

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та
водного господарства
Кафедра водної інженерії та водних технологій

01-01-77М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Агроінженерія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІЕАВГ
Протокол № 6 від 28.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Агроінженерія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Приходько Н. В., Турченко В. О., Рокочинський А. М., Волк П. П., Кропивко С. М. – Рівне : НУВГП, 2025. – 64 с.

Укладачі: Приходько Н. В., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій; Турченко В. О., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Рокочинський А. М., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Волк П. П., д.т.н., професор, професор кафедри водної інженерії та водних технологій; Кропивко С. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск: Турченко В. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Керівник (гарант) освітньої програми:

Клімов С. В.

Попередня версія методичних вказівок 01-01-62М

© Н. В. Приходько,
В. О. Турченко,
А. М. Рокочинський,
П. П. Волк,
С. М. Кропивко, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

Вступ	4
1. Мета та завдання навчальної дисципліни	4
2. Лабораторні заняття	5
Лабораторне заняття № 1. Класифікація сільськогосподарських культур залежно від їх вимог до абіотичних факторів	5
Лабораторне заняття № 2. Визначення вологості ґрунту кондукометричним методом з використанням вологоміра PMS710	9
Лабораторне заняття № 3. Практичне використання даних щодо водно-фізичних властивостей ґрунту – розрахунок вологозапасів ґрунту	15
Лабораторне заняття № 4. Визначення вмісту солей в ґрунті з використання солеміру Ezodo E7200	18
Лабораторне заняття № 5. Визначення показників родючості ґрунту з використанням цифрового аналізатора DL-1835	20
Лабораторне заняття № 6. Визначення щільності ґрунту з використання пенетрометра «ЛАН-М»	22
Лабораторне заняття № 7. Проектування науково обґрунтованих сівозмін з врахуванням агротехнічних заходів	24
Лабораторне заняття № 8. Математична обробка кліматичних даних за вегетаційних період, що використовується для прогнозування врожаю сільськогосподарських культур	27
Лабораторне заняття № 9. Прогноз настання фаз розвитку сільськогосподарських культур	29
Лабораторне заняття № 10. Розрахунок дефіциту водоспоживання для року розрахункової забезпеченості	31
Лабораторне заняття № 11. Розрахунок транспірації сільськогосподарських культур та дефіциту водоспоживання для умов конкретного року	34
Лабораторне заняття № 12. Розрахунок балансу	39

органічної речовини в ґрунті	
Лабораторне заняття № 13. Розрахунок необхідної норми внесення добрив на запланований урожай	47
Лабораторне заняття № 14. Визначення дійсно можливого врожаю сільськогосподарських культур з урахуванням агрокліматичного потенціалу території	58
3. Самостійна робота	63
4. Рекомендована література	64

Вступ

Навчальна дисципліна «Агроінженерія» є складовою частиною вибіркового компоненту для підготовки здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». Матеріали дисципліни «Агроінженерія» доцільні для виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи. Дисципліна знайомить з сутністю агроінженерії як науки, основними проблемами і перспективами впровадження науково обґрунтованих інженерних рішень на різних етапах вирощування сільськогосподарських культур.

У сучасних умовах різко зростають масштаби природокористування та рівень антропогенного навантаження на довкілля. Ефективний розвиток аграрного виробництва в цілому можливий лише за умов раціонального природокористування, що визначає необхідність впровадження науково обґрунтованих інженерних рішень на різних етапах вирощування сільськогосподарських культур як у сучасних погодно-кліматичних умовах, так і на перспективу їх змін.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: формування системи знань про основні закономірності аграрного виробництва у відповідності

до сучасних еколого-економічних вимог; проблеми і перспективи впровадження новітніх технологій в аграрній галузі; роль водних технологій у забезпеченні сталого виробництва рослинницької продукції; основні технологічні процеси і технічні засоби на різних етапах вирощування сільськогосподарських культур.

Завдання дисципліни: ознайомлення з сутністю агроінженерії як науки, основними проблемами і перспективами впровадження науково обґрунтованих інженерних рішень на різних етапах вирощування сільськогосподарських культур як у сучасних погодно-кліматичних умовах, так і на перспективу їх змін.

2. Лабораторні заняття

Лабораторне заняття № 1.

Класифікація сільськогосподарських культур залежно від їх вимог до абіотичних факторів

Завдання. Виконати класифікацію основних сільськогосподарських культур за вимогами до абіотичних факторів.

Теоретична частина. Екологічні групи рослин за вимогами до світла. Відносно вимог до тривалості сонячного освітлення рослини поділяють на три групи:

- рослини довгого світлового дня – розвиток відбувається при тривалості дня більше 12 годин і прискорюється при 20-24 годинному освітленні (пшениця, жито, овес, ячмінь, льон, редис, салат, картопля, горох, сочевиця, чина, люпин, кормові боби та ін.);

- рослини короткого світлового дня – нормально розвиваються за тривалості світлового дня 8–12 годин, а при збільшенні світлового дня понад 12 годин їхній розвиток затримується (просо, соя, рис, кукурудза, бавовник, огірки, баклажани, соняшник, томати та ін.);

- нейтральні – на їхній розвиток тривалість світлового дня не впливає (гречка, нут, бобові та ін.).

За реакцією на інтенсивність освітлення (тобто за вимогою до освітленості) розрізняють три основні екологічні групи рослин:

- світлолюбні – соняшник, кукурудза, цукрові буряки, рис, бавовник, соя, томати, огірки, баклажани, перець, кавун, гарбуз, диня тощо;

- тіньовитривалі, або факультативні геліофіти – більшість зернових, гречка;

- тіньові, умброфіти або сціофіти – бобові трави, горох, цвітна капуста, петрушка та ін.

Екологічні групи рослин відносно температури. За вимогами до температури рослини поділяють на такі екологічні групи рослин:

- теплолюбні (термофільні) – рослини, які для нормального росту і розвитку потребують відносно високі температури (звичайно вищі за 10° С) – баштанні культури, томати, огірки, бавовник, перець, баклажани тощо;

- холодолобні (кріофільні) – культури, що приурочені до холодних місць існування – до них належать основні зернові злаки (пшениця, ячмінь, жито, овес та ін.), а також льон, коренеплоди тощо;

- мезотермні – рослини, що ростуть за середніх значень температури.

За характером реакції на низькі температури рослини поділяють на холодо- і морозостійкі. Холодостійкими вважають рослини, стійкі до низьких температур, близьких до 0° С – озимі культури, ранні ярі, коренеплоди, салат, боби, цибуля тощо. Морозостійкі – рослини, здатні без особливих пошкоджень переносити мінусові температури – селера.

За теплозабезпеченістю культури поділяються на дуже ранні – сума активних температур вище 10° С менша 1200° С; відносно ранні – 1200–1600° С; середньоранні – 1600–2200° С;

середні – 2200–2800° С; середньопізні – 2800–3400° С; пізні – 3400–4000° С; дуже пізні – понад 4000° С.

За стійкістю до приморозків сільськогосподарські культури поділяються на 5 груп:

- найстійкіші, такі, як пшениця, овес, озиме жито, конюшина, люцерна, озимий ріпак, горох. Більшість рослин цієї групи у фазі сходів гине при мінус 8–12° С, а у фазі цвітіння і досягання вже при мінус 2–4° С;

- стійкі до приморозків: люпин, вика яра, соняшник, льон, коноплі, цукрові і кормові буряки, морква, гірчиця біла, боби. Більшість рослин гине у фазі сходів при температурі –6–9° С, а у фазі цвітіння-досягання вже при –2–4° С;

- середньостійкі до приморозків: редис, люпин жовтий, капуста, витримують температури в межах –2–6° С;

- малостійкі до приморозків: кукурудза, просо, картопля, соя. Пошкоджуються при мінус 1–2° С, а при мінус 3° С – гинуть;

- нестійкі до приморозків: гречка, квасоля, рис, огірки, томати, кавуни, дині, гарбузи. Зниження температури до мінус 1–2° С призводить до загибелі посівів.

Екологічні групи рослин за вимогами до води. Залежно від екологічної ніші, яку вони займають, рослини поділяють на водяні (гідратофіти) та наземні.

Вищі водяні рослини поділяють на гідатофіти і гідрофіти. Гідатофіти – рослини, які повністю (справжні гідатофіти) або частково ростуть у воді й поза водним середовищем існувати нездатні – валіснерія, водяний горіх, елодея, ряска.

Гідрофіти – рослини, прикріплені до ґрунту і занурені у воду нижньою частиною – очерет, рогіз.

Водно-наземні трав'янисті рослини, що ростуть як у воді на мілководді, так і на берегах річок, водойм, на болотах і на добре зволжених ґрунтах, належать до гелофітів.

Наземні рослини за вимогами до вологи поділяють на наступні групи:

- гігрофіти ростуть в умовах підвищеної вологості ґрунту та повітря на болотах, берегах річок чи озер, у вологих лісах – розрив-трава, квасениця звичайна, чистотіл великий та ін.;

- мезофіти – рослини, що живуть в умовах середнього рівня зволоження, здатні розвиватися в умовах достатнього водопостачання – хлібні злакові рослини, кормові трави, овочеві, технічні, олійні, кормові, плодові, волокнисті та інші культури;

- ксерофіти – рослини посушливих місцевостей, пристосовані до життя в умовах недостатнього водозабезпечення. Це рослини пустель, посушливих степів, піщаних дюн, схилів, які дуже прогріваються – полин, люцерна степова, верблюжа колючка, ковила, типчак та ін.

Екологічні групи рослин за вимогами до ґрунтів. Залежно від екологічних умов місцезростань і потреб в елементах мінерального живлення розрізняють наступні групи рослин:

- еутрофи – рослини, дуже вимогливі до поживних речовин, для них необхідні ґрунти, багаті на мінеральні солі – цукрові буряки;

- мезотрофи – середньовимогливі до поживних речовин, ростуть на середніх за родючістю ґрунтах – квасениця звичайна, різні види грушанок, овес;

- оліготрофи – маловимогливі до поживних речовин, можуть зростати навіть на дуже бідних ґрунтах – журавлина, багно, верес;

- псамофіти – рослини піщаних ґрунтів – вівсяниця Беккера, цмин піщаний, перстач пісковий, верба гостролиста. літофіти – рослини, які в природних умовах освоїли тріщини та розколини голих скель, сухі кам'янисті осипи, скельні виступи й інші подібні екологічні ніші;

- хасмофіти – рослини, що використовують незначні кількості субстрату і мають специфічні пристосування для життя на бідних, малопродатних субстратах.

Важливою умовою для рослини є кислотність ґрунту. Оптимальні значення *pH* ґрунтового розчину для деяких

сільськогосподарських культур: яра пшениця 6,3–7,6; кукурудза 6,0–7,0; люцерна 7,0–8,0; озима пшениця 6,0–7,5; просо 5,5–7,5; картопля 5,0–5,5; ячмінь 6,8–7,0; конюшина 6,0–7,0; огірки 6,0–7,9; овес 5,0–7,7; горох 6,0–7,0; томати 6,3–6,7.

Практична частина. Скласти агроекологічну характеристику однієї із сільськогосподарських культур: озима пшениця: картопля; ярий ячмінь; нут; горох польовий; кавун; люцерна; огірки; люпин; овес; сочевиця; гречка; чина; цукрові буряки; кукурудза; соя; соняшник; квасоля; озимий ріпак; сорго.

Особливу увагу потрібно звернути на такі ознаки:

- тривалість вегетаційного періоду;
- група за відношенням до низьких температур та теплозабезпеченістю;
- сума активних середньодобових температур для повного розвитку;
- стійкість до приморозків;
- вимоги до інтенсивності освітлення;
- відношення до тривалості дня;
- відношення до вологості ґрунту;
- відношення до родючості ґрунту;
- відношення до *pH* ґрунту.

Лабораторне заняття № 2.

Визначення вологості ґрунту кондукометричним методом з використанням вологоміра PMS710

Завдання. Ознайомитися з традиційними та сучасними методами та приладами вимірювання вологості ґрунту, зокрема кондукометричним методом.

Теоретична частина. *Вологість і температура* – одні з найважливіших фізичних параметрів ґрунту, адже від них безпосередньо залежить і майбутній урожай, і якість вирощеної продукції. Інформація про вологість і температуру ґрунту необхідна для прийняття оперативних рішень щодо процедур обробки ґрунту, доцільності та строків посіву (посадки) рослин,

норм і строків внесення добрив, норм і термінів поливу та ін. Вологість ґрунту впливає на розчинність органічних і мінеральних добрив, а, отже і на ефективність їх поглинання рослинами, а також і на ступінь забруднення ґрунту пестицидами.

Контроль вологості ґрунту має надважливе значення для сільськогосподарського виробництва на відкритих площах і для тепличного господарства, для садових господарств. Вологість ґрунту необхідно контролювати і на різних етапах росту рослини, починаючи від посіву насіння або висадки саджанців, до збору врожаю, оскільки потреба рослини у воді змінюється по мірі її зростання. Контролювати вологість ґрунту необхідно і для інших задач, зокрема будівництва, геології, для пошуку підземних вод та ін.

Глибина визначення запасів вологи залежить від задач фермера і культур, які будуть посіяні. Контролювати показник вологості можна у поверхневому шарі, на глибині 20 см і 100 см, тобто в метровому шарі ґрунту.

Методи вимірювання вологості поділяються на *прямі, непрямі й дистанційні*.

Прямі методи екстрагують воду із зразка за допомогою випаровування, вимивання або хімічної реакції. Вологість ґрунту розраховується шляхом порівняння маси випареної вологи та сухої землі.

Непрямі методи засновані на визначенні характеристик ґрунту в залежності від ступеня його вологості, а також визначенні характеристик поміщених у нього предметів (наприклад, пористого абсорбера).

У *дистанційних методах* використовуються супутникові дані, отримані завдяки відбивній здатності поверхні землі (відбиттю електромагнітного випромінювання в певному спектральному діапазоні).

Альтернативні методи визначення ґрунтової вологи:

- радіоактивний – підрахунок радіоактивних частинок;

- електричний – визначення опірності, провідності, індукції та ємності поглинання;
- тензометричний – вимір різниці тиску сухої та зволоженої землі;
- оптичний – вивчення відбиття світлових потоків;
- експрес-методи – в основному, органолептичні.

Основним методом вимірювання вологості ґрунту є *термостатно-ваговий*, який є еталонним та зазвичай виконується для перевірки точності вимірювань за іншими непрямими методами. Він полягає у висушуванні зразків різними способами, наприклад, за допомогою високих температур. Основа цього методу полягає в різниці маси ґрунту до та після висушування. Він досить трудомісткий і потребує спеціального обладнання, але є єдиним прямим і точним методом визначення вологості ґрунту.

Для визначення вологості потрібні такі інструменти:

- бур для забору проб завдовжки 60–100 см (залежно від глибини кореневмісного шару ґрунту), на якому через кожні 10 см нанесені мітки.
- термостійкі стаканчики (бюкси), зазвичай алюмінієві, які попередньо зважують пустими і на кришці пишуть цю початку вагу (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Бюкс для вимірювання вологості ґрунту за термостатно-ваговим методом

- зручна коробка, куди щільно виставляються стаканчики для транспортування в поле.

Результат аналізу вологості ґрунту показує, скільки міліметрів продуктивної вологи міститься в обраному шарі. Дані можна легко інтерпретувати відповідно до шкали оцінки запасів продуктивної вологи ґрунту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Шкала для оцінювання запасів продуктивної вологи ґрунту

Вміст вологи, мм	Оцінка запасів продуктивної вологи
у шарі 0–20 см	
>40	добра
40–20	задовільна
<20	незадовільна
у шарі 0–100 см	
>160	дуже добра
160–130	добра
130–90	задовільна
90–60	низька
<60	дуже низька

Термостатно-ваговий метод потребує затрат сил та часу, тому на сьогодні широко застосовуються інші непрямі методи визначення вологості ґрунту, що поділяються на три основні напрями:

1. Більш затребуваними є компактні високоточні вологоміри ґрунту для експрес-аналізу вологості землі в польових умовах. Принцип роботи таких вологомірів як правило кондуктометричний, вони прості у використанні, не вимагають спеціального відбору проби, мають швидкий відгук і достатню точність вимірювань на рівні 1–2%.

Кондуктометричний метод – ґрунтується на вимірюванні електричного опору ґрунту. Для вимірювання вологості ґрунту за

кондуктометричним методом застосовують вологомір PMS710 (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Вологомір PMS710 для вимірювання вологості ґрунту за кондуктометричним методом

2. *Тензіометричний метод* – ґрунтується на вимірюванні капілярного натягнення ґрунтової вологи. Для цього використовують тензіометри.

Тензіометри – це тестери, що вимірюють силу поверхневого натягу в прикореневій зоні рослини, значення якого прямо пропорційно відсотковому вмісту води в субстратах (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Тензіометр польовий для вимірювання вологості ґрунту за тензіометричним методом

За принципом роботи вимірювачі вологості ґрунту діляться на три основних типи:

- аналогові;
- цифрові;
- електронні.

Переваги тензіометрів:

- точні показники вимірювань навіть в складних умовах застосування;

- простота в експлуатації, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;

- можливість збереження даних в пам'яті пристроїв і перенесення їх на різні ділянки для вимірювання;

- можливість порівняння декількох показників;

- підходять для контролю сучасних систем крапельного зрошення;

- широка область застосування: вирощування плодово-ягідних культур і овочів як на відкритому ґрунті, так і в закритих приміщеннях (в теплицях, виноградниках);

- невисока ціна.

3. *Нейтронний метод* – ґрунтується на вимірюванні ступеню ослаблення інтенсивності гама-променів. При даному методу застосовують вологомір ВНП-1 (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Вологомір ВНП-1 для вимірювання вологості ґрунту за нейтронним методом

Принцип дії цього приладу заснований на здатності атомів водню уповільнювати рух швидких нейтронів, переводячи їх у ранг повільних. В складі приладу – електронний цифровий вимірювальний блок з індикатором на рідких кристалах і датчик, суміщений в одному корпусі з джерелом швидких нейтронів. Для повторних вимірювань в одній і тій же точці поля необхідно пробурити свердловину на глибину 1–1,5 м і вставити в неї стаціонарну обсадну металеву, або пластмасову трубу, щоб закріпити стінки і попередити осипання ґрунту. Внутрішній діаметр труби повинен бути таким, щоб дозволяв легко рухатись датчику ВНП-1 при неодноразовому переміщенні його на різні рівні за глибиною.

Зона дії нейтронного методу має радіус 30 см. Це означає, що ним можна виміряти концентрацію повільних нейтронів у сфері діаметром 60 см (тобто в шарі ґрунту висотою 60 см), а це в свою чергу означає що у верхніх шарах ґрунту 0–10 і 0–20 см цим методом визначати вологість просто не можливо. При зануренні датчика на глибину 10 см прилад ВНП-1 завжди показує нуль, навіть при повному насиченні ґрунту водою, а на глибині 20 см дані вологості ґрунту мають в 1,5–2 рази менші значення в порівнянні з глибиною 30 см. Це явище пов'язане з тим, що на глибинах до 20 см сфера дії нейтронного методу включає також не тільки ґрунт, але й повітря, де концентрація атомів водню в одиниці об'єму значно нижча, ніж у ґрунті.

Лабораторне заняття № 3.

Практичне використання даних щодо водно-фізичних властивостей ґрунту – розрахунок вологозапасів ґрунту

Завдання. Ознайомитися з основними водно-фізичними властивостями ґрунту та методиками розрахунку вологості та вологозапасів ґрунту.

Теоретична частина. *Вологість ґрунту* – це кількість води у ґрунті, виражена у відсотках до маси абсолютно сухого

грунту. Запаси вологи вимірюють у міліметрах, тонах або кубічних метрах на гектар.

Межі значень вологості, які характеризують виникнення різних форм і категорій ґрунтової вологи називаються *ґрунтово-гідрологічними константами*. В агрономічній практиці ґрунтово-гідрологічні константи характеризуються межами доступності вологи рослинам. Розрізняють п'ять ґрунтово-гідрологічних констант (Роде, 1965), які відображують у відсотках від ваги або об'єму ґрунту. До них належать:

- максимально адсорбційна вологоємність (МАВ)
- максимальна гігроскопічність (МГ)
- вологість стійкого в'янення рослин
- найменша або польова вологоємність (НВ)
- повна вологоємність (ПВ)

У ґрунті розрізняють *хімічно зв'язану, гігроскопічну, плівкову, капілярну та гравітаційну вологу*.

Хімічно зв'язана вода входить до складу багатьох вторинних глиняних мінералів. Вона не бере участі у фізичних процесах і не випаровується.

Гігроскопічна вода. Будь-який ґрунт здатний вбирати з повітря водяну пару. Вологу, увібрану поверхнею ґрунтових частинок, називають гігроскопічною. Найбільшу кількість вологи, яку може увібрати ґрунт з повітря, називають *максимальною гігроскопічністю*.

Плівкова волога. Якщо вологи в ґрунті стільки, що вона покриває поверхню ґрунтових частинок шаром, більшим за плівку максимальної гігроскопічної, то таку вологу називають плівковою. При збільшенні її кількості вона поступово переходить у вільну вологу, яка доступна рослинам.

Водяна пара міститься у порах, в яких немає краплинної вологи. Вміст її залежить від пружності парів води у ґрунтовому повітрі. Це єдина форма вологи, яка може переміщуватися у ґрунті навіть при незначній зволоженості його. Водяна пара переміщується від горизонту з більшою пружністю пари до горизонту з меншою пружністю.

Вільна вода у ґрунті та ґрунтотворних породах може бути у вигляді льоду та рідкому стані.

Краплиннорідинну воду поділяють на *капілярну* і *гравітаційну*. Найбільш доступна для рослин капілярна волога.

Капілярна волога. Вологу, яка міститься у капілярах ґрунту і утримується менісковими силами, називають капілярною. Капілярну вологу поділяють на капілярно підвішену, підперту і стикову. Підвішена утримується у ґрунті менісковими силами, дія яких перевищує дію сили ваги. Якщо капілярна вода підпирається знизу вільною ґрунтовою або підґрунтовою водою, її називають капілярно підпертою вологою. Стикова волога залишається в ґрунті після стікання вільної води у піщаних гравіюватих ґрунтах. Утримується вона на стиках між частинками ґрунту.

Гравітаційна волога. Воду, яка переміщується у ґрунті під дією сил тяжіння, називають гравітаційною. Ця вода вільно просочується з верхніх горизонтів у глибші, нагромаджуючись у породи або поповнюючи запаси підґрунтової вологи.

За результатами визначення вологості ґрунту та його вологозапасів встановлюється необхідність проведення поливів сільськогосподарських культур, що вирощуються.

Практична частина. Отже до основних водно-фізичних властивостей ґрунту відносять його вологість і запаси вологи в ґрунті.

Вологість ґрунту визначається в різних одиницях.

У відсотках від маси сухого ґрунту:

$$\omega_{\% \text{ м.с.г.}} = \frac{M - m}{m} \cdot 100\% , \% \quad (3.1)$$

де M і m – відповідно маса вологого і сухого зразків ґрунту, г (т).

У відсотках від об'єму ґрунту:

$$\omega_{\% \text{ об'єму}} = \frac{M - m}{V} \cdot 100\% = \omega_{\% \text{ м.с.г.}} \cdot \gamma , \% \quad (3.2)$$

де V – об’єм зразка ґрунту у вологому стані, см^3 (т^3); γ – об’ємна маса ґрунту, $\text{г}/\text{см}^3$ ($\text{т}/\text{м}^3$).

У відсотках від повної вологоємності або найменшої вологоємності ґрунту:

$$\omega_{\%PB} = \frac{\omega_{\%м.с.з.}}{\omega_{PB}} \cdot 100\%, \%$$
 (3.3)

$$\omega_{\%HB} = \frac{\omega_{\%м.с.з.}}{\omega_{HB}} \cdot 100\%, \%$$
 (3.4)

де ω_{PB} – повна вологоємність ґрунту, $\% м.с.з.$; ω_{HB} – найменша вологоємність ґрунту, $\% м.с.з.$

Запаси вологи у ґрунті визначають в $\text{м}^3/\text{га}$, або в мм шару води за формулами:

$$W = 100 \cdot \gamma \cdot H \cdot \omega_{\%м.с.з.}, \text{ м}^3/\text{га}$$
 (3.5)

$$W = P \cdot H \cdot \omega_{\%PB}, \text{ м}^3/\text{га}$$
 (3.6)

де H – розрахунковий шар ґрунту, м; P – пористість, $\%$ від об’єму. Вологозапаси в $\text{м}^3/\text{га}$ можна перевести в мм шару води з розрахунку $1\text{мм}=10 \text{ м}^3/\text{га}$.

Лабораторне заняття № 4. **Визначення вмісту солей в ґрунті з** **використання солеміру Ezodo E7200**

Завдання. Ознайомитися з принципом роботи приладу для визначення вмісту солей в ґрунті солеміром Ezodo E7200.

Теоретична частина. Ezodo E7200 – багатофункціональний прилад, який об’єднує в собі 5 приладів високої точності: *pH метр, ОВП-метр, кондуктометр, солемір, термометр.*

З даним приладом можна легко зробити первинний аналіз рідин в польових умовах всього за пару хвилин і для цього не потрібно носити з собою цілу лабораторію. Ezodo E7200 має водонепроникний корпус IP 67. За рахунок автокомпенсації

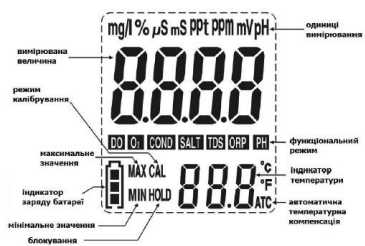
температури Ezodo E7200 є високоточним приладом. Контроль вищеперелічених параметрів води (особливо *pH*, *ОВП* і *загального солевмісту*) дає загальне уявлення про якість води.

Комплектація солеміру Ezodo E7200: вимірювальний блок, рН-електрод, ОВП-електрод, TDS-електрод, калібровочні розчини (3 шт.), кейс, ремінець, батарейки, інструкція.

Принцип вимірювання: пристрій Ezodo E7200 (рис. 4.1) працює за принципом визначення електропровідності води – показник, який залежить від кількості розчинених у воді частинок. Інтервал вимірювання вмісту солей 0-1000 мг/л, 1,0-12,0 г/л. Точність вимірювання $\pm 2\%$.



а)



б)

Рис. 4.1. Солемір Ezodo E7200:
а) опис приладу; б) опис дисплея

Алгоритм роботи солеміра Ezodo E7200:

1. Калібрування. Переконайтесь, що датчиком є електрод для вимірювання електропровідності розчину. На дисплеї з'являться **COND**, **TDS** або **SALT**.

2. Опустіть електрод в ємність зі стандартним розчином 1413 мкСм/см. Обережно струсніть і чекайте, покине встановиться виміряне значення. Натисніть кнопку для вмикання/ вимикання та утримуйте для входу в режим калібрування «**CAL**». На дисплеї з'явиться **CAL** і блимаючий показник. Калібрування закінчиться, коли дисплей перестане блимати і вказуватиме «**SA**», потім «**END**» і повернеться в режим вимірювання.

3. Після калібрування промийте електрод чистою водою та витріть насухо. Опустіть електрод у розчин, який будете вимірювати. Обережно струсніть і зачекайте отримання результатів зчитування.

2. Натисніть кнопку «**MODE**» для вибору режиму електропровідності солеміру.

Примітка:

1) Коли показники вимірювання вийдуть за межі можливого діапазону, на дисплеї з'явиться «----».

2) Одиниці вимірювання автоматично змінюються з мг/л на г/л.

3) Після вимірювання промийте електрод чистою водою та замініть захисний ковпачок.

Лабораторне заняття № 5.

Визначення показників родючості ґрунту з використанням цифрового аналізатора DL-1835

Завдання. Ознайомитися з принципом роботи приладу для визначення показників родючості ґрунту цифрового аналізатора DL-1835.

Теоретична частина. Використання цифрового аналізатору параметрів ґрунту DL-1835 (рис. 5.1) забезпечує

простий і зручний спосіб отримання необхідних вимірювань для забезпечення оптимального росту та розвитку рослин.



Рис. 5.1. Аналізатора ґрунту DL-1835:

- 1 – дисплей з трипозиційною стрілкою вибору режиму;
2 – кнопка включення/виключення приладу; 3 – кнопка вибору режиму роботи; 4 – спіральний кабель; 5 – рукоятка-основа зонду; 6 – біметалевий вимірювальний зонд

Показники родючості: 0–2 – низька родючість; 3–7 – нормальна родючість; 8–9 – підвищена родючість.

Також аналізатор оснащений функціями вимірювання температури ґрунту і рівня pH , тому є ідеальним вибором для людей, які бажать підвищити кількість та якість урожаю рослин.

Цей прилад допоможе визначити необхідність проведення певних процедур для оптимізації мінерального живлення і покращення засвоєння мінералів для кращого росту кореневої системи рослини.

Технічні характеристики DL-1835:

- визначення температурного діапазону ґрунту – від 0 до 35° C (від 32 до 95° F);
- діапазон вимірювання кількості поживних речовин (сумарний показник рівня азоту, фосфору і калію (NPK)) – за шкалою від 1 до 9;

- крок вимірювання кислотності – 0,1 рН;
- живлення – 3 батарейки LR 44;
- розмір електроду – 150 мм (довжина), 6 мм (діаметр);
- розмір корпусу – 120x70x28 мм;
- вага – 115 г.

Переваги аналізатора ґрунту DL-1835:

- вимірює три показники ґрунту (кислотність, родючість і температуру);
- виносний щуп на спіральному кабелі зручний у застосуванні;
- режим енергозбереження (відключення приладу через 4 хвилини бездіяльності);
- функція компенсації температури при вимірювання родючості ґрунту;
- автоматична компенсація температури при вимірюванні кислотності ґрунту;
- легкість зчитування показників.

Комплектація аналізатора ґрунту DL-1835:

- цифровий аналізатор ґрунту DL-1835;
- батарейки – 3x1,5 V;
- спеціальний матеріал для чистки щупа (датчика);
- таблиця оптимальних значень температури, кислотності й родючості ґрунту;
- інструкція з експлуатації.

Лабораторне заняття № 6.

Визначення щільності ґрунту з використання пенетрометра «ЛАН-М»

Завдання. Ознайомитися з принципом роботи приладу для вимірювання щільності ґрунту пенетрометра «ЛАН-М».

Теоретична частина. Щільномір (пенетрометр) ґрунту «ЛАН-М» (рис. 6.1) зручним та функціональним обладнанням, за допомогою якого досліджують щільність ґрунту перед початком його обробки. Виріб виготовлений з дотриманням міжнародних

стандартів якості ASAE S313.3. та не поступається більш дороговартісним аналогам зарубіжних брендів. Щільномір допомагає швидко та точно визначити проблему ущільнення ґрунту на полях, дослідити глибину розташування ділянок ущільнення (відома серед аграріїв «плужна підшва»). Своєчасна діагностика проблеми дозволяє вжити невідкладних заходів та отримати великі врожаї.



Рис. 6.1. Щільномір ґрунту «ЛАН-М»

Принцип роботи. Щільномір ґрунту комплектується двома насадками різного діаметру. Наконечник $\varnothing 12.7$ мм використовується для твердих ґрунтів, його аналог $\varnothing 19.1$ мм придатний для ґрунту невеликої щільності. Автоматизований алгоритм вимірювання відрізняється простотою. Потрібно накрутити відповідний наконечник, натиснути кнопку пуску і повільно занурити апарат в ґрунт. Після цього починається автоматичний аналіз датчиками величини зусилля та глибини введення. Фіксація показників здійснюється через кожні 2,5 см, з миттєвим відображенням результатів на дисплеї.

Шкала пристрою складається з трьох зон, залежно від сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур: зелена (сприятливі умови), жовта (задовільні умови) та червона (незадовільний стан ґрунту, плужна підшва).

Після завершення дослідження графік з отриманими результатами зусиль автоматично висвітлюється на дисплеї та відповідає осі У, на осі Х розташовані показники глибини занурення. Графік відображається на кольоровому фоні розбивки по зонам сприятливості для зростання, що дозволяє миттєво зорієнтуватися зі станом ґрунту на полях та окремих ділянках.

Основні переваги щільноміру ґрунту «ЛАН-М»:

- простота та надійність конструкції;
- пристрій вологозахисений та стійкий до механічних пошкоджень;
- кольоровий дисплей відрізняється великою контрастністю та чіткістю зображення;
- зручне та лаконічне меню;
- два наконечники для різних типів ґрунту;
- в комплект входить акумулятор, розрахований на понад 24 години безперервної роботи в режимі вимірювання;
- глибина занурення – до 60 см;
- детальний аналіз результатів вимірювання, з побудовою графіку;
- можливість збереження отриманих показників в пам'яті пристрою;
- щільномір зберігає більш ніж 450 результатів дослідження.

Лабораторне заняття № 7.

Проектування науково обґрунтованих сівозмін з урахуванням агротехнічних заходів

Завдання. Вивчити основні терміни та методику розрахунку науково обґрунтованих сівозмін з врахуванням агротехнічних вимог.

Теоретична частина. Сівозмінна – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і парів у часі, на території або лише у часі.

Чергування культур на території означає, що кожна культура послідовно проходить через всі поля сівозміни. Чергування культур у часі представляє собою правильну зміну одних рослин іншими на даному полі за роками. В основі сівозміни лежить науково обґрунтована структура посівних площ, що є співвідношенням площ під різними культурами і чистими парами, вираженим у відсотках до загальної сівозмінної площі. Вона розробляється відповідно до спеціалізації господарства.

Ротація сівозмін – інтервал часу, протягом якого сільськогосподарські культури і пар проходять через кожне поле у послідовності, передбаченій схемою сівозміни (табл. 7.1). Тривалість ротації (кількості років) дорівнює кількості полів сівозміни. Розміщення культур на полях може бути різне, але всі вони повинні щорічно займати по одному полю.

Таблиця 7.1. Періодичність чергування культур у сівозміні, роки

Культура	Полісся	Лісостеп	Степ
пшениця озима	2-3	2-3	1-3*
жито озиме	1-2	1-2	1-2
ячмінь, овес	1-2	1-2	1-2
кукурудза	можливі повторні посіви**		
горох, вика, чина, соя	3-4	3-4	3-4
гречка	1-2	1-2	1-2
просо	2-3	2-3	2-3
люпин	6-8	6-7	–
буряки цукрові, кормові, ріпак	3-4	3-4	3-4
картопля	2-3	2-3	1-2
льон	5-7	–	–
соняшник	–	7-8	7-9
капуста	6-7	6-7	6-7
трави багаторічні бобові	3-4	3-4	3-4

Примітки: * – у Степу можливий повторний посів пшениці озимої після пшениці, яку вирощували після пару чорного; ** – повторний посів до 3-4 років з перервою, що відповідає строку повторного посіву.

Перелік сільськогосподарських культур і парів за порядком їхнього чергування у сівозміні називається *схемою сівозміни*.

Поля – це рівні площі ріллі, на які розбивається сівозміна згідно із схемою при нарізуванні.

Ланка – це частина сівозміни, яка складається з двох, трьох культур або чистого пару і однієї-трьох культур. Ланки сівозмін бувають трав'яні (трави-пшениця-просапні), зернобобові (горох-пшениця-просапні), просапні (кукурудза на зелений корм-пшениця-просапні), парові (пар-зернові-зернові). Кожна сівозміна складається з 2-4 ланок, які починаються з найкращої ланки (трав'яної, парової, зернобобової).

Попередник – сільськогосподарська культура або пар, що займали дане поле у минулому році (табл. 7.2).

Таблиця 7.2. Оцінка попередників

Культура	Попередник															
	багаторічні трави, бобові	однорічні трави	горох, вико	люпин на зелену масу	люпин на зерно	кукурудза на силос	кукурудза на зерно	озима пшениця	озиме жито	ячмінь	овес	картопля рання	картопля пізня	льон	буряк	соняшник
озима пшениця	х	х	х	х	уд	д	н	н	н	н	уд	х	уд	х	н	н
озиме жито	х	х	х	х	уд	д	н	н	н	уд	н	х	уд	х	н	н
ячмінь	х	х	х	х	х	х	х	д	д	н	уд	х	х	х	х	уд
овес	х	х	х	х	х	х	х	д	д	уд	н	х	х	х	х	уд
кукурудза	х	х	х	х	х	уд	уд	х	х	х	х	х	х	х	уд	уд
горох, соя вико	н	уд	н	н	н	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	д
люпин	н	уд	н	н	н	д	х	х	х	х	х	х	х	х	х	д
льон	х	х	д	н	д	х	х	х	д	уд	уд	х	х	н	д	н
буряк, ріпак	д	д	д	уд	д	уд	уд	х	х	д	д	д	д	уд	н	н
картопля	х	х	х	уд	х	д	д	х	х	д	д	н	н	х	х	н
соняшник	н	х	х	уд	х	х	уд	х	х	х	х	х	х	х	уд	н

Примітка: х – найкращий, д – допустимий, уд – умовно допустимий, н – недопустимий попередники.

Одна сільськогосподарська культура, що вирощується у господарстві, називається *монокультурою*.

Структура посівних площ – це співвідношення посівних площ окремих сільськогосподарських культур або їхніх певних груп (у відсотках) до загальної площі ріллі в господарстві. Структура посівних площ є основою для розробки сівозмін і залежить від спеціалізації господарств, ґрунтово-кліматичних та організаційно-господарських умов.

Повторною називається культура, яка висівається на одному місці протягом 2–3 років.

Коли тривалість вирощування культури рівна, або більша за ротацію сівозміни, її називають *беззмінною*.

Методика складання схем сівозмін:

1. Встановлюють розмір і кількість полів.
2. Визначають кількість полів під кожною культурою.
3. Підбирають попередники для найбільш цінних культур.
4. Підбирають покривну культуру для багаторічних трав, якщо у сівозміні передбачене їхнє вирощування.
5. Культури, що залишились, розміщують по кращих попередниках.
6. Складають ланки і з'єднують їх між собою у схему, забезпечуючи найбільш ефективне використання після дії пару і багаторічних трав.
7. У сівозмінах із проміжними культурами визначають місце для їхньої сівби.
8. Встановлюють тип і вид сівозміни.

Лабораторне заняття № 8.

Математична обробка кліматичних даних за вегетаційний період, що використовується для прогнозування врожаю сільськогосподарських культур

Завдання. Ознайомитися з методикою обробки кліматичних даних та природними умовами конкретного адміністративного району України, в якому розміщена метеостанція.

Практична частина. Потрібно для конкретної метеостанції, відповідно до індивідуального завдання (дані з роздаткового матеріалу), за адміністративним районом привести описання природних умов. При цьому потрібно освітити такі питання: рельєф, гідрогеологічні умови, водні ресурси, фізико-географічне районування, детальний аналіз кліматичних даних (зокрема, особливості клімату, середня температура холодного та теплого періодів, абсолютні максимуми та мінімуми, тривалість періоду з температурою понад 10° С та сума позитивних температур, атмосферні опади та ін.), ґрунтові умови, особливості сільськогосподарського використання земель та інше.

Наступним кроком для тієї ж метеостанції потрібно для конкретного року (дані з роздаткового матеріалу) виписати основні середньодекадні показники за вегетаційний період до таблиці 8.1. та виконати розрахунки середньомісячних показників.

Таблиця 8.1. Основні кліматичні показника за вегетаційний період для метеостанції ... (назва метеостанції)

Показники	Позначення	квітень			травень			...			вересень			
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
декадна сума температур	$T_{\phi}, ^\circ C$													
декадна сума дефіцитів вологості повітря	$d_{\phi}, мб$													
декадне сумарне випаровування	$E_{\phi}, мм$													
декадна сума опадів	$P_{\phi}, мм$													
середньомісячна (добова) температура	$T, ^\circ C$													
середньомісячний (добовий) дефіцит вологості повітря	$d, мб$													
середньомісячне (добове) випаровування	$E, мм$													
місячна сума опадів	$P, мм$													

За опрацьованими даними необхідно надати розгорнутий висновок щодо забезпеченості кліматичними ресурсами, обов'язково вказавши який місяць вегетаційного періоду є найтеплішим та найхолоднішим, вказати місяці з найбільшою та найменшою кількістю опадів, проаналізувати чи пов'язане середньомісячне випаровування з водної поверхні з середньомісячним дефіцитом вологості повітря.

Наступним кроком є визначення за методикою Селянінова до якої природної зони за умовами зволоження відноситься територія розташування метеостанції:

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T}, \quad (8.1)$$

де $\sum P$ – сума опадів за літній період;

$\sum T$ – сума середньодобових температур повітря понад 10° С зменшена у 10 разів за літній період.

За отриманим значення визначаємо приналежність до однієї з природних зон: 1,6–1,3 – Лісова зона, 1,3–1,0 – зона Лісостепу, 1,0–0,7 – зона Степу, 0,7–0,4 – зона Сухого Степу.

Лабораторне заняття № 9.

Прогноз настання фаз розвитку сільськогосподарських культур

Завдання. Використовуючи кліматичні дані, визначити дату початку вегетації сільськогосподарської культури та встановити дати настання основних фаз розвитку.

Теоретична частина. У вегетаційному періоді кожної сільськогосподарської культури виділяють певні фази розвитку рослин, пов'язані з їх біологічними особливостями. Наприклад, для ярої пшениці та ярого ячменю виділяють такі фази: посів, сходи, кущення, вихід і трубку, колосіння, цвітіння, молочна стиглість, повна стиглість. В картоплі – посадка, сходи, бутонізація, бульбоутворення, початок і кінець цвітіння, відмирання нижнього листка, повне дозрівання.

У вегетаційному періоді кожної сільськогосподарської

культури виділяють певні фази розвитку рослин, пов'язані з їх біологічними особливостями.

На всіх метеостанціях крім метеорологічних спостережень проводять і фенологічні спостереження за основними культурами для даної місцевості. Якщо нова фаза наступила в 10% рослин, то відмічається початок настання фази, а якщо у 50%, то відмічається масове настання фази.

Для того щоб знати, чи доцільно вирощувати конкретну сільськогосподарську культуру у певній місцевості, потрібно скласти прогноз настання кожної фази розвитку та прорахувати можливість повного дозрівання даної культури в даних умовах. Також такі прогнози потрібні для приблизного встановлення строків проведення робіт по збиранню врожаю в умовах конкретного року, коли відомі дати настання перших кількох фаз, а потрібно визначити приблизні строки закінчення вегетації.

Інтенсивність розвитку рослин в основному залежить від середньодобової температури повітря. З підвищенням до певного рівня температури, інтенсивність розвитку рослини буде зростати. Томи при теплій погоді фази настають раніше ніж при холодній. Для переходу від однієї фази до іншої рослини повинні отримати певну кількість позитивних температур.

Для кожної сільськогосподарської культури існує біологічний мінімум температури – це температура, при якій рослина не розвивається, фактично ця температура відповідає температурі початку вегетації.

Практична частина. Складання прогнозу розглянемо для конкретного прикладу: потрібно визначити дату початку вегетації та дати настання кожної фази розвитку кукурудзи для метеостанції Генічеськ за 2020 рік.

Розрахунок будемо виконувати у такій послідовності.

1. Встановлюємо дату початку вегетації. Для цього з роздаткового матеріалу для конкретної культури встановлюємо температуру, при якій починається вегетація $t_{ПВ}$. Аналізуючи кліматичні дані конкретного для конкретної метеостанції визначаємо декаду, для якої середня температура повітря є

більшою або рівною значенню $t_{ПВ}$. Перший день цієї декади приймаємо за початок вегетаційного періоду. У нашому випадку, $t_{ПВ} = 13^{\circ} \text{C}$, що відповідає першій декаді травня, тому 01.05.20р. це дата настання вегетаційного періоду для кукурудзи в умовах місцевості метеостанції Генічеськ.

2. Знаючи з роздаткового матеріалу фази вегетацій основних сільськогосподарських культур та суми температур необхідних для їх настання, використовуючи кліматичні дані прораховуємо дати настання кожної з них для конкретної культури, метеостанції та року.

У нашому випадку, кукурудза проходить фазу сходів при температурі наборі суми температур 230°C від дати початку вегетації, для наших умов перехід відбувся 14.05.20р. Аналогічно знаходимо дати для решти фаз вегетації.

Вихідні дані та результати розрахунку зводимо у табл. 9.1.

Таблиця 9.1. Фази вегетації та дати їх настання у ... (назва сільськогосподарської культури) у зоні розташування метеостанції ... (назва метеостанції) для умов ... року

Назва сільськогосподарської культури	Температура початку вегетації, $^{\circ} \text{C}$	Номер фази вегетації	Назва фази вегетації	Сума температур необхідна для настання фази вегетації, $^{\circ} \text{C}$	Дата настання фази вегетації
...					

Лабораторне заняття № 10.

Розрахунок дефіциту водоспоживання для року розрахункової забезпеченості

Завдання. Ознайомитися з методикою С.М. Алпатьєва для розрахунку дефіциту водоспоживання в умовах року розрахункової забезпеченості.

Практична частина. Розрахунок виконують у табличній формі (табл. 10.1). Розрахунок виконуємо для року 75% забезпеченості. Для проведення розрахунку використовуємо вихідні дані з лабораторної роботи № 9.

Таблиця 10.1. Визначення дефіциту водного балансу поля
(* значення слід заокруглити до цілого числа)

Показники	Позначення	квітень			травень			червень			липень			серпень		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
дефіцит вологості повітря середньодобовий, мб (розд. матеріал)	d															
температура повітря середньодобова (розд. матеріал)	$t, ^\circ\text{C}$															
розрахунковий період, дб	n	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11
сума середньодобових температури за декаду	$t \cdot n$															
поправка на довжину світл. дня	l	11,09	11,15	11,2	11,24	11,27	11,29	11,31	11,33	11,32	11,30	11,29	11,26	11,20	11,16	11,12
сума темп. за декаду з поправкою на довжину світлового дня	$n \cdot t \cdot l$															

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
*сума темп. з поправкою наростаючою підсумком	$\sum n \cdot t$															
коефіцієнт біологічної кривої, мм/мб (розд. матеріал)	κ_b															
*водоспоживання за розрахунковий період, мм	$E = \kappa_b \cdot d \cdot n$															
*опади за розрахунковий період, мм (розд. матеріал)	P															
*дефіцит водного балансу по декадах, мм	$M' = E - P$															
*дефіцит водного балансу за розр. період наростаючою сумою, мм	$M = \sum M'$															

Отримані результати використовуємо для побудови графіку зміни кривої дефіцитів водного балансу впродовж вегетаційного періоду (рис. 10.1) за яким уточнюють дати проведення поливів сільськогосподарських культур.

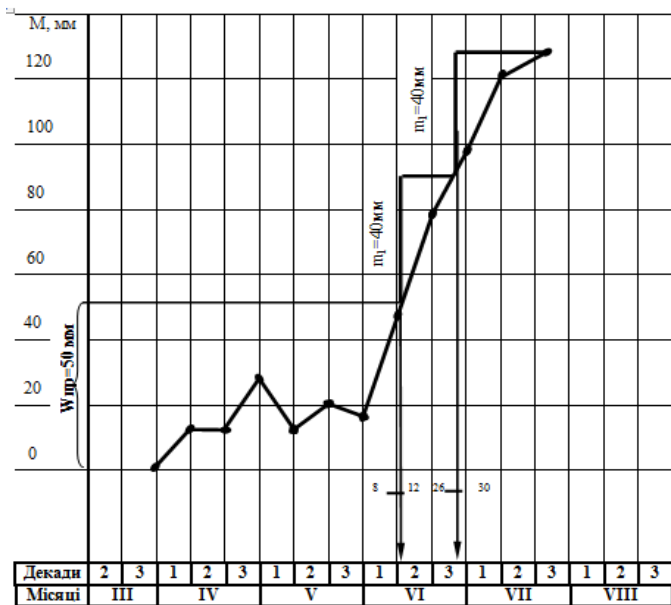


Рис. 10.1. Графік зміни кривої дефіцитів водного балансу поля для уточнення термінів поливів

Величина дефіциту водоспоживання розраховується як різниця між сумарним дефіцитом водного балансу поля та вмістом продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетаційного періоду.

Лабораторне заняття № 11.

Розрахунок транспірації сільськогосподарських культур та дефіциту водоспоживання для умов конкретного року

Завдання. Ознайомлення з факторами, що впливають на транспірацію та методикою розрахунку транспірації рослинами на основі даних метеоспостережень для умов конкретного року.

Визначення динаміки транспірації впродовж вегетаційного періоду. Розрахунок сумарного випаровування за вегетаційних період з поверхні поля покритого рослинами.

Теоретична частина. *Транспірація* – це процес випаровування води з рослин в атмосферу. Завдяки транспірації в рослинах проходять найбільш важливі фізіологічні процеси: поглинання вологи кореневою системою, перенесення поглинутих кореневою системою поживних речовин в наземну частину рослини, попередження перегрівання листя та стебла рослини сонячними променями.

Інтенсивність транспірації залежить від фази розвитку рослини, а також від цілого ряду кліматичних показників: від величини сонячної радіації, температури і вологості повітря, швидкості вітру.

В основу розрахунку величини транспірації покладений удосконалений біокліматичний метод, який прийнятий як нормативний для умов України. Він враховує як кліматичні фактори, так і особливості водоспоживання культур при настанні у них кожної з фаз розвитку.

За характеристику, що враховує вплив на водоспоживання сільськогосподарських культур кліматичних факторів прийнято випаровування з водної поверхні випаровувача «ГГИ-3000».

Практична частина. Транспірація рослинами, виходячи з даної методики, розраховується подекадно за формулою (мм):

$$E_d = k_0 \cdot A_{Г(сд)} \cdot k_{б(сд)} \cdot E_t, \quad (11.1)$$

де E_d – транспірація вологи рослинами за декаду, мм;

k_0 – мікрокліматичний коефіцієнт, що характеризує відмінність випаровування з випаровувача «ГГИ-3000», розміщеного на метеостанції від випаровування такого ж випаровувача якби він знаходився в межах поля покритого рослинами ($k_0=0,85$);

$A_{Г(сд)}$ – середньодекадний ступінь покриття поля рослинами в частках від 1 (залежить від сільськогосподарської культури та фази її розвитку);

$k_{\delta}(CД)$ – середньодекадний біологічний коефіцієнт водоспоживання (залежить від сільськогосподарської культури та фази її розвитку);

E_i – декадне випаровування з водної поверхні випаровувача «ГГИ-3000», мм.

Значення ступеня покриття для кожної фази розвитку рослин вже визначені експериментально. Біологічний коефіцієнт також встановлений для розрахункових рослин експериментально, він зв'язує транспіраціє з випаровуванням з водної поверхні.

Розрахунок виконуємо у продовження лабораторного заняття № 9, в ході якого вже визначено дати настання фаз вегетації для розрахункової культури. Заповнюємо таблицю табл. 11.1 використовуючи дані з лабораторного заняття № 9 та роздаткового матеріалу.

Таблиця 11.1. Визначення транспірації ... (назва сільськогосподарської культури) у зоні розташування метеостанції ... (назва метеостанції) для умов ... року

Показники	Позначення	квітень			травень			червень			липень			серпень		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
випаровування з водної поверхні за декаду, мм	E_i															
опади за декаду, мм	p															
К-сть днів з опадами більше 1 мм	N_p															
декадна сума температур, °С	T_d															

Продовження таблиці 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
сума температур наростаючим підсумком, °С	ΣT															
сума температур, потрібна для настання фази вегетації, °С	T_{ϕ}															
	номер фази															
терміни фаз вегетації	номер фази															
	дата початку фази															
ступінь покриття	номер фази															
	A_{Γ}															
к-сть днів у декаді	n	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11
середньо-декадний ступінь покриття	$A_{\Gamma(сд)}$															
біологічний коефіцієнт випаровування	номер фази															
	k_{ϕ}															
середньо-декадний біологічний коефіцієнт випаровування	$k_{\phi(сд)}$															
транспірація за декаду, мм	$E_{д}$															
транспірація наростаючим підсумком, мм	ΣE															

Оскільки розрахунок транспірації виконуємо подекадно, складаємо допоміжну таблицю (табл. 11.2) для визначення

середньодадних значень ступеню покриття та біологічного коефіцієнта випаровування.

Таблиця 11.2. Розрахунок проміжних даних для визначення транспірації

Дати початку і кінця декади та настання фаз вегетації	Ступінь покриття, A_T	Біологічний коефіцієнт випаровування, k_{δ}	Тривалість періоду, дні	Середнє значення ступеню покриття за період, $A_{T(СП)}$	Середнє значення біологічного коефіцієнта випаровування за період, $k_{\delta(СП)}$	Середнє значення ступеню покриття за декаду, $A_{T(СД)}$	Середнє значення біологічного коефіцієнта випаровування за декаду, $k_{\delta(СД)}$

Розрахунок виконуємо у такій послідовності:

1. В табл. 11.2 заносимо дати початку і кінця кожної декади і настання фаз вегетації. На кожен з цих дат знаходимо значень ступеню покриття A_T та біологічного коефіцієнта випаровування k_{δ} , застосовуючи метод інтерполяції між відповідними значеннями для фаз вегетації.

2. Розбиваємо вегетаційний період датами початку і кінця декад та датами настання фаз на характерні періоди, а наступним кроком періоди групуємо у декади.

3. Для кожного періоду визначаємо середнє значення ступеню покриття $A_{T(СП)}$ та біологічного коефіцієнта випаровування $k_{\delta(СП)}$.

4. Для кожної декади визначаємо середнє за добу значення ступеню покриття $A_{T(СД)}$ та біологічного коефіцієнта випаровування $k_{\delta(СД)}$.

5. Результати розрахунків заносимо в табл. 11.2, а тоді в табл. 11.1.

6. Знаючи значення $A_{Г(СД)}$ та $k_{\delta(СД)}$ за формулою 11.1 для кожної декади розраховуємо величину транспірації $E_{д}$, а також сумуємо ці значення. Отримана сума є сумарною транспірацією з водної поверхні за вегетаційний період.

7. Сумарний дефіцит водоспоживання за вегетаційний період розраховуємо за формулою (мм):

$$D = \sum E + \sum E_{Г} - \sum P, \quad (11.2)$$

де D – дефіцит водоспоживання за вегетаційний період, мм;

$\sum E$ – транспірація за вегетаційний період (див. табл. 11.1), мм;

$\sum E_{Г}$ – випаровування з поверхні ґрунту за вегетаційний період (приймаємо рівним 10% від $\sum E$), мм;

$\sum P$ – сума опадів за вегетаційний період, мм (див. табл. 11.1).

Якщо значення D отримали з знаком (+), то сільськогосподарську культуру потрібно зрошувати, а якщо з знаком (-), то сільськогосподарська культура зрошення в умовах даного року не потребує.

Лабораторне заняття № 12.

Розрахунок балансу органічної речовини в ґрунті

Завдання. Засвоїти методику визначення балансу органічної речовини ґрунту. За індивідуальним завданням визначити оптимальний вміст гумусу в ґрунті та розрахувати потреби в органічних добривах під сівозміну.

Теоретична частина.

1. *Оптимальний вміст гумусу в ґрунті.* Величина оптимального вмісту органічної речовини у ґрунті залежить від бажаної окультуреності ґрунтів і тому коливається. З точки зору фізичних властивостей ґрунту, бажана величина вмісту гумусу може бути розрахована за формулою М. Вілаїна:

$$\frac{\%Гумусу}{\%Глин} \cdot 100 \geq 7. \quad (12.1)$$

Для компенсації низького вмісту мінеральної колоїдної фракції ґрунтів легкого гранулометричного складу високий вміст органічної речовини бажаний. Це означає, що для ґрунтів легкого і важкого гранулометричного складу високий вміст гумусу є позитивним явищем, хоч і з різних причин.

Органічна речовина ґрунту позитивно впливає як на фізичні властивості ґрунту завдяки покращанню міцності структури та сприяє його збереженню (наприклад, протидія ерозії) так і на агрохімічні показники завдяки постійному забезпеченню рослин поживними елементами.

Врахування мінералізації і гуміфікації дозволяє успішно управляти органічною речовиною ґрунту і, відповідно, утримувати ґрунт у оптимальних умовах.

2. *Розрахунок балансу гумусу в сівозміні.* Для контролювання змін вмісту гумусу і запобігання його зниженню до рівня погіршення властивостей ґрунтів, необхідно оволодіти методикою прогнозу процесів у трансформації органічної речовини ґрунту. Для оперативного вирішення цього завдання використовують розрахункові методи визначення балансу гумусу в ґрунті.

Баланс гумусу математично є різницею між статтями його надходження і витратами за однаковий проміжок часу. Розрізняють такі типи балансу гумусу в ґрунті:

- бездефіцитний – коли втрати гумусу поповнюються його новоутворенням;
- позитивний – новоутворення гумусу перевищують його втрати на мінералізацію;
- негативний (дефіцитний) – втрати гумусу перевищують його новоутворення.

При визначенні величини середнього балансу гумусу в ґрунті розрахунки необхідно проводити за формулою Г.Я. Чесняка:

$$B_c = \frac{\sum \Pi_1 + \sum \Pi_2}{t_p} - \frac{\sum p}{t_p} \quad (12.2)$$

де B_c – середньорічний баланс гумусу в ґрунті на 1 га за ротацію сівозміни, т/га;

P_1 – сума новоутвореного гумусу під культурами за ротацію сівозміни за рахунок рослинних решток, т/га;

P_2 – збільшення вмісту гумусу в ґрунті за ротацію сівозміни за рахунок органічних добрив, т/га;

p – сумарна кількість гумусу, який мінералізується під культурами за ротацію сівозміни, т/га;

t_p – тривалість ротації сівозміни, років.

Прибуткова частина гумусового балансу включає облік новоутворення гумусу з поживно–коренових решток рослин і органічних добрив, враховуючи коефіцієнти гуміфікації.

Кількість рослинних решток визначають за фактичним (або плановим) урожаєм продукції культур сівозміни. З табл. 12.1 беруть коефіцієнт виходу поживних і коренових решток для конкретних культур і множать на рівень урожаю головної продукції.

Таблиця 12.1. Коефіцієнти виходу поживних і коренових решток від урожаю основної продукції

Сільськогосподарська культура	Ґрунтово-кліматична зона		
	Полісся	Лісостеп	Степ
озимі зернові	1,50	1,10	1,30
ячмінь	1,10	0,90	1,00
овес	1,30	1,10	1,00
просо	1,10	1,00	1,00
кукурудза на зерно, соняшник	1,30	0,80	1,42
кукурудза на силос	0,18	0,16	0,21
горох, соя	0,90	0,80	0,85
цукрові буряки	0,08	0,04	0,03
картопля	0,14	0,06	0,05
льон	3,20	-	-
однорічні трави на силос	1,00	0,80	0,90
однорічні та багаторічні трави на силос	0,31	0,20	0,25

Наприклад, урожайність озимої пшениці на легкосуглинкових ґрунтах у зоні Полісся складає 4,0 т/га, коефіцієнт виходу рослинних решток 1,50. Кількість поживних і кореневих решток буде дорівнювати:

$$4,0 \cdot 1,50 = 6,0 \text{ т/га.}$$

Розрахунок кількості новоутвореного гумусу із рослинних решток проводять, використовуючи коефіцієнти їх гуміфікації (табл. 12.2). Тобто множать кількість рослинних решток на відповідний коефіцієнт. В нашому прикладі цей коефіцієнт дорівнює 0,23, таким чином скорегована кількість новоутвореного гумусу дорівнює $6,0 \cdot 0,23 = 1,38$ т/га.

Таблиця 12.2. Коефіцієнти гуміфікації рослинних решток і органічних добрив у орному шарі ґрунту

Сільськогосподарська культура	Ґрунтово-кліматична зона		
	Полісся	Лісостеп	Степ
озимі на зелений корм	0,15	0,14	0,13
озимі зернові	0,23	0,25	0,20
горох віка, соя	0,24	0,23	0,25
кукурудза на зерно	0,22	0,20	0,20
ячмінь, овес, просо, сорго, гречка	0,23	0,22	0,22
однорічні трави	0,24	0,25	0,22
люцерна, конюшина	0,23	0,25	0,25
кукурудза на силос	0,14	0,15	0,15
буряки цукрові та кормові	0,08	0,10	0,10
картопля, овочі, баштанні	0,13	0,08	0,10
льон	0,25	-	-
соняшник	-	-	0,14
солома на добриво	0,20	0,22	0,25
ґній підстилковий	0,042	0,054	0,059

Наступним етапом розрахунку є облік витратної частини гумусового балансу, який включає мінералізацію органічної речовини ґрунту в умовах прийнятої технології виробництва.

Кількість гумусу, яка мінералізується, визначають для кожної культури сівозміни, використовуючи показники середньорічної мінералізації (табл. 12.3).

Таблиця 12.3. Середньорічна мінералізація гумусу під сільськогосподарськими культурами, т/га

Сільськогосподарська культура	Грунтово-кліматична зона		
	Полісся	Лісостеп	Степ
чорний пар	-	1,50	2,00
озимі на зелений корм	1,14	1,00	1,24
озимі на зерно	0,90	0,70	1,35
цукрові буряки	1,70	1,50	1,59
кукурудза на зерно	1,40	1,10	1,56
кукурудза на силос	0,30	1,25	1,47
ячмінь	0,05	0,70	1,23
овес	0,27	0,82	1,20
просо	-	0,72	1,10
гречка	0,12	1,06	1,10
пшениця яра	-	-	1,10
овочі	1,34	1,20	1,60
льон	0,90	-	-
картопля	1,50	1,20	1,61
соняшник	-	1,00	1,39
однорічні трави, соя	0,80	0,80	1,10
багаторічні трави	0,55	0,30	0,60

Розміри мінералізації коригуються поправкою на гранулометричний склад ґрунту у співвідношенні з коефіцієнтами, наведеними в табл. 12.4.

Таблиця 12.4. Коефіцієнти мінералізації гумусу залежно від гранулометричного складу ґрунту

Група ґрунтів за гранулометричним складом	Коефіцієнт мінералізації
піщані	1,8
супіщані	1,4
легкосуглинкові	1,2
середньосуглинкові	1,0
важкосуглинкові, глинисті	0,8

Отже, середньорічна мінералізація гумусу під озимою пшеницею в Поліссі дорівнює 0,90 т/га. Оскільки ґрунти згідно завдання – легкосуглинкові, то поправочний коефіцієнт мінералізації залежно від гранулометричного складу становить 1,2. Таким чином, відкорегована кількість мінералізованого гумусу дорівнює $0,9 \cdot 1,2 = 1,08$ т/га.

Баланс гумусу *під однією культурою* розраховують шляхом знаходження різниці між прибутковою та витратною частинами. Отже, в нашому випадку він дорівнює $1,38 - 1,08 = 0,3$ т/га, тобто баланс гумусу – прибутковий.

Результати розрахунків балансу гумусу зручно подати у вигляді таблиці 12.5.

Таблиця 12.5. Розрахунок балансу гумусу під окремими культурами в сівозміні

№ поля	Сільськогосподарська культура	Урожайність, т/га	Прибуткова складова балансу				Витратна складова балансу			Баланс гумусу, т/га
			коефіцієнт виходу рослинних решток	кількість рослинних решток, т/га	коефіцієнт гуміфікації рослинних решток	кількість новоутвореного гумусу	кількість гумусу, що мінералізувався на полі, т/га	поправочний коефіцієнт мінералізації	скорегована кількість гумусу, що мінералізувався, т/га	
::										

Розрахунок балансу гумусу в ґрунті *по полях сівозміни та на 1 га сівозмінної площі* проводиться за формулою середньорічного балансу гумусу (формула 12.2).

3. *Визначення потреби в органічних добривах.* Потребу в органічних добривах встановлюють, виходячи з конкретних умов і завдання по досягненню урівноваженого або позитивного балансу гумусу.

Для підтримання бездефіцитного балансу гумусу, нормою можна розрахувати за формулою Т.Я. Чесняка:

$$H_m = H_1 + \frac{B_z}{K_z} \quad (12.3)$$

де H_m – мінімальна норма гною на 1 га сівозмінної площі, яка забезпечує бездефіцитний баланс гумусу, т;

H_1 – норма гною, яка використовується у сівозміні, т;

B_z – баланс гумусу в сівозміні;

K_z – кількість гумусу, що утворюється з 1 т гною: в умовах Полісся – 0,042, Лісостепу – 0,054, Степу – 0,059 т/га.

Практична частина. За вказаними в індивідуальному завданні даними визначити оптимальний вміст гумусу в ґрунті та розрахувати потреби в органічних добривах під запропоновану сівозміну. У дужках наведено врожайність основної продукції культур у тонах з гектара. Результати розрахунку звести у табл. 12.5.

Індивідуальні завдання

1. Зона Полісся, ґрунт дерново-підзолистий піщаний, фізичної глини 10%, гумусу 1,2%, сівозміна: 1 – соя (2,5 т/га), 2 – жито на зерно (1,2 т/га), 3 – овес на зерно (2,0 т/га).

2. Зона Лісостеп, ґрунт світло-сірий лісовий супіщаний, фізичної глини 15%, гумусу 1,5%, сівозміна: 1 – соя (3,2 т/га), 2 – пшениця озима (3,6 т/га), 3 – буряки цукрові (30 т/га).

3. Зона Степ, ґрунт чорнозем типовий легкосуглинковий, фізичної глини 28%, гумусу 3,3%, сівозміна: 1 – горох (1,9 т/га), 2 – пшениця озима (3,6 т/га), 3 – ячмінь ярий (2,1 т/га).

4. Зона Полісся, ґрунт сірий лісовий легкосуглинковий, фізичної глини 25%, гумусу 1,6%, сівозміна: 1 – горох (1,7 т/га), 2 – озима пшениця (3,0 т/га), 3 – кукурудза на силос (45 т/га).

5. Зона Лісостеп, ґрунт дерново-підзолистий важкосуглинковий, фізичної глини 45%, гумусу 1,1%, сівозміна: 1 – кукурудза на силос (40 т/га), 2 – пшениця озима (3,6 т/га), 3 – буряки цукрові (35 т/га).

6. Зона Степ, ґрунт чорнозем звичайний глинистий, фізичної глини 55%, гумусу 3,8%, сівозміна: 1 – соя (2,6 т/га), 2 – озима пшениця (3,5 т/га), 3 – кукурудза на зерно (2,8 т/га).

7. Зона Полісся, ґрунт темно-сірий лісовий супіщаний, фізичної глини 16%, гумусу 2,0%, сівозміна: 1 – люпин на зерно (2,3 т/га), 2 – жито озиме (1,6 т/га), 3 – картопля (17,4 т/га).

8. Зона Лісостеп, ґрунт сірий лісовий середньосуглинковий, фізичної глини 35%, гумусу 2,2%, сівозміна: 1 – горох (1,7 т/га), 2 – кукурудза на зерно (3,5 т/га), 3 – ярий ячмінь (2,0 т/га).

9. Зона Степ, ґрунт темно-каштановий супіщаний, фізичної глини 20%, гумусу 1,6%, сівозміна: 1 – чорний пар, 2 – пшениця озима (2,6 т/га), 3 – соняшник (2,2 т/га).

10. Зона Полісся, ґрунт сірий лісовий середньосуглинковий, фізичної глини 30%, гумусу 2,6%, сівозміна: 1 – однорічні трави (35 т/га), 2 – жито озиме на зерно (1,2 т/га), 3 – жито озиме на зелений корм (25 т/га).

11. Зона Лісостеп, ґрунт темно-сірий лісовий супіщаний, фізичної глини 57%, гумусу 0,8%, сівозміна: 1 – гречка, (1,5 т/га) 2 – пшениця озима (3,6 т/га), 3 – буряки цукрові (31 т/га).

12. Зона Степ, ґрунт чорнозем південний супіщаний, фізичної глини 18%, гумусу 2,8%, сівозміна: 1 – соя (3,4 т/га), 2 – пшениця озима (2,8 т/га), 3 – кукурудза на силос (35 т/га).

13. Зона Полісся, ґрунт світло-сірий лісовий легкосуглинковий, фізичної глини 52%, гумусу 3,1%, сівозміна: 1 – люпин на зерно (2,2 т/га), 2 – жито озиме на зерно (1,5 т/га), 3 – однорічні трави на зелений корм (20 т/га).

14. Зона Лісостеп, ґрунт сірий лісовий середньосуглинковий, фізичної глини 35%, гумусу 1,7%, сівозміна: 1 – горох (1,8 т/га), 2 – пшениця озима (2,2 т/га), 3 – кукурудза на зерно (3,3 т/га).

15. Зона Степ, ґрунт чорнозем опідзолений піщаний, фізичної глини 8%, гумусу 2,0%, сівозміна: 1 – соя (3,1 т/га), 2 – пшениця озима (2,4 т/га), 3 – кукурудза на зерно (3,2 т/га).

Лабораторне заняття № 13.

Розрахунок необхідної норми внесення добрив на запланований урожай

Завдання. Ознайомитися з методикою розрахунку необхідної дози діючої речовини на запланований урожай.

Теоретична частина. Основним засобом підвищення врожайності с/г культур та поліпшення якості рослинницької продукції є використання добрив. Проте висока ефективність досягається лише у випадку відповідності їх доз, строків та способів внесення, біологічним вимогам рослин, з урахуванням ступеня забезпечення поживними елементами ґрунтів.

До *органічних добрив* відносять: гній, торф, гноївку, пташиний послід, компости, сапропель, пудрет та зелені добрива. Вони містять основні елементи живлення рослин і велику кількість мікроорганізмів. На протязі 3 - 4 років і більше органічні добрива діють на урожай сільськогосподарських культур.

Зелене добриво – це сімба та прикочування з послідуноюю за оранкою рослин, головним чином бобових (буркуну, люпину та ін.), у період максимального накопичення поживних речовин у зеленій масі.

Компостування – використання органічних решток для їх перетворення у ході біологічного процесу мінералізації та гуміфікації органічної речовини, який відбувається в аеробних умовах під впливом життєдіяльності мікроорганізмів.

Сапропель – продукт відкладів прісних озер, ставків або повітряно-сухий мул.

Пудрет – осад стокових каналізаційних вод.

Бактеріальні добрива – препарати, що містять корисні ґрунтові бактерії: нітрагін, азотобактерин, фосфобактерин, які здатні засвоювати вільний азот повітря і збагачувати ним ґрунт.

Мінеральні добрива. До них відносять речовини мінерального походження, які вносять у ґрунт для забезпечення рослин елементами живлення, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту і отримання високих та сталих врожаїв сільськогосподарських культур.

Азотні добрива. Азот забезпечує ріст вегетативної маси рослин. Азотні добрива являють собою білий або жовтуватий кристалічний порошок, добре, розчинний у воді, що не поглинаються або слабо поглинаються ґрунтом. Тому азотні добрива легко вимиваються, що обмежує їх застосування цього добрива. Більшість з них високо гігроскопічні і потребують особливого зберігання. До азотних добрив відносять *аміачну, кальцієву селітру та сульфат амонію, хлористий амоній, карбамід (сечовина), аміачну воду, рідкий аміак, ціанамід кальцію.*

Фосфорні добрива. Фосфор є одним з найважливіших елементів живлення рослин, який входить до складу білків. Якщо азот у ґрунті може поповнюватися за рахунок фіксації його з повітря, то фосфати – тільки внесенням їх у ґрунт у вигляді добрив. Головним джерелом фосфору є фосфатити, апатити та залишки металургійної промисловості – томасшлаки. До фосфорних добрив відносять: суперфосфат простий, подвійний, фосфоритне борошно, преципітат, томасшлак, кісткове борошно. Фосфорна кислота простого та подвійного суперфосфату добре розчинна у воді і легко засвоюється рослинами. Суперфосфат добре діє на різних ґрунтах та на всі культури. Його можна застосовувати як основне і як рядкове добриво, а також як підживлення. Гранульований суперфосфат, як основне добриво не використовується, але його

використовують при сівбі разом з насінням. Фосфоритне борошно – це тонко розмолотий природний фосфорит, сполуки якого важко доступні рослинам. Це добриво застосовується на кислих підзолистих, торф'яних, сірих-лісових ґрунтах.

Калійні добрива. Калій знаходиться в молодих органах, які ростуть, клітинному соку рослин і сприяє швидкому накопиченню вуглеводів. Коренебульбоплодам та травам калій необхідний у великій кількості. При внесенні калійних добрив під зернові культури, останні набувають стійкість до вилягання, до низьких температур, а у льону та коноплі підвищується міцність волокна. До калійних добрив відносяться калійна сіль, хлористий калій, карналіт, сильвініт, каїніт, сірчаноокислий калій, пічна зола. Калій не застосовується на солонцях та солонцюватих ґрунтах, він погіршує їх властивості. Легко розчиняється в воді і при внесенні поглинається колоїдами ґрунту, тому він мало рухомий, однак на легких ґрунтах - легко вимивається. Хлористий калій вносять головним чином під зяблеву оранку і у пару задовго до висадження картоплі для зниження шкідливої дії хлору на рослину. Високий ефект отримують при сумісному внесенні калію, азоту та фосфору.

Складні добрива – туки, до складу яких входять декілька елементів живлення. Вони характеризуються високою концентрацією поживних речовин. Застосування таких добрив значно скорочує витрати господарств на їх транспортування, змішування, зберігання та внесення. Це: амонізований суперфосфат, амофос, діамофос, калійна селітра, нітрофоски і інші які містять мікроелементи.

Все більшого значення набуває застосування *мікродобрив* (бор, марганець, молібден, мідь), які необхідні рослинам у мінімальних дозах. У ґрунтах різних зон мікроелементи знаходяться у різних кількостях, що значно впливає на врожай сільськогосподарських культур.

Борні добрива. Підвищують врожай на 20-40%. Найбільш вимогливі до бору цукрові буряки, гречка, соняшник і бобові.

Марганцеві добрива. При нестачі цього мікроелементу на листках рослин утворюються плями від ураження їх плямистою жовтухою, а у зернових відбувається білоколосиця. Марганцеві добрива можна вносити у ґрунт разом з насінням або у суміші з добривами у дозі 7-10 кг/га. Застосування марганцю під культур має значне підвищення врожаю.

Мідні добрива. В якості добрив широко використовують мідний купорос який містить 26% міді і піритні огарки (0,3-1,3% води). У ґрунт вносять до 5-8 кг міді, хватає не менш як на 10 років. При цьому зернові, льон, картопля значно підвищують врожай та його якість.

Молібденові добрива. Молібден входить до складу ферментів рослин приймає участь у синтезі білків та амінокислот. Особливо велике значення молібден має для бобових культур, які накопичують велику кількість білка. Частіше молібден використовують для обробки насіння бобових культур та позакореневого підживлення. На 1 га посіву для обробки насіння використовують від 10 до 50 г солі, розчинної у воді.

Системою добрив називаються організаційно-господарські та агротехнічні заходи раціонального використання добрив. Система добрив передбачає накопичення та виробництво органічних добрив, організацію їх зберігання, оптимальний розподіл органічних та мінеральних добрив між культурами, техніку сумісного їх використання, визначення доз та форм добрив, строків та способів їх внесення та інші заходи. При складенні системи добрив для господарств необхідно враховувати місцеві організаційно-економічні та природні особливості. У господарстві при розробці систем добрив необхідно використовувати агротехнічні картографи, у яких вказується вміст елементів живлення на кожному полі. Особливо великого значення набуває система добрив у сівозміні, де можна продуктивніше використовувати поживні речовини ґрунту та добрива, з урахування особливостей культур. Бобові рослини (горох, соя, квасоля, нут, чина, кінські

боби) не потребують азоту, тому що бульбочкові бактерії, які живуть на їх корінні накопичують значну його кількість. Тому після бобових азот можна не вносити, або застосовувати у мінімальній кількості.

Практична частина. Дози добрив, які рекомендується вносити під культури, типи ґрунту, прийнято виражати в кілограмах діючої речовини на 1 га: азотних – азоту (N), фосфорних – фосфорного ангідриду (P_2O_5), калійних – оксиду калію (K_2O).

Кожний з видів мінеральних добрив (туки), що виробляються промисловістю, містить певну кількість діючої речовини виражену в %. Якщо відомо, яку кількість поживних речовин (N , P_2O_5 , K_2O) необхідно внести під ту чи іншу культуру і вміст діючої речовини в добривах, то норма внесення туків розраховується згідно формули:

$$H = \frac{100 \cdot n}{d}, \text{ кг/га}, \quad (13.1)$$

де H – норма мінеральних добрив, кг на 1 га;

n – норма діючої речовини, кг на 1 га;

d – вміст діючої речовини в даному добриві, % (табл. 13.1).

Користуючись цією формулою можна зробити і зворотні розрахунки – встановити, скільки внесеної діючої речовини з певною кількістю туків:

$$n = \frac{H \cdot d}{100} \quad (13.2)$$

Внесені в ґрунт добрива повинні поповнювати різницю між виносом поживних речовин з врожаєм (табл. 13.2) і вмістом їх в ґрунті.

Таблиця 13.1

Вміст елементів живлення в добривах

Назва добрива	Діюча речовина, %			Назва добрива	Діюча речовина, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
добрива							
органічні				фосфорні			
гній	0,5	0,2	0,6	преципітат СаНРО ₄		27–35	
торф низинний	0,9	0,1	0,6	фосфоритне борошно Са ₂ (РО ₄)		14–23	
мінеральні				калійні			
азотні				хлористий калій КСІ			56–60
аміачна селітра NH ₄ NO ₃	34–35			калійна сіль КСІ-NaCl			30–40
сульфат амонію (NH ₄) ₂ SO ₄	20–21			сірчанокислний калій К ₂ SO ₄			45–52
сечовина СО(NH ₂) ₂	46			складні мінеральні			
аміачна вода	16–20			амофос NH ₄ H ₂ PO ₄	11	40–60	
фосфорні				амонізований суперфосфат	2–3	14	
суперфосфат Са(Н ₂ РО ₄) ₂		14–20		нітроамофоска	17,5	17,5	17,5
суперфосфат подвійний Са(Н ₂ РО ₄) ₂		45–50		нітрофоска	17	18	17

Рослини використовують не всі поживні речовини, що вносяться в ґрунт з добривами і містяться в ґрунті. Тому в розрахунок вводяться коефіцієнти використання поживних речовин ґрунту і добрив (табл. 13.3).

Таблиця 13.2

**Споживання поживних речовин (кг) загальною масою
врожаю на 1 т товарної продукції**

Сільсько-господарська культура	Вид продукції	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сільсько-господарська культура	Вид продукції	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
озимі зернові	зерно	38	13	25	цукровий буряк	коренеплоди	6	2	7
ярі зернові	-	32	10	28	бруква	-	3	1	4
зернові бобові	-	66	18	28	кормовий буряк	-	6,5	1,5	8,5
кукурудза	зелена маса	4	1,5	4	морква	-	2,5	1,5	4
картопля	бульби	5	1,5	7	конюшина	сіно	58	44	33

Таблиця 13.3

**Коефіцієнти використання поживних речовин з добрив
(в рік внесення) і ґрунту**

Джерело поживних речовин	Коефіцієнт використання, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
гній і компости	25–35	30–50	50–75
мінеральні добрива	50–70	15–25	50–70
ґрунт	10–20	5–10	10–12

Практична частина. Приклад розрахунку: визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 300 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 40 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

1. Винос поживних речовин з ґрунту запланованим врожаем з 1 га розраховують, виходячи з споживання їх одиницею продукції і обсягу запланованого врожаю:

$$A = d \cdot e, \quad (13.3)$$

де A – загальна кількість поживних речовин, необхідна для відтворення запланованого врожаю, кг на 1 га;

d – винос поживних речовин одиницею врожаю, кг на 1 т (табл. 13.2);

e – запланований врожай, т з 1 га.

В нашому прикладі загальна кількість поживних речовин, необхідна для відтворення запланованого врожаю, складе: $N = 5 \cdot 30 = 150$ кг; $P_2O_5 = 1,5 \cdot 30 = 45$ кг; $K_2O = 7 \cdot 30 = 210$ кг.

2. Кількість поживних речовин, яку рослини зможуть засвоїти з ґрунту, розраховують, виходячи з вмісту їх в ґрунті і коефіцієнту використання:

$$A_{Гр} = 0,3 \cdot d_{Гр} \cdot C_{Гр}, \quad (13.4)$$

де $A_{Гр}$ – кількість поживних речовин, яку рослини отримують з ґрунту для формування врожаю, кг;

$d_{Гр}$ – вміст поживних речовин в ґрунті в доступній формі, мг на 100 г продукту;

$C_{Гр}$ – коефіцієнт використання рослинами поживних речовин з ґрунту, % (табл. 13.3).

Для нашого прикладу $N = 0,3 \cdot 5 \cdot 20 = 30$ кг; $P_2O_5 = 0,3 \cdot 7 \cdot 5 = 10,5$ кг; $K_2O = 0,3 \cdot 5 \cdot 10 = 15$ кг.

3. Кількість поживних речовин, які рослини засвоять з гною, розраховують, виходячи з норми вмісту поживних речовин в ньому і коефіцієнту використання в перший рік внесення:

$$A_{Гн} = 0,1 \cdot H_{Гн} \cdot d_{Гн} \cdot C_{Гн}, \quad (13.5)$$

де $A_{Гн}$ – кількість поживних речовин, яку рослини отримують з гною, кг;

$H_{Гн}$ – норма внесення гною, т на 1 га;

$d_{Гн}$ – вміст поживних речовин в гною, % (табл. 13.1);

$C_{Гн}$ – коефіцієнт використання рослинами поживних речовин в рік внесення, % (табл. 13.3).

В нашому прикладі $N = 0,1 \cdot 40 \cdot 0,5 \cdot 35 = 70$ кг; $P_2O_5 = 0,1 \cdot 40 \cdot 0,2 \cdot 30 = 24$ кг; $K_2O = 0,1 \cdot 40 \cdot 0,6 \cdot 50 = 120$ кг.

4. Невистачаючу кількість поживних речовин рослини засвоять з мінеральних добрив, дозу яких розраховують за різницею між виносом їх з врожаєм і забезпеченістю за рахунок ґрунту і гною:

$$n_m = A - A_{Гр} - A_{Гн}, \quad (13.6)$$

де n_m – доза діючої речовини, яку рослини засвоять з мінеральних добрив, кг; A – потреба поживних речовин для відтворення запланованого врожаю, кг (формула 13.3);

$A_{Гр}$ – кількість поживних речовин, яку рослини отримують з ґрунту, кг (формула 13.4);

$A_{Гн}$ – кількість поживних речовин, яку рослини отримують з гною, кг (формула 13.5).

Для нашого прикладу неvistачаюча кількість елементів живлення складе: $N=150-30-70=50$ кг; $P_2O_5=45-10,5-24=10,5$ кг; $K_2O=210-15-120=75$ кг.

5. В зв'язку з тим, що рослини використовують поживні речовини, що вносяться з мінеральними добривами не повністю, то рахунок їх кількості, вносимої в ґрунт, слід вести з урахуванням коефіцієнту використання:

$$n = \frac{n_m \cdot 100}{C_m}, \quad (13.7)$$

де n – доза діючої речовини, вносимої з мінеральними добривами, кг;

n_m – доза діючої речовини, яку рослини засвоять з мінеральних добрив, кг (формула 13.6);

C_m – коефіцієнт використання поживних речовин з мінеральних добрив (табл. 13.3).

Для нашого прикладу:

$$N = \frac{50 \cdot 100}{50} = 100 \text{ кг}; \quad P_2O_5 = \frac{10,5 \cdot 100}{15} = 70 \text{ кг};$$

$$K_2O = \frac{75 \cdot 100}{50} = 150 \text{ кг}.$$

6. Норму вносимих туків розраховують (формула 13.1), виходячи з вмісту діючої речовини в них (табл. 13.1):

$$N = \frac{100 \cdot 100}{34} = 294 \text{ кг/га } NH_4NO_3; \quad P_2O_5 = \frac{70 \cdot 100}{20} = 350 \text{ кг/га}$$

$$Ca(H_2PO_4)_2; \quad K_2O = \frac{150 \cdot 100}{45} = 333 \text{ кг/га } Ca_2SO_4.$$

За вказаними в індивідуальному завданні даними та методикою розрахунку наведеною у прикладі визначити дозу мінеральних добрив необхідних для отримання заданого врожаю картоплі з 1 га.

Індивідуальні завдання

1. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 290 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 38 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

2. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 280 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 35 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

3. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 310 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 42 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

4. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 320 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 45 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

5. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 295 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 37 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

6. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 290 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 38 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 4 мг, фосфору – 7 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

7. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 280 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 35 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 6 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

8. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 310 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 42 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 7 мг, калію – 4 мг на 100 г ґрунту.

9. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 320 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 45 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 6 мг, фосфору – 7 мг, калію – 4 мг на 100 г ґрунту.

10. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 295 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 37 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 6 мг, фосфору – 6 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

11. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 290 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 38 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 4 мг, фосфору – 8 мг, калію – 4 мг на 100 г ґрунту.

12. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 280 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 35 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 5 мг, фосфору – 6 мг, калію – 6 мг на 100 г ґрунту.

13. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 310 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 42 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 6 мг, фосфору – 7 мг, калію – 6 мг на 100 г ґрунту.

14. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 320 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 45 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 6 мг, фосфору – 8 мг, калію – 6 мг на 100 г ґрунту.

15. Визначити дозу мінеральних добрив для отримання врожаю картоплі 295 ц з 1 га, якщо крім мінеральних добрив вноситься гній у нормі 37 т на 1 га. Вміст поживних речовин в ґрунті: азоту – 4 мг, фосфору – 6 мг, калію – 5 мг на 100 г ґрунту.

Лабораторне заняття № 14.
Визначення дійсно можливого врожаю
сільськогосподарських культур з урахуванням
агрокліматичного потенціалу території

Завдання. Навчитись визначати потенційно можливий врожай за приходом ФАР по окремій зоні (з урахуванням агрокліматичного потенціалу території).

Теоретична частина. Понад 90-95% сухої біомаси рослин становлять органічні речовини, що утворюються в процесі фотосинтезу. Тому основний шлях підвищення врожайності – підвищення фотосинтетичної продуктивності рослин, а також коефіцієнтів використання ФАР.

Потенційний урожай – це найбільш можливий врожай, що визначається біологічними властивостями культури і який можна одержати за ідеальних ґрунтово-кліматичних умов. Тобто розмір цього врожаю залежить від величини використання ФАР.

Сумарний прихід ФАР за вегетаційний період, що обумовлює рівень потенційно можливої врожайності, визначається географічною широтою місцевості. Конкретна величина загальної ФАР, яка використовується при розрахунку рівнів урожаю, визначається за даними про пряму й розсіяну сонячну радіацію за формулою:

$$Q = 0,42 \cdot S' + 0,60 \cdot D', \quad (14.1)$$

де Q – прихід ФАР, ккал/ га;

S' – сума прямої сонячної радіації, ккал/га;

D' – прихід розсіяної сонячної радіації, ккал/га.

Дані про пряму й розсіяну сонячну радіацію приводяться в агрокліматичних довідниках, найбільш точні ФАР по конкретному району можуть бути розраховані по даним метеорологічної станції або агрометеорологічного поста.

Потенційна врожайність біологічної маси (ПУ, т/га) може бути розрахована за формулою:

$$ПУ = \frac{Q_{фар} \cdot K_{фар}}{100 \cdot g}, \quad (14.2)$$

де ПУ – потенційна врожайність сухої речовини, т/га;

$Q_{фар}$ – прихід ФАР за період вегетації рослин, кДж/га (табл. 14.1);

$K_{фар}$ – коефіцієнт використання ФАР, %;

g – калорійність одиниці врожаю органічної сухої речовини, кДж/т (табл. 14.2).

Таблиця 14.1. Середньомісячні та річні значення ФАР, кДж/см²

Зона, область	Місяці								За рік	За період з темп. вище,	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	10° С		5° С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Степ</i>	23,88	32,68	34,35	35,61	31,58	22,62	14,24	237,57	167,60	192,75	
Луганська	22,62	30,58	34,35	34,35	29,74	21,36	12,57	228,77	153,03	192,75	
Дніпропетровська	23,04	31,84	33,93	34,77	30,16	21,78	13,40	230,86	159,86	188,55	
Донецька	23,46	31,84	33,52	35,19	30,16	21,36	13,40	234,28	159,22	184,56	
Запорізька	23,88	32,26	34,35	36,03	30,58	22,62	14,24	237,15	167,60	192,74	
Кіровоградська	22,62	31,42	33,10	33,93	28,49	21,36	12,98	225,00	159,22	180,17	
АР Крим	25,97	34,35	36,45	37,29	32,68	24,72	16,34	258,10	188,55	217,88	
Миколаївська	23,46	32,26	33,52	36,45	30,16	22,66	14,24	235,47	167,60	192,74	
Одеська	24,30	33,52	34,35	35,61	31,00	23,46	14,66	246,37	171,79	196,93	
Херсонська	24,30	33,93	35,19	39,45	31,48	24,30	15,08	246,37	175,98	205,31	
<i>Лісостеп</i>	22,20	30,16	32,26	32,26	28,91	20,11	11,73	217,88	146,65	171,70	
Вінницька	22,62	31,00	33,10	33,10	36,87	20,53	12,57	223,32	150,84	173,98	
Київська	22,20	30,16	32,26	32,26	27,23	19,27	11,31	212,43	146,65	171,79	
Полтавська	22,20	30,58	31,84	33,52	28,07	20,11	11,31	216,62	150,84	171,79	
Сумська	21,36	29,33	30,58	31,42	26,81	18,85	10,47	205,75	138,27	159,22	

Продовження таблиці 14.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тернопільська	22,20	29,93	31,84	32,26	27,93	20,11	12,15	216,20	146,65	171,79
Харківська	22,20	31,00	33,10	33,52	28,91	20,53	11,75	221,84	150,84	171,79
Хмельницька	22,20	30,16	32,26	32,68	27,23	20,11	12,15	217,04	146,25	167,60
Черкаська	22,62	31,42	33,00	33,52	28,91	20,95	12,15	223,32	150,84	175,98
Чернівецька	21,36	28,49	30,58	31,84	27,23	20,11	12,57	218,29	146,65	167,60
Полісся	21,36	28,91	31,00	31,24	26,81	18,85	11,73	209,50	142,46	167,60
Волинська	21,36	28,91	31,84	30,16	25,97	18,43	10,89	204,89	142,46	167,60
Житомирська	20,95	29,33	31,80	31,42	26,81	18,43	10,89	206,58	142,46	163,41
Закарпатська	20,95	29,33	31,00	32,28	28,07	20,11	12,98	218,71	159,22	180,17
Івано-Франківська	20,95	28,07	28,91	30,58	26,39	18,85	12,98	210,33	134,08	159,20
Львівська	21,78	28,91	31,42	31,42	27,23	19,27	13,15	213,27	142,46	163,41
Рівненська	21,36	29,33	31,84	31,42	26,39	18,43	11,31	208,24	142,46	167,60
Чернігівська	21,36	24,33	21,00	31,42	26,87	18,43	10,05	205,31	138,22	163,11

Для переводу одиниць енергії (калорій в джоулі і навпаки) користуються наступними коефіцієнтами: 1 кал \approx 4,19 Дж; 1 Дж \approx 0,24 кал.

Для переходу від урожаю абсолютної-сухої біомаси до величини врожаю зерна та іншої продукції при стандартній вологості користуються формулою:

$$ПУ_{cm} = \frac{100 \cdot ПУ \cdot K_m}{(100 - W)}, \quad (14.3)$$

де $ПУ_{cm}$ – урожай зерна або іншої сільськогосподарської продукції при стандартній вологості, т/га;

K_m – коефіцієнт господарської ефективності врожаю, що показує частку його корисної частини в загальній біомасі (табл. 14.2);

W – стандартна вологість основної продукції, % (табл. 14.2).

Слід зазначити, що в цьому випадку врожайність є господарською. Для визначення біологічної врожайності необхідно врахувати не тільки надземну масу, але й кореневу систему культури, на формування якої була витрачена сонячна енергія.

Практична частина. Приклад розрахунку ПУ за приходом ФАР. Визначити потенційну врожайність ячменю ярого в умовах Сумської області, якщо сходи були 2 травня, а визрівання культури

тривало до 28 липня. Вегетаційний період культури складає 29 днів травня, 30 днів червня та 28 днів липня.

За табл. 14.1 розрахуємо прихід ФАР: за травень: $(29,33 \div 31) \times 29 = 27,44$ кДж/см²; за червень: 30,58 кДж/см²; за липень: $(31,42 \div 31) \times 28 = 28,38$ кДж/см².

Таблиця 14.2. Калорійність абсолютно сухої біомаси (g) сільськогосподарської продукції, співвідношення основної продукції (O) до побічної (П), коефіцієнт господарської ефективності врожаю (K_m), стандартна вологість основної продукції (W), % (* – показник не обмежується стандартом, середній вміст вологи)

Сільськогосподарська культура	Продукція	Калорійність, g, кДж·10 ⁶ /г	Співвідношення O:П	K _m	Стандартна вологість (W), %
озима пшениця	зерно	18,63	1:1,5	0,40	14
озиме жито	зерно	18,83	1:1,4	0,42	14
яра пшениця	зерно	19,25	1:1,3	0,43	14
ячмінь	зерно	18,51	1:1,1	0,48	14
овес	зерно	18,42	1:1,5	0,40	14
кукурудза	зерно	17,17	1:1,7	0,37	14
кукурудза	силос	16,33	-	1,00	70
соняшник	зерно	18,68	1:4,0	0,20	8
горох	зерно	19,72	1:1,5	0,40	16
гречка	зерно	19,26	1:1,8	0,36	14
буряк цукровий	корнеплоди	17,71	1:0,6	0,63	80
буряк кормовий	корнеплоди	16,12	1:0,5	0,67	85
картопля	бульби	18,00	1:0,9	0,53	80
багаторічні трави	сіно	18,84	-	1,00	16
капуста білокачанна	товарна продукція	12,45	-	1,00	90*
плоди та ягоди	товарна продукція	21,20	-	1,00	90*

Отже, в цілому за вегетаційний період прихід ФАР складає 86,4 кДж/см², або 86,4×10⁸ кДж/га.

При коефіцієнті її використання посівом, рівним 4% потенційний врожай абсолютно-сухої біомаси дорівнює:

$$ПУ = \frac{86,40 \cdot 10^8 \cdot 4}{100 \cdot 18,51 \cdot 10^6} = 18,7 \text{ т / га}$$

Підставимо у формулу 14.3 всі наявні показники, одержимо, що при 4% використанні посівами ячменю ярого ФАР в умовах цієї зони можна одержати 10,4 т/га зерна при стандартній вологості 14%:

$$ПУ_{cm} = \frac{100 \cdot 18,7 \cdot 0,48}{(100 - 14)} = 10,4 \text{ т/га}$$

Отже, результати розрахунків показали, що в умовах Сумської області потенційна врожайність зерна ячменю ярого стандартної вологості визначається приходом ФАР за вегетаційний період у кількості $86,4 \times 10^8$ кДж/га і при коефіцієнті його використання 4% дорівнює 10,4 т/га.

Практична частина. Розрахувати потенційну врожайність культури за приходом ФАР при 5%-му його засвоєнні посівами (заповнити табл. 14.3). Зону вирощування та тривалість вегетаційного періоду обґрунтувати самостійно.

Таблиця 14.3. Урожай польових культур при 5% засвоєнні ФАР посівами

№ індивідуального завдання	Сільсько-господарська культура	Прихід ФАР, кДж·10 ⁸ /га	Кількість енергії, акумульованої урожаєм, кДж·10 ⁸ /га	Потенційний урожай, т/га	
				абсолютно сухої біомаси	основної продукції при стандартній вологості
1	2	3	4	5	6
1	озима пшениця				
2	озиме жито				
3	яра пшениця				
4	ячмінь				
5	овес				
6	кукурудза (зерно)				
7	кукурудза (силос)				
8	соляшник				
9	горох				

Продовження таблиці 14.3

1	2	3	4	5	6
10	гречка				
11	бурак цукровий				
12	бурак кормовий				
13	картопля				
14	багаторічні трави				
15	капуста				

3. Самостійна робота

Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми
1.	Ознайомлення з нормативними та законодавчими документами України, що регулюють процеси природокористування
2.	Ознайомлення з нормативними та законодавчими документами Європейського Союзу, що регулюють процеси природокористування
3.	Сучасний стан меліорації земель в Україні
4.	Основні напрями і тенденції розвитку техніки й машин для зрошення
5.	Техніка для основного обробітку ґрунту
6.	Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур
7.	Ґрунтозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур
8.	Екологічно чисті технології вирощування сільськогосподарських культур
9.	Адаптивні та адаптовані технології вирощування сільськогосподарських культур

5. Рекомендована література

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільськ, 2011. 107 с.
2. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
3. Гудзь В.П., Лісовал А.П., Андрієнко В.О. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії. Підручник / за ред. В.П. Гудзя. К.: Вища школа, 1995. 310 с.
4. Машини для обробітку ґрунту та сівби / за ред. В.І. Кравчук, Ю.Ф. Мельник. МінАПК України, Дослідницьке, 2009. 288 с.
5. Основи наукових досліджень : навч. посібник / за ред. А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 172 с.
6. Раціональні сівозміни в сучасному землеробстві / за ред. І.П. Примака. Біла Церква, 2003. 384 с.
7. Рокочинський А.М., Сапсай Г.І., Муранов В.Г. та ін. Основи гідромеліорацій : навч. посіб. / за ред. проф. А.М. Рокочинського. Рівне: НУВГП, 2014. 255 с.