (5.1).
5. Порівнюються дати настання очікуваних фаз розвитку з середніми багаторічними датами.
6. Складається текст прогнозу, в якому подається характеристика агрометеорологічних умов до дати складання прогнозу і очікуваних умов по прогнозу, а також очікувані дати настання фаз розвитку культури.

Приклад розрахунку задач:

Розрахувати дату настання фази воскової стиглості ярої пшениці для ст. Конотоп та Приколотне Харківської області.

Дані:

Дата колосіння настала на ст. Конотоп 3 червня, на ст. Приколотне — 7 червня. З синоптичного прогнозу погоди визначається очікувана температура повітря у другу та третю декади червня та першу декаду липня. Це буде відповідно 19,5

°С, 21,4 °С та 23,2 °С.

Розв'язування:

1. Розрахунки виконуються по сумах ефективних температур (табл. 5.1).
2. Для ярої пшениці від колосіння до воскової стиглості необхідна сума ефективних температур 490 °С.
3. По значеннях температури повітря розраховуються дати накопичення суми температур 490 °С на кожній станції.
4. Якщо виконати всі розрахунки, то дата воскової стиглості на ст. Конотоп буде 4 липня, на ст. Приколотне — 8 липня.

Завдання для виконання практичної роботи №5:

Скласти прогнози настання 3-х фаз розвитку зернових колосових культур (згідно вихідних даних) за даними метеостанції (метеостанція - така ж, як і у практичній роботі №1).

Прогнозовані фази розвитку:

1. Колосіння (викидання волоті у вівса),
2. Молочної стиглості,
3. Воскової стиглості.

Таблиця 5.3

Вихідні дані для розрахунку

Варіант №	Зернова культура
0	Пшениця озима
1	Жито озиме
2	Пшениця яра
3	Ячмінь ярий
4	Овес
Продовження табл 5.3	
5	Просо
6	Гречка
7	Ячмінь ярий
8	Овес
9	Просо

Питання для самоконтролю:

1. **Вкажіть температуру за якої тривалість початкових міжфазних періодів ранніх ярих культур буває найменшою?**
2. **Вкажіть різницю між поняттями сума активних і сума ефективних температур?**
3. **Яка сума ефективних температур потрібна для міжфазного періоду ярих культур сходи–кущіння?**
4. **Для яких фаз ярих зернових найчастіше проводять прогнозування дат їхнього настання?⁹**
5. **Із якою метою проводять прогнозування дат настання певних фаз росту культур?¹⁰**

Практична робота №5 Прогноз фаз розвитку зернових культур. Частина 1. Прогноз фаз розвитку кукурудзи

Мета: отримати навички прогнозування дати настання фаз кукурудзи різних груп стиглості

Теоретичні відомості

Пізні ярі культури (просо, гречка, кукурудза, рис, овочеві) — це теплолюбні культури. Нестача тепла призводить до того, що культури не визрівають. Крім того, пізні весняні та ранні осінні заморозки спричиняють пошкодження цих культур. Тому прогнозування термінів сівби цих культур та настання фаз розвитку з врахуванням умов, що склалися та очікуються, має велике практичне значення.

Метод прогнозу дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблено Ю.І.Чирковим на основі зв'язку темпів розвитку кукурудзи з термічним режимом.

Найчастіше у виробництві для кукурудзи розраховуються:

✚ дати викидання волоті;

⁹ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

¹⁰ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

- ✚ *молочної стиглості;*
- ✚ *воскової стиглості.*

Встановлено, що різні за скоростиглістю гібриди кукурудзи потребують різних сум ефективних температур. Кількість листків на головному стеблі у кукурудзи є ознакою гібриду.

Для настання фізіологічної стиглості зерна (з вологістю 35–40%) кукурудза різних груп стиглості має накопичити певну суму ефективних температур впродовж сезону:

ФАО 200 : 1030-1090°C – ранньостиглі гібриди

ФАО 300 : 1140-1200°C – середньостиглі гібриди

ФАО 400 : 1240-1300°C – середньопізні гібриди

ФАО 500 : 1360-1420°C – пізньостиглі гібриди

Щоб визначити суму ефективних температур за сезон, потрібно додати між собою суми ефективних температур за кожен день вегетації рослин.

Обчислити ж суму ефективних температур $\sum t_{ef}$ за добу можна за формулою:

$$\sum t_{ef} = \frac{t_{min} + t_{max}}{2} - 10 \quad (5.1)$$

Важливо! Під час розрахунків температури нижче 10°C рахуються як 10, температури вище 30°C рахуються як 30, оскільки температури за межами діапазону 10–30°C не несуть ніякої користі для росту й розвитку кукурудзи.

Між кількістю листків, що утворюються на стеблі кукурудзи, та сумою температур (вище 10°C) за період утворення цих листків існує тісний зв'язок. Середня сума ефективних температур за один міжлистковий період становить 30°±2 °C.

Тривалість періоду утворення листків (n) у кукурудзи розраховується за рівнянням (2):

$$n = \frac{30 \times (N + 1)}{C \times (t - 10)} \quad (5.2)$$

де n – тривалість періоду, дні; N – кількість міжлисточкових періодів t – середня температура періоду, °C C – поправковий коефіцієнт залежно від середньої температури (табл. 5.1)

Таблиця 5.1.
Величина поправкового коефіцієнта (C) від середньої температури повітря ($t_{\text{сеп}}$) [1]

$t_{\text{сеп}}$ °C	C	$t_{\text{сеп}}$ °C	C
20	1.0	24	0.90
21	0.98	25	0.87
22	0.96	26	0.84
23	0.93	27	0.80

Прогноз дати настання фази викидання волоті.

Суми ефективних температур до дати настання фази викидання волоті розраховані, починаючи з утворення будь-якого листка (табл. 5.2).

Прогноз дати настання фази викидання волоті складається майже завжди після проведення спостережень по визначенню кількості листків, які ще не вийшли. Визначивши кількість листків, які не вийшли, та використовуючи суму ефективних температур одного міжлисточкового періоду, можна від дати появи наступного листка розрахувати суму температур, яка необхідна для викидання волоті, і розрахувати дату настання цієї фази.

Прогноз складається за 20 — 25 діб до викидання волоті в чорноземних районах та 30 — 35 діб — у нечорноземних районах. Але завчасність прогнозу можна значно збільшити, якщо прогноз складати відразу ж після появи 3-го листка.

Таблиця 5.2.

Сума ефективних температур (°C), необхідна для настання фази викидання волоті з урахуванням появи листків [1, 2]

Період розвитку	Група стиглості гібриду		
	пізньостиглий	середньопізній	середньостиглий
3-й лист – викидання волоті	540	480	420
5-й лист – викидання волоті	480	420	360
7-й лист – викидання волоті	420	360	300
9-й лист – викидання волоті	360	300	240
11-й лист – викидання волоті	300	240	180
13-й лист – викидання волоті	240	180	120
15-й лист – викидання волоті	180	120	60
17-й лист – викидання волоті	120	60	
19-й лист – викидання волоті	60		

Кількість закладених листків у залежності від групи стиглості гібриду визначається з табл. 5.2.

Температурні показники при складанні прогнозів визначаються з синоптичного прогнозу погоди. Якщо прогноз складається після появи третього листка, а прогноз погоди є тільки на місяць, то у таких випадках використовується середня багаторічна температура повітря.

Таблиця 5.3

Кількість листків кукурудзи залежно від групи стиглості [1]

Група стиглості гібриду	Число листків
Дуже пізні	21
Пізньостиглі	19–21
Середньопізні	17–18
Середньостиглі	15–16
Середньоранні	13–14
Ранні	11–12

Прогноз дат настання фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи.

Прогноз строків настання молочної стиглості має важливе виробниче значення, оскільки завчасно інформує сільськогосподарські організації про строки збирання кукурудзи на силос і зерно. Прогноз складається після отримання фактичних даних дат настання фази викидання волоті. Очікувана дата настання молочної стиглості розраховується двома методами.

Дата настання молочної стиглості розраховується за сумами ефективних температур вище 10 °С. За даними Ю.І. Чиркова для ранньостиглих гібридів ця сума складає 240°С; середньостиглих – 260 °С, пізніх – 280 °С. При підрахуванні сум обов'язково користуються значеннями поправкового коефіцієнта на температуру повітря у формулі (5.3):

$$n = \frac{\sum t > 10}{(t - 10) \times C} \quad (5.3)$$

де $\sum t > 10$ – сума ефективних температур вище 10 °С за цей період; t – середня температура повітря, °С; C – поправковий коефіцієнт залежно від середньої температури (табл. 5.1).

Прогноз дат настання воскової стиглості кукурудзи.

Фаза воскової стиглості завершує період вегетації кукурудзи. Високі температури прискорюють просихання зерна. Тривалість (**n**) періоду *молочна стиглість – воскова стиглість* знаходиться у тісній залежності від температури повітря і розраховується за рівнянням.

Сума ефективних температур вище 10 °С за цей період становить для ранніх гібридів і гібридів 350 °С, середньостиглих – 400 °С, середньопізніх і пізніх – 450 °С. Термін настання фаз воскової стиглості розраховується також за сумами ефективних температур (Таблиця. 5.4).

Із прогнозу погоди визначається очікувана середня температура повітря після настання фази викидання волоті і по табл. 4 визначається необхідна для воскової стиглості сума температур.

Таблиця 5.4.

Суми ефективних температур за період *молочна стиглість – воскова стиглість* [1]

Гібрид і кількість листків	Середня температура повітря, °С				
	≤20	22	24	26	28
Пізньостиглі і середньопізні, 17-20	450	502	544	586	648
Середньопізні і середньоранні, 13-16	400	442	480	515	560
Скоростиглі	350	380	415	445	595

Ресурси для виконання практичної роботи:

1. Основи агрометеорології: підручник / Польовий А.М., Божко Ю.Л., Вольвач О.В.; Одеський державний екологічний університет – Одеса: Видництво ТЕС, 2012. – 250 с. URL:

http://eprints.library.odeku.edu.ua/4498/1/PolevoyAM_BozkoLY_Vol%27vachOV_Osnovi_agrometeorologii_KL_2004.pdf

2. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» URL: <https://cutt.ly/jwCQuZbZ>

Приклади розрахунку задач на прогнозування фаз розвитку кукурудзи:

Задача 1. Скласти прогноз настання дати викидання волоті на ст. Вінниця для пізньостиглого гібриду кукурудзи (ФАО 550).

На перше липня утворилось 11 листків. У гібрида утворюється 18 листків до викидання волоті. Згідно таблиці 5.4 сума температур, необхідна для появи волоті становить 240 °С.

За синоптичним прогнозом у першій декаді липня очікується середня температура 23 °С, у другій — 21° С, у третій — 20 °С.

Дано :

$$N = 18 - 11 = 7$$

$$t = 21,3^{\circ} \text{C}$$

$n - ?$

Дата викидання волоті — ?

Розв'язування:

Розрахунки тривалість періоду від появи 11-го листка до викидання волоті проведемо за наступною формулою:

$$\begin{aligned} n &= 30 \times (N + 1) / C \times (t - 10) = \\ &= 30 \times ((7 + 1) / 0,97 \times (21,3 - 10)) = \\ &= 240 / 10,96 = 22 \text{ доби} \end{aligned}$$

Відповідь: дата викидання волоті: 1 липня + 22 доби = 23 липня.

Задача 2. Розрахувати дату настання воскової стиглості для середньопізнього гібриду кукурудзи (ФАО 450). Дата викидання волоті спостерігалась 23 липня, молочної стиглості — 24серпня. З синоптичного прогнозу погоди очікується середня температура повітря: на третю декаду липня 22 °С, на серпень — 19 °С (3 декади), на першу декаду вересня 18 °С.

Дано :

$$t = (22 + 19 + 19 + 19 + 18) / 5 = 19,4^{\circ}C$$

n – ?

Дата воскової стиглості – ?

Розв'язування:

Тривалість (*n*) періоду **молочна стиглість — воскова стиглість** знаходиться у тісній залежності від температури повітря і розраховується за формулою.

Термін настання фаз воскової стиглості розраховується також за сумами ефективних температур (табл. 5.4).

Із табл. 5.4 визначається сума ефективних температур, яка необхідна для розвитку кукурудзи від фази молочної стиглості до фази воскової стиглості. Для середньопізніх гібридів вона становить 450 °С.

Із таблиці 5.1 значення поправкового коефіцієнта на температуру (С) дорівнює 1.

Розрахуємо тривалість (*n*) періоду молочна стиглість — воскова стиглість:

$$n = 450 / ((19,4 - 10) \times 1) = 48 \text{ діб}$$

Відповідь: дата настання воскової стиглості: 24 серпня + 48 діб = 12 жовтня

Завдання для виконання практичної роботи № 5. Ч.1:

Спрогнозувати фази розвитку кукурудзи:

✚ **дату викидання волоті,**

✚ **дату молочної стиглості,**

✚ **дату воскової стиглості.**

Вихідні дані:

Метеостанція - згідно Вашого варіанту з таблиці 1.2 практичної роботи № 1:

Температури повітря по добах : min, max

Вологість ґрунту в шарі 0-50 см: 54 мм

Дата фази 3-х листків: 20 травня

Гібрид кукурудзи - Буковинська 3.

Подання результатів: результати представити у вигляді розрахунків за кожною фазою розвитку кукурудзи.

Питання для самоконтролю:

- 1. Для яких фаз кукурудзи найчастіше проводять прогнозування дат їхнього настання?*
- 2. Чому практично не проводять прогнозування дат настання перших фаз росту кукурудзи?*
- 3. Вкажіть, що означає поняття ФАО?¹¹*
- 4. Як гібриди кукурудзи поділяється на групи стиглості за ФАО?*
- 5. Яку суму ефективних температур впродовж сезону має накопичити кукурудза для настання фізіологічної стиглості зерна (з вологістю 35–40%) з ФАО 300?¹²*

¹¹ Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

¹² Завдання для здобувачів дуальної форми освіти

Використана література:

1. Методичні вказівки. Довідкові дані з клімату України. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/591/1/01-03-16.pdf> (дата звернення: 13.01.2024).
2. Солодка Т. М. Мороз О. С. Рослинництво з основами агрокліматології. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 351 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/23966> (дата звернення: 15.01.2024).
3. Атлас Агрокліматичні ресурси України: атлас /за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. URL: <https://cutt.ly/jwCQuZbZ> (дата звернення: 17.01.2024).
4. Кирнасівська Н. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування» для студентів спеціальністю 103 «Науки про Землю». Одеса : ОДЕКУ, 2020. 32 с. URL: <http://surl.li/qhgua> (дата звернення :19.01.2024).
5. Польовий А. М., Божко Ю. Л., Вольвач О. В. Основи агрометеорології : підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса : Видництво ТЕС, 2012. 250 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/4498/1/PolevoyAM_BozkoLY_Vol%27vachOV_Osnovi_agrometeorologii_KL_2004.pdf. (дата звернення: 17.01.2024)
6. Побудова графіка залежності в Microsoft Excel URL: <https://uk.soringcrepair.com/how-build-relationship-chart-in-excel/> (дата звернення: 15.01.2024).
7. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса: 2012. 629 с. URL: <http://surl.li/qhgup> (дата звернення: 18.01.2024).
8. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення: 13.01.2024).
9. Статистичний збірник «Рослинництво України» / «Crop production of Ukraine». К. : Державна служба статистики України, 2022.

URL:https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/09/zb_rosl_2022.pdf (дата звернення: 15.01.2024).

10. Статистичний щорічник України. URL:
https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/01/Arch_zor_zb.htm
(дата звернення :18.01.2024).

Таблиця 1
Орієнтовне співвідношення основної та побічної продукції
деяких сільськогосподарських культур, абсолютно-суха
речовина [4]

Культура	Основна продукція	Побічна продукція	Співвідношення основної й побічної продукції	Сума частин в урожаї
Пшениця озима:				
високорослі сорти	Зерно	Солома і	1:1,4-1,65	2,4-2,65
середньорослі	--	листя	1:1,3-1,5	2,3-2,5
напівхарликові	--	--	1:1,1-1,4	2,1-2,4
Пшениця яра	--	--	1:1,2-1,4	2,1-2,4
Жито озиме	--	--	1:1,6-2,0	2,6-3,0
Ячмінь озимий	--	--	1:1,2-1,45	2,2-2,45
Ячмінь ярий	--	--	1:1,1-1,3	2,1-2,3
Трітїкале озиме	--	--	1:1,5-1,9	2,5-2,9
Овес	--	--	1:1,2-1,45	2,2-2,45
Просо	--	--	1:1,2-1,45	2,2-2,45
Кукурудза	--	--	1:1,3-1,6	2,3-2,6
Сорго	--	--	1:1,2-1,4	2,2-2,4
Гречка	--	--	1:2,3-3,0	3,3-4,0
Горох	--	--	1:1,1-1,3	2,1-2,3
Соя	--	--	1:1,4-1,6	2,4-2,6
Картопля	Бульби	Гичка	1:0,7-1,0	1,7-2,0
Буряки	Корене- плоди	Гичка	1:0,4-0,6	1,4-1,6
Соняшник	Насіння	Листосте- бельна маса	1:1,5-2,0	2,5-3,0
Ріпак	Те ж	Листосте- бельна маса	1:1,5-2,0	2,5-3,0
Коріандр	--	Листосте- бельна маса	1:1,7-2,3	2,7-3,3
Льон-довгунець	--	Листосте- бельна маса	1:6,0-8,0	7,0-9,0
Коноплі	--	Листосте- бельна маса	1:6-9	7,0-10,0
Хміль	Шишки	Листосте- бельна маса	1:8-10	9-11

Додаток Б

Таблиця 2

Калорійність сільськогосподарських культур, ккал/кг [1]

Культура	Органи рослин			
	Ціла рослина	Основна продукція	Побічна продукція	Коренева система
Пшениця м'яка озима	4450	4550	4300	4100
Пшениця м'яка яра	4500	4600	4300	4120
Пшениця тверда (яра, озима)	4550	4640	4350	4040
Жито озиме	4400	4500	4310	4080
Ячмінь	4420	4530	4320	4010
Трітїкале озиме	4400	4500	4310	4080
Овес ярий	4400	4480	4430	4110
Просо	4600	4700	4500	4220
Кукурудза	4100	4200	4000	3900
Сорго	4300	4370	4240	4040
Рис	4330	4420	4240	4070
Гречка	4540	4620	4400	4180
Горох	4710	4900	4530	4200
Квасоля	4770	4930	4580	4220
Соя	4800	4900	4600	4430
Картопля	4300	4360	4240	3800
Баштанні	3450	3550	3340	3100
Буряки кормові	3850	3900	3700	3600
Буряки цукрові	4230	4340	4310	4000
Соняшник	4450	4620	4330	3960
Льон довгунець	4600	4780	4500	4350
Коноплі	4590	4670	4490	4280

Додаток В

Таблиця 3

Регіональна оцінка загальної біологічної продуктивності клімату при природному зволоженні в Україні [2, с. 9]

Макро-район	Б _к , бали	БКП	$\Sigma T_c > 10^\circ C$	Md, за год	K _p	ΣR , мм
1. Дуже низька	<100	<1,80	1000-1600	0,9-1,4	0,75-0,30	1000-1400
2. Низька	100-110	1,80-2,00	1500-1900	0,80-1,00	0,82-0,62	850-1100
3. Понижена	110-120	1,98-2,18	2000-3400	0,21-0,75	0,58-0,82	450-850
4. Середня	120-130	2,18-2,35	2700-3350	0,24-0,38	0,70-0,85	450-570
5. Підвищена	130-140	2,35-2,54	А)2400-3000 Б)3250-3450	0,35-0,45	0,83-0,95	550-700 350-650
6. Помірно-висока	140-150	2,54-2,70	А)2420-2600 Б)3400-3900	0,50-0,60	0,98-1,0	600-750 300-400
7. Висока	150-160	2,72-2,90	2400-2550	0,52-0,73	1,0-0,85	680-850
8. Дуже висока	>160	>2,90	3000-3300	0,60-0,85	1,0-0,80	800-1000

Додаток Г

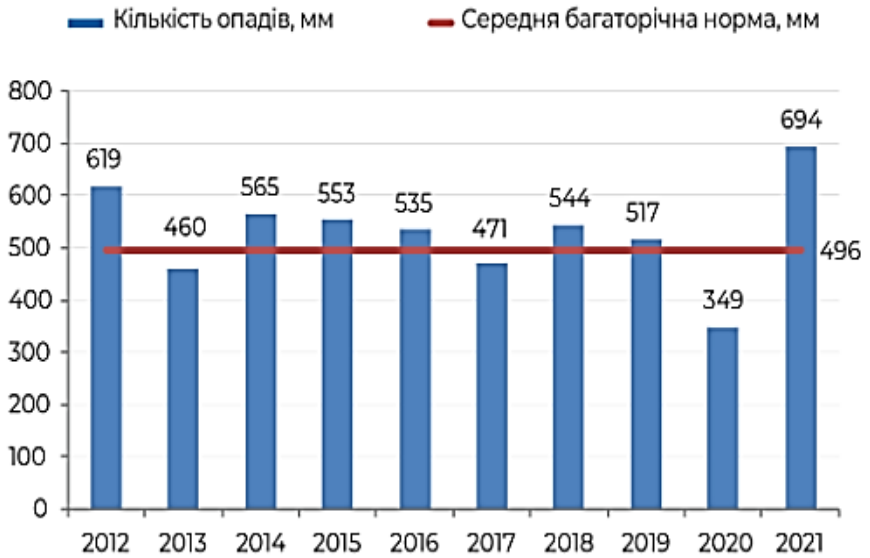


Рис. 1 Середньорічна кількість опадів за період 2012–2021 рр.

Зміст

Вступ	3
Практична робота № 1. Оцінювання величини фотосинтетично активної радіації та ефективності її поглинання рослиною.....	5
Практична робота №2. Оцінка гідротермічних умов вирощування рослин.....	12
Практична робота №3. Оцінювання біокліматичного потенціалу території.....	17
Практична робота №4. Прогноз зволоження ґрунту на початок польових робіт. Розрахунок потреби у вологозабезпеченні.....	26
Практична робота №5. Прогноз фаз розвитку зернових культур.....	41
Практична робота №5 Прогноз фаз розвитку зернових культур. Частина 1. Прогноз фаз розвитку кукурудзи.....	47
Використана література	56
Додатки	58