

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до навчальної практики з дисципліни
“ Сільськогосподарська метеорологія”
для студентів 4-го курсу

Напрямок – "Гідрометеорологія"

ПДВ ГМ7

Одеса –2014

Збірник методичних вказівок до навчальної практики з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» для студентів IV курсу гідрометеорологічного інституту з напрямку – "Гідрометеорологія", ПДВ – ГМ7, 8 семестр, рівень підготовки - бакалавр //Укладачі: д.геогр.н., професор Польовий А. М., к.геогр.н. Костюкевич Т.К. Одеса, ОДЕКУ, 2014 р., 40 с., укр. мовою.

Передмова

Сільськогосподарська метеорологія - наука, що вивчає метеорологічні, кліматичні та гідрологічні умови в їх взаємодії з об'єктами і процесами сільськогосподарського виробництва. За своїми властивостями об'єкти сільського господарства та процеси сільськогосподарського виробництва дуже різноманітні і мінливі в просторі та часі.

Метою навчальної практики з означеної дисципліни є закріплення знань, отриманих у навчальному процесі та вивчення методів розрахунку основних агрометеорологічних показників умов тепло- та вологозабезпечення сільськогосподарських культур.

Після проходження навчальної практики студенти повинні **знати:**

- закономірності впливу основних агрометеорологічних факторів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур;
- особливості визначення життєдіяльності сільськогосподарських культур в зимовий період;
- вимоги сільськогосподарських культур до умов середовища у різні фази розвитку;
- агрометеорологічні умови та найважливіші процеси у життєдіяльності рослин;
- методи оцінки часової мінливості врожайності сільськогосподарських культур.

Вміти:

- проводити спостереження за життєдіяльністю сільськогосподарських культур в зимовий період;
- проводити розрахунки кількісної оцінки впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування врожаю;
- користуватися довідковою літературою та проводити узагальнення та аналіз одержаних результатів.

В процесі проходження навчальної практики студенти оформляють звіт в якому окремими розділами наводяться теоретичні положення та розрахунки методик оцінки впливу агрометеорологічних умов на ріст та розвиток сільськогосподарських культур. Практика вважається зарахованою якщо студент не пропустив без поважної причини ні одного дня практики, оформив звіт та успішно його захистив.

В цілому на навчальну практику з дисципліни “Сільськогосподарська метеорологія ” відведено 100 балів.

I. Теоретична частина

1.1 Визначення життєдіяльності сільськогосподарських культур в зимовий період

1.1.1 Спостереження за станом озимих культур і багаторічних трав в зимовий період

Зима - один з найбільш небезпечних періодів для озимих культур. У період зимівлі і на початку весни посіви можуть бути пошкоджені або зрідженні, залежно від метеорологічних умов.

За несприятливих погодних умов краще зберігаються здорові, добре розвинені, але не переросли рослини. Слабкі або хворі рослини гинуть в першу чергу. Причини, що викликають пошкодження і загибель рослин в зимовий час, наступні.

Вимерзання - пошкодження рослин морозами при відсутності або невеликій висоті снігового покриву. Спочатку вимерзають кінцівки листя, потім весь лист і, нарешті, вузол кущання. Зовні вимерзлі рослини залишаються зеленими, після відтанення листя стають ніби варені, після висихання жовтіють. При частковому пошкодженні морозом вузла кущання після підвищення температури спостерігається явище помилкового відростання, з'являється свіжа зелень, але незабаром рослини никнуть і гинуть.

Випрівання - ослаблення рослин, що зимують у талому або слабо промерзлого ґрунті під високим сніговим покривом при тривалому його заляганні. Випрівання супроводжується зазвичай сніговою пліснявою або іншими грибними захворюваннями. Зовнішній вигляд випрівших рослин бурий з загниваючим листям. При сніговій плісняві на листках з'являється наліт сірого або білого кольору; при великому розповсюдженні цвілі на листках з'являються рожеві подушечки.

Вимокання - пошкодження рослин від застою води. Вимокання посівів спостерігається найчастіше в низинах на важких глинистих ґрунтах. При вимокання рослини жовтіють, загнивають і буріють, як при випріванні.

Випирання посівів - при неодноразової зміни відлиг морозами в ґрунті утворюється крижаний прошарок, який піднімає ґрунт разом з рослинами, виносить вузол кущання до поверхні ґрунту і іноді розриває коріння. Рослини лежать на землі і гинуть від вимерзання і висихання.

Пошкодження крижаною кіркою. Розрізняють три види крижаної кірки: 1) притерта до землі крижана кірка - найбільш небезпечна, тому що

вона підсилює вимерзання і випирання озимих посівів, особливо коли сніговий покрив невеликий або відсутній. Загиблі під крижаною кіркою рослини навесні мають сіро-жовтий колір; 2) всяча льодяна кірка місцями відділена від землі пустотами, заповненими повітрям. Вона зазвичай викликає випрівання рослин; 3) крижана кірка у вигляді прошарку в снігу.

Проби для відрощування озимих культур та багаторічних трав беруть на виділених восени майданчиках. У кожен термін вирубують чотири проби - по одному моноліту в чотирьох частинах ділянки. На місці, вибраному для взяття проб (монолітів), перш за все переносною рейкою визначається висота снігового покриву, а при наявності притертої крижаної корки вимірюється її товщина в міліметрах. З майданчика, призначеного для взяття монолітів ґрунту з рослинами, обережно розчищається сніг (лопаткою, потім віником). Відзначається візуально стан верхнього шару ґрунту (мерзла, тала), особливості розташування майданчика (схил, рівне місце, піднесена частина поля, низина).

Проби ґрунту з рослинами вирубуються монолітом, мають розміри 30х30 см при глибині 15-20 см. Вирубувати (сокирою або ломом) слід цілий пласт ґрунту і таким чином, щоб в нього потрапили рослини двох суміжних рядків (заднього та переднього сошника сівалки). У разі розлому моноліту під час його взяття рослини по лінії розлому слід видалити.

Для полегшення вирубування монолітів ґрунту з рослинами та для попередження їх розлому при взятті моноліт доцільно підготувати восени (спосіб запропонований М. В. Шохін). На обрані восени майданчики накладають рамки розміром 30х30 см (робляться з вузьких дощочок). Необхідно стежити, щоб в рамки потрапили рослини двох суміжних рядків сівалки. Після цього беруть щиток-лопатку (робиться з фанери або заліза розміром 30-40 см, до верхнього кінця прикріплюють з обох боків дощечки, які утворюють рукоятку) та, притуливши його до однієї із сторін рамки, натискають на рукоятку, одночасно сильно похитуючись з боку на бік уздовж щілини у ґрунті, тим самим занурюючи щиток-лопатку в ґрунт на глибину 15-20 см. Потім щиток виймають з ґрунту, також похитуючись його уздовж щілини, інакше ґрунт буде прилипати і вивертатися з щитком.

Другою операцією є накладання зігнутої вдвічі газети або іншого паперу знизу на щиток-лопатку та втискування її шляхом рівномірного занурення щитка в приготовлену щілину. Коли папір вдавнено на потрібну глибину, щиток виймають, папір залишається в щілині.

Щоб папір не розірвалася, щиток з накладеним папером слід занурювати плавно, без ривків та ні в якому разі не хитати з боку в бік уздовж поздовжньої щілини. Таким чином, послідовно вдавлюються в щілини листки паперу по всіх чотирьох сторонах кожної проби. У кожному щілину слід втиснути папір товщиною в два шари або більше. Щоб підготовлені таким чином моноліти можна було знайти взимку, біля них слід поставити віхи.

Після вирубки моноліт негайно ж поміщають в заздалегідь підготовлений ґрунтовий дерев'яний ящик розміром 30x30x20 см. Ящик з пробою негайно вкривається для того, щоб уникнути пошкоджень рослин при перевезенні.

Перевезенні з поля ящики з монолітами слід помістити до 1-2 дня в напівсвітле та прохолодне приміщення для поступового відтавання, а потім перенести в світле та тепле приміщення з температурою вище 15°C.

Після відтавання ґрунту в монолітах відзначається фаза розвитку рослин та їх зовнішній вигляд (побурілі, зелені та ін.). Ящики з монолітами ставлять близько до вікон (так як при недостатньому нічному освітленні створюються несприятливі умови для відростання) та за потребою поливають ґрунт, не допускаючи перезволоження. Вода для поливу повинна бути кімнатної температури.

Якщо проба, взята з ділянок, була без сходів, то після відтавання ґрунту її просівають через дрібне решето, вибирають насіння, які потім пророщують звичайним способом (як при визначенні схожості).

На 15-й день після взяття проб проводиться оцінка зовнішнього виду рослин та облік результатів відрощування. Для цієї мети всі без винятку рослини обережно вибирають з моноліту і коріння промивають у воді. Якщо рослини дрібні, то проби перед промиванням викладають на папір (або яку-небудь іншу підстилку) та перебирають, щоб виявити в грудках ґрунту дрібні, слабо розвинені рослини.

Після промивання підраховується загальна кількість кущів (рослин), потім вони сортуються на дві групи: кущі живі, що відросли, та кущі загиблі, які не відросли. Живими слід вважати кущі з новими листочками, а у рослин, що знаходяться у фазі кушіння, - й з новими коріннями (нові корені мають білий колір, легко рвуться). Крайні кущі, пошкоджені при взятті монолітів ще на полі, в підрахунок не включаються.

Для визначення життєздатності озимих культур та багаторічних трав може застосовуватися також *прискорений спосіб відрощування проб у воді*. Для цього проби ґрунту з рослинами вирубаються не цілим монолітом, а окремими кущами з двох суміжних рядків рослин (кожен по 0,5 м). Ґрунт підрубують з однієї й іншої сторони ряду на глибину 8-10 см. Шматки ґрунту з рослинами виймають по частинах так, щоб більша частина кущів, особливо їх вузли кушіння, зберігалася непошкодженою.

Вирубані рослини відразу ж поміщають в ящик (кошик) та зверху закривають мішками, соломною або сіном. Якщо в цей час спостерігається температура нижче -10°C, то солома кладеться також і на дно ящика.

Доставлені з поля ящики з пробами вносять для відтавання в тепле приміщення. Після відтавання ґрунту рослини кожної проби обережно відокремлюють від землі та промивають водою кімнатної температури, потім у них обрізають коріння так, щоб від вузла кушіння до місця зрізу

залишалося 3-4 см. Зрізують також і відмерлі частини листя. Коріння слід підрізати тільки у рослин, що вступили у фазу кущіння.

Підрізані рослини поміщають в тарілки (блюдця), наполовину заповнені водою. Коріння та нижня частина вузлів кущіння при цьому повинні бути занурені у воду. Воду необхідно міняти через 1-2 дні.

При відрощуванні рослину не можна поміщати в металевий посуд, слід користуватися тільки емальованою або скляною. При цьому для оберігання рослин від вимокання рекомендується застосовувати додаткове пристосування у вигляді сітки (решітки) з отворами для розміщення рослин (виготовлені з кераміки або пластмаси) або користуватися тарілками, глибина яких не дозволяє глибоко занурювати нижню частину рослин.

Проби повинні знаходитися в приміщенні з температурою вище 15°C у світлому місці. Ознаки відростання рослин, що зберегли життєздатність, стають помітними з перших же днів після внесення проб в тепле приміщення. На 7-й день після взяття проб можна здійснювати облік результатів відрощування. У сумнівних випадках остаточний облік проводиться на 15-й день відрощування.

Відрощування конюшини та люцерни за способом відрощування проб у воді проводиться таким чином: на кожній площадці вирубають по п'ять кущів з корінням завдовжки 5-6 см. Вирубані проби слід укласти в ящик (кошик) та укрити.

Після відтавання ґрунту рослини відокремлюють від землі, промивають та біля обриву кореня косо підрізають. Потім проби поміщають в глибокі тарілки з водою так, щоб вода покривала коріння на 3/4 їх довжини. Тарілки з рослинами ставлять в світлому місці теплого приміщення. Вода за потребою доливається. Рослини слід вважати живими, якщо через 7 днів буде помітно подовження бруньок та листочки, що збереглися, відновлять тургор. У загиблих рослин корені після відтавання не мають пружності, при стисненні мнуться, виділяючи воду. У сумнівних випадках підрахунок загиблих рослин проводиться на 15-й день.

Результати визначення життєздатності озимих культур та багаторічних трав в зимовий період записують в книжку КСХ-2. Кількість загиблих рослин підраховується по кожній пробі (моноліту) окремо (у відсотках від загального числа). Середня кількість загиблих рослин обчислюється шляхом ділення суми відсотків загиблих рослин в чотирьох монолітах на 4. У книжці КСХ-2 в примітці записується спосіб відрощування, передбачувані причини загибелі рослин та ін.

1.1.2 Визначення життєдіяльності гілок плодкових культур та винограду взимку.

Взимку визначення життєздатності плодкових культур та винограду (в районах непокривного виноградарства) проводиться шляхом відрощування їх гілок. Проби гілок на відрощування беруться через п'ять-сім днів після сильних морозів: -25 , -30°C у центральних і північних районах та -18 , -25°C у південних районах. Якщо різкому зниженню температури передувала відлига, то проби гілок на відрощування слід брати після більш слабких морозів: -20 , -25°C у центральних і північних районах та -15 , -20°C у південних. Якщо взимку спостерігається декілька хвиль холоду, то гілки слід брати на відрощування після кожної хвили холоду. У першій половині березня відрощування гілок проводиться у всіх районах.

При визначенні життєздатності гілок плодкових культур вибираються основні породи, з яких зрізують (гострим ножом під кутом) по 2-4 гілочки довжиною близько 30-40 см з однорічною та дворічною деревиною. Кінці зрізів необхідно відразу ж замазати стеарином або пластиліном, щоб в клітини провідних тканин не проникло повітря.

Гілки поміщають у целофанові пакети для зберігання провідних тканин від пересихання та вносять у неопалюване приміщення (температура $2-5^{\circ}\text{C}$) для поступового їх відтавання. Через 12 годин гілки переносять у тепле приміщення, де їх виймають з целофанових пакетів та поміщають в посудину з водою для відрощування. При цьому під водою кінець кожної гілки, раніше замазаний, обрізають гострим ножом або бритвою на 3-4 см. У цій посудині воду слід міняти один раз на тиждень, одночасно зі зміною води підрізають кінці гілок, не виймаючи їх з посудини. Гілки слід занурювати у воду на $1/3$ їх довжини, причому рівень води при її зміні повинен залишатися одним і тим же.

Під час відрощування гілки слід зверху прикрити целофановим пакетом, що забезпечує створення підвищеної вологості повітря близько бруньок та поліпшує умови для їхнього набрякання та розпускання.

Відрощування проводиться до розпускання бруньок. Тривалість відрощування залежить від часу зрізу гілок та температури в приміщенні. Тому якщо відрощування проводиться в грудні або на початку січня або при низьких температурах, термін його подовжується. У разі, якщо на гілках протягом 20-25 днів не буде відзначено не тільки розпускання, але й набрякання бруньок, відрощування припиняється.

Після припинення відрощування на всіх гілках даної породи підраховують окремо число набряклих та пошкоджених бруньок і їх загальне число. Для порід, у яких легко відрізнити квіткові бруньки від листових (яблуня, груша), підрахунок ведеться окремо для квіткових та

листових бруньок. Крім того, визначається ступінь пошкодження деревини окремо однорічних та дворічних гілок.

Для визначення ступеня пошкодження бруньок їх розрізають гострим ножом або бритвою уздовж на дві рівні частини. Зрізи переглядають в лупу. Побуріння або світло-жовте забарвлення внутрішніх частин бруньок вказує на їхнє ушкодження.

Визначення ступеня пошкодження деревини проводиться шляхом поздовжнього розрізу гілок до їх середини. Пошкоджена деревина має потемніння різної інтенсивності та різних відтінків - від світло-жовтого до темно-бурого. Відзначаються також повністю засохлі гілки.

У винограду з кожного закріпленого для спостережень куща необхідно зрізати по одному пагону. При цьому основна увага повинна бути приділена встановленню зони самого інтенсивного пошкодження на довжині пагонів.

Усі зрізані пагони винограду спочатку обробляють так само, як і гілки плодкових культур. Після вилучення лоз винограду з целофанових пакетів їх нарізають ярусами (знизу вгору) на обрізки довжиною 30-40 см та поміщають у посудини так, щоб у кожній посудині були частини пагонів одного і того ж ярусу. У районах з відносно слабким розвитком кущів лоза може ставитися на відрощування без розрізання на частини.

Пошкодження визначаються за такими ознаками:

- при поперечному та поздовжньому розрізах вічка видно, що зелені частини центральної бруньки побуріли. У цьому випадку пошкодження часткове та можливий розвиток нових бруньок. Якщо побуріння на розрізах вічка захоплює й підстильний шар (подушку бруньки), то вічко можна вважати мертвим;
- на подовжньому та поперечному розрізах пагонів видно темні плями або смуги в корі та деревині. При слабкому пошкодженні помітно лише пожовтіння шару вторинної кори;
- на зрізах старої деревини при частковому пошкодженні також видно темно-коричневі плями та смуги (при повній загибелі вся деревина приймає коричневе забарвлення). Крім того, на зрізах старої деревини можуть з'являтися тріщини.

Ступінь пошкодження визначається по числу загиблих вічок у відсотках від їх загального числа.

Результати відрощування гілок плодкових культур та лози винограду записують в книжку КСХ-2.

1.2 Агрометеорологічні умови та найважливіші процеси у життєдіяльності рослин

У процесі розвитку в рослинах відбувається ціла низка зовнішніх змін: проростання насіння, поява сходів, ріст стебла, утворення репродуктивних органів і т.ін. На підставі багаторічних спостережень майже у всіх культурних рослин визначені фази розвитку – *фенологічні фази*. Кожна фенологічна фаза – це характеристика появи певних зовнішніх ознак або нових органів. Але фази розвитку не відтворюють усіх складних органотвірних процесів, які відбуваються в рослині під впливом зовнішніх факторів. Тривалість етапів органогенезу, інтенсивність утворення органів та амплітуда варіювання тривалості кожного етапу визначається спадковістю виду і сорту та мірою оптимізації провідних факторів середовища, кількість яких може бути необмеженою.

Всі фактори навколишнього середовища діють на живий організм одночасно та сумісно. І при цьому дія одного фактора значною мірою залежить від кількісного виразу інших факторів.

У комплексній дії середовища значення окремих факторів у житті рослин неозначене. Відзначають фактори головні і другорядні. У різних рослин, та навіть для однієї і тієї ж рослини, вимоги до факторів навколишнього середовища змінюються впродовж вегетаційного періоду.

Для визначення впливу різних факторів на ріст та розвиток рослин проводяться агрометеорологічні спостереження.

1.2.1 Визначення дат стійкого переходу температури повітря через різні пороги - 0°, 5°, 10°, 15°C навесні та восени.

Ріст і розвиток сільськогосподарських культур, фізіологічні процеси в них протікають тільки при певній температурі. Для завершення будь-якого міжфазного періоду і всього періоду вегетації в цілому рослинам необхідна певна кількість тепла, тобто визначена сума температур.

Розв'язання багатьох питань, як то: вибір культур, сортів, визначення найсприятливіших термінів сівби, розробка агротехнічних засобів залежить від термічних умов, які визначені в сумах температур.

Суми температур широко використовуються у практиці оперативного агрометеорологічного обслуговування сільськогосподарських організацій при агрометеорологічній оцінці умов вирощування та прогнозуванні очікуваних строків настання фаз розвитку сільськогосподарських культур. В агрокліматології – для оцінки термічних ресурсів територій.

В агрометеорології потреби рослин у теплі визначають у сумах активних і ефективних температур. Під активними температурами

розуміють всі температури вище біологічного мінімуму ($\Sigma t_{акт}$). Біологічний мінімум (біологічний нуль), B – це температура повітря або ґрунту, яка є термічним порогом початку життєдіяльності сільськогосподарських культур. Величина біологічного мінімуму різна для різних рослин і в різних кліматичних зонах. Для середньої полоси Європейської частини СНД величина біологічного мінімуму для більшості холодостійких рослин становить 5°C .

Ефективні температури ($\Sigma t_{еф}$) – це значення активних температур, зменшених на величину біологічного мінімуму.

$$t_{еф} = t_{акт} - B, \quad (1.1)$$

де $t_{акт}$ – середньодобова температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

B – біологічний мінімум, $^{\circ}\text{C}$.

При підрахунках сум температур, а також розв'язанні багатьох інших агрометеорологічних питань, пов'язаних з вивченням впливу термічного фактору на об'єкти і процеси сільськогосподарського виробництва, виникає необхідність визначення дат стійкого переходу температури повітря або ґрунту через деякі певні пороги. Так, дата стійкого переходу температури повітря через 0°C навесні означає кінець зими, початок сніготанення і розмерзання ґрунту. Перехід температури через 5°C весною свідчить про відновлення вегетації озимих культур і більшості дерев, про можливі терміни сівби ярих культур; переходи температур відповідно через 10 і 15°C є показниками початку вегетації та можливої сівби пізніх теплолюбних культур.

Перехід температури через той чи інший поріг дозволяє визначити тривалість періодів з температурою вище будь-якого порогу, тривалість вегетації сільськогосподарських рослин.

В агрометеорології існує декілька методів визначення дат стійкого переходу температури повітря через певні пороги.

Дату стійкого переходу визначають за даними середньодобових значень температури повітря. Це метод «залишків», який розробили О.В. Федоров та Г.З. Венцкевич. За даними середньодобової температури повітря виявляють періоди з позитивними і негативними відхилами температури від того чи іншого порогу. Якщо температура нижче зазначеного порогу - відхил негативний, якщо вище - позитивний.

Дату стійкого переходу температури повітря визначають по середній за декаду температурі повітря згідно з інтерполяційною формулою або графічно:

$$S = \frac{k-a}{b-a}d + 5, \quad (1.2)$$

де S – кількість днів, яка дозволяє визначити дату переходу;
 k – температура, дату стійкого переходу через яку необхідно визначити (поріг);
 a – середньодекадна температура нижча ніж k ;
 b – середньодекадна температура вища від k ;
 d – кількість днів у декаді.

За даними про середньодекадну температуру повітря вибирають дві суміжні декади, впродовж яких пройшов перехід температури через даний поріг: одна декада з температурою нижче даного порогу, інша - з температурою вище порогу.

1.2.2 Розрахунок теплозабезпеченості вегетаційного періоду

Визрівання сільськогосподарських культур залежить від тепло- та вологозабезпеченості вегетаційного періоду. У районах достатнього зволоження – тільки від забезпеченості теплом. Особливо це стосується теплолюбних культур. Зараз існує метод розрахунку забезпеченості теплом періоду вегетації уже навесні.

Теоретичні положення щодо забезпеченості теплом вегетаційного періоду розроблені Ф.Ф.Давітая та мають за основу зв'язок між строком початку весни і загальною кількістю тепла влітку. За початок весни умовно прийнята дата стійкого переходу температури повітря через 10^0C навесні. Чим раніше настає ця дата, тим більша сума температур накопичується за вегетаційний період, тобто за період між датами переходу температури повітря через 10^0C навесні і восени.

Характер залежності сум температур вище 10^0C від початку весняних процесів неоднаковий у різні відрізки вегетаційного періоду. У другій половині вегетаційного періоду зв'язок $\sum t > 10^0\text{C}$ з індексом початку весни ще більш тісний, ніж у першій.

Крім того, Ф.Ф.Давітая також установив та обґрунтував залежність між початком весни та тривалістю вегетаційного періоду. Таким чином, розробки Ф.Ф.Давітая дають можливість за датами переходу температури повітря через 10^0C розраховувати:

- очікувану суму температур вище 10^0C за вегетаційний період;
- тривалість вегетаційного періоду.

Залежність сум температур за період від переходу температури повітря через 10^0C весною та восени у загальній формі має вигляд:

$$\sum t_{>10^0\text{C}} = A - a_1 D, \quad (1.3)$$

де A – вільний член рівняння;

a_1 – коефіцієнт при змінній;

D^* – дата переходу температури повітря через 10^0C (* – кількість днів від першого дня розглядуваного періоду, для України – 1 квітня)

1.2.3 Статистичні методи розрахунку біологічного мінімуму температур для розвитку рослин.

Тепло є одним із найважливіших факторів, які визначають швидкість розвитку рослин. Рослини починають вегетацію не одразу ж після встановлення позитивної температури повітря, а тільки при підвищенні її до певного рівня. При цьому культури північного походження починають розвиток при порівняно низьких температурах, а культури південного походження починають вегетацію при більш високих температурах.

Температура, при якій починається розвиток рослин, називається біологічним мінімумом. Кожна сільськогосподарська культура має свій біологічний мінімум розвитку, який змінюється відносно фаз розвитку культури.

З підвищенням температури повітря понад біологічний мінімум розвиток рослин прискорюється пропорційно зростанню температури, але до визначеного порогу. Температура, при якій спостерігаються найбільші темпи розвитку культури, є найсприятливішою температурою – температурний оптимум. У різних сільськогосподарських культур значення температурного оптимуму різні, також вони різні у різні міжфазні періоди.

Температурні умови вище температурного оптимуму починають помітно пригнічувати рослини, швидкість розвитку зменшується. Подальше підвищення температури спричиняє пошкодження рослин, навіть загибель.

Загальна кількість тепла, необхідна для перебігу окремих міжфазних періодів і вегетації в цілому, оцінюється сумою температур ($\sum t$).

Відрізняють суми активних і ефективних температур. Оскільки біологічний мінімум різних культур неоднаковий, то і ефективна температура при одній і тій же середній добовій температурі неоднакова для різних культур.

Підрахунок сум температур можна проводити за середньодобовими, середніми декадними і середніми місячними температурами повітря.

Суми активних температур більш широко використовуються в агрокліматичних розрахунках для оцінки термічних ресурсів території та теплозабезпеченості сільськогосподарських культур. В агрометеорології для визначення темпів розвитку рослин використовуються суми ефективних температур, тому що ці суми піддаються значно меншому коливанню в часі і більш точно відображають потребу рослин у теплі.

Визначення біологічного мінімуму і сум ефективних температур методом найменших квадратів. Метод найменших квадратів – один з найбільш розповсюджених методів математичної обробки даних. Розглянемо залежність між сумами позитивних температур $\sum t$ та тривалістю міжфазного періоду n , яка описується рівнянням лінійної регресії вигляду

$$y = Bx + A, \quad (1.4)$$

де y – сума позитивних середньодобових температур за період;
 x – тривалість міжфазного періоду.

За даними спостережень і підрахунку сум активних температур будується графік. Через точки проводиться осереднена пряма. Визначаються вимоги: сума квадратів вертикальних відхилень $\sum h^2$ усіх точок m від прямої повинна бути мінімальна. Для цього використовується необхідна умова мінімуму функції двох змінних, у даному випадку суми:

$$\sum h_i^2 = \sum (y_i - Bx_i - A)^2 \quad (1.5)$$

або

$$y = Bx^i + A \quad (1.6)$$

Якщо прирівняти до нуля часткові прирости по A і B , то одержимо систему для визначення параметрів прямої:

$$\begin{cases} B\sum x_i + Am = \sum y_i \\ B\sum x_i^2 + A\sum x_i y_i \end{cases} \quad (1.7)$$

Параметр B називається коефіцієнтом регресії. Він становить тангенс нахилу прямої (лінії регресії). Визначається за допомогою виразу:

$$B = \frac{m\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{m\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (1.8)$$

Параметр A називається вільним членом регресії. Він визначає місцезнаходження прямої на осі y , якщо $x=0$. Його визначають із першого рівняння системи (1.7) через знайдений B .

Одержані формули повністю визначають лінійну регресію щодо заданої вибірки. Згадаємо, що у рівнянні (6) ($y = Bx + A$): y – сума позитивних температур за період; B – біологічний мінімум температури; x – тривалість міжфазного періоду у днях; A – сума ефективних температур за період, вище визначеного мінімуму.

Даними для визначення A і B є матеріали фенологічних спостережень і дані про температуру повітря за тривалий період (20-30 років).

Визначення A і B за допомогою коефіцієнта кореляції.

Коефіцієнт кореляції $r_{x,y}$ є показником тісноти лінійного зв'язку двох змінних величин x та y . Інакше кажучи, він є критерієм міри близькості кореляційного зв'язку до лінійної функціональної залежності.

Розраховується коефіцієнт кореляції зв'язку сум температур за міжфазний період (y) з тривалістю періоду (x) з формули:

$$r_{x,y} = \frac{\sum \Delta x_i \cdot \Delta y_i}{\sqrt{\sum \Delta x_i^2 \cdot \sum \Delta y_i^2}} \quad (1.9)$$

Після визначення $r_{x,y}$ і встановлення лінійного зв'язку визначаються параметри рівняння цього зв'язку. Загальний вигляд рівняння (1.6):

$$y = Bx_i + A$$

Коефіцієнт регресії рівняння лінійної регресії двох змінних:

$$B = r_{x,y} \frac{\sigma_{y_i}}{\sigma_{x_i}}, \quad (1.10)$$

де σ_{x_i} та σ_{y_i} – середньоквадратичні відхилення, знайдені по x та y , визначаються з виразів:

$$\sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{m-1}}; \quad \sigma_{y_i} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_i^2}{m-1}} \quad (1.11)$$

Значення параметра A дістанемо з рівняння:

$$A = \bar{y} - \bar{x} \cdot r_{x,y} \cdot \frac{\sigma_{y_i}}{\sigma_{x_i}} \quad (1.12)$$

Таким чином, визначивши середні арифметичні значення \bar{x}, \bar{y} , середньоквадратичні відхилення $\sigma_{x_i}, \sigma_{y_i}$ і коефіцієнт кореляції $r_{x,y}$, знаходимо параметри рівняння B та A , які є відповідно біологічним мінімумом і сумою ефективних температур за період, вищою від визначеного мінімуму.

Визначення біологічного мінімуму варіаційно-статистичним методом. Кожна сільськогосподарська культура у відповідності з біологічними особливостями потребує певних сум ефективних температур для проходження різних міжфазних періодів. На цьому побудовано уточнення біологічного мінімуму з використанням коефіцієнта варіації сум ефективних температур – c_v . Коефіцієнт варіації є показником мінливості рядів, розкиду точок навколо середнього і розраховується з формули:

$$c_v = \frac{\sigma_{x_i}}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (1.13)$$

Чим більше однорідний ряд, тим буде менше значення c_v . В однорідному ряду значення c_v не перевищує 5-10%.

Для визначення біологічного мінімуму культури за будь-який міжфазний період необхідно підрахувати суми ефективних температур від різних порогів, що визначаються з літератури (наприклад, 4, 5, 6, 7, 8°C). Для кожного ряду сум температур підраховується c_v . Ряд, якому відповідає найменше значення c_v , буде відповідати найбільш правильно визначеному біологічному мінімуму. Цей метод було запропоновано О.В.Федоровим і в літературі він носить його ім'я.

Визначення параметрів A і B графічним методом (метод А.А.Шиголева). На графік наносять дані, які відповідають суммам позитивних середніх добових температур (вісь y) за вегетаційний період (n) кожного року за весь ряд спостережень.

Якщо на графіку точки показують наявність прямолінійного зв'язку, то візуально проводять пряму лінію, яка згладжує цю залежність. Точка перетину лінії регресії з віссю ординат буде відповідати вільному членові рівняння регресії $y = Bx + A$, тобто A .

Коефіцієнт рівняння регресії B (біологічний мінімум) визначають як тангенс кута нахилу прямої α :

$$B = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{DC}}{\overline{AC}}, \quad (1.14)$$

де \overline{DC} та \overline{AC} – катети прямокутного трикутника, в якому \overline{DC} – температура, °C, а \overline{AC} – дні.

Крім того, B також можливо визначити із співвідношення, яке виходить з рівняння зв'язку суми температур за період з тривалістю періоду:

$$B = \frac{\sum t - A}{n}, \quad (1.15)$$

де $\sum t$ – середня сума позитивних температур за період, °C;
 A – сума ефективних температур, °C;
 n – середня тривалість періоду, дн.

1.2.4 Методи розрахунку сумарного випаровування. Визначення вологопотреби та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур

Значний вплив на ріст та розвиток рослин і формування їх врожаю має вологозабезпеченість посівів впродовж вегетаційного періоду. Знання значень вологозабезпеченості посівів дозволяє дати досить правдиву оцінку ефективності тих або інших агротехнічних заходів, а також визначити види на врожай.

Вологозабезпеченість посівів – це відповідність кількості води, що утримується в ґрунті, тій кількості, яка необхідна рослинам для нормального росту та розвитку. Іншими словами, за вологозабезпеченість приймають міру задоволення сільськогосподарських культур вологою. Визначення вологозабезпеченості проводиться з врахуванням вологи в ґрунті та потреби рослин у воді.

Потреба сільськогосподарських культур у воді – це витрати води в польових умовах на транспірацію та випарування з поверхні ґрунту при безперебійному постачанні вологи до коріння, що забезпечує нормальний ріст та розвиток рослин.

О.М. Алпат'єв довів, що в умовах найсприятливішого зволоження сумарні витрати води визначаються комплексом атмосферних процесів. За показник, що відображає вплив температури повітря, вологості повітря та ґрунту, вітру, хмарності та ін. було запропоновано випарність.

Випарність – найбільш можливе випарування води фітоценозом при зімкнутому травостої за необмеженого надходження вологи до випарного тіла за даних метеорологічних умов.

При цьому випарність визначається згідно з будь-якою з існуючих формул. В останні роки методи розрахунку випарності поділяють на дві групи: біокліматичні методи та методи, що враховують тільки метеорологічні чинники.

До біокліматичних методів визначення випарності відносяться методи, які ґрунтуються на виявленні зв'язків випарності з обмеженою кількістю факторів, що мають бути визначені безпосередньо. Це формули О.М. Алпатьєва, І.А. Шарова, А.В. Процєрова, Н.Н. Іванова.

Крім того, потреба рослинами води змінюється під впливом географічних умов середовища і біологічних особливостей рослин.

Формула, запропонована *І.А. Шаровим*, має вигляд:

$$E_0 = e\Sigma t + aB, \quad (1.16)$$

де E_0 – випаровування, мм;

Σt – сума середньодобових температур повітря за період вегетації, $^{\circ}\text{C}$;

B – тривалість вегетаційного періоду;

Найбільш поширеним методом розрахунку випарності є формула, запропонована *О.М.Алпатьєвим*:

$$E = a \cdot \Sigma d, \quad (1.17)$$

де E – випарування, мм;

a – біологічний коефіцієнт випарування, який змінюється згідно з кривою, притаманною кожному виду рослин;

Σd – сума середніх за добу дефіцитів насичення повітря за розрахунковий період на висоті 2,0 м.

Значення коефіцієнта a в середньому беруть рівним 0,49 гПа, або 0,65 мб. Слід відзначити, що коефіцієнт змінюється для однієї і тієї ж культури в її онтогенезі, а також його значення неоднакове для різних сільськогосподарських культур.

Так, *О.В.Процєров* провів уточнення значення біологічного коефіцієнта випарування для ярих зернових культур. Він звертав увагу на те, що доцільно розраховувати подекадні значення вологопотреби. Вологопотреба ярих зернових в період від сівби до цвітіння розраховується за рівнянням:

$$E_o = 0,45 \Sigma d, \quad (1.18)$$

а в період від цвітіння до воскової стиглості за рівнянням:

$$E_o = 0,30 \Sigma d, \quad (1.19)$$

де $\sum d$ – сума дефіцитів насичення повітря за декаду, гПа.

Вологозабезпеченість за минулу частину вегетаційного періоду визначається як середньоарифметичне значення вологозабезпеченості за декілька декад, або як сума подекадних значень ΔE .

e і a – емпіричні коефіцієнти, розраховані для різних регіонів. Для ЄЧК прийнято, що $e = 0,2$, $a = 4$.

В агрометеорологічній практиці для визначення вологопотреби сільськогосподарських культур широко застосовується формула *М.М. Іванова*, в якій випаровування є функцією від температури і вологості повітря, мм/міс:

$$E_0 = 0,0018(t + 25)^2 \cdot (100 - h) \quad (1.20)$$

де t – середньомісячна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

h – середньомісячна відносна вологість повітря, %.

Можна також приблизно визначити випаровуваність за декаду:

$$E_0 = 0,0006(t + 25)^2 \cdot (100 - h) . \quad (1.21)$$

Випарування у природі спостерігається всюди, де є вода та тепло. Багатозначність природних умов, в яких спостерігається процес випарування, зумовила велику кількість методів розрахунку сумарного випарування. У природі найчастіше спостерігаються 3 види випарування – з поверхні ґрунту; транспірація рослин; з поверхні води, льоду, снігу.

Сумарним випаруванням називається природне випарування усіх видів, віднесене до одного відрізка часу.

Існуючі методи розрахунку сумарного випарування дозволяють виконувати розрахунки середніх значень його з природно зволжених територій в цілому та з окремих видів поверхонь.

Вологозабезпеченість посівів визначається за формулою:

$$V = \frac{E}{E_0} \cdot 100\% , \quad (1.22)$$

де E – сумарне випарування за декаду, місяць, мм;

E_0 – вологопотреба культури (випарність), мм.

Крім цього, характеристикою вологозабезпеченості може служити дефіцит випаровування, який являє собою різницю між фактичною і оптимальною волого потребою культури:

$$\Delta E = E - E_0 \quad (1.23)$$

Метод водного балансу застосовується для оцінки випарування з ділянок суші різних розмірів, а також з обмежених за розмірами монолітів, що знаходяться у випарниках. Цей метод ще відомий під назвою методу випарників.

Визначення фактичного сумарного випарування проводиться за рівнянням водного балансу:

$$E_{\phi} = r + S_{нов.} + S_{сп.} + S_{бічн.} - \Delta W, \quad (1.24)$$

де r – опади, мм;

$S = S_{нов.} + S_{сп.} + S_{бічн.}$ – сумарний стік, що дорівнює сумі поверхневого ($S_{нов.}$), ґрунтового ($S_{сп.}$), бічного ($S_{бічн.}$);

$\Delta W = W_n - W_k$ – різниця між початковими і кінцевими запасами продуктивної вологи шару ґрунту активного водообміну.

Такі величини як поверхневий стік та водообмін з шарами, розташованими нижче, у повному рівнянні водного балансу застосовуються дуже рідко, лише якщо проводяться спеціальні дослідження.

У більшості випадків, коли ґрунтові води залягають глибоко, використовується *спрощене рівняння водного балансу*:

$$E = (W_n + r) - W_k, \quad (1.25)$$

де r – опади в мм за інтервал часу;

W_n та W_k – запаси продуктивної вологи на початку і наприкінці інтервалу, за який розраховується випарування, мм.

Це рівняння не дає значних помилок, якщо опади не утворюють поверхневого стоку, а глибина проникнення дощової води в ґрунті не перевищує глибини, до якої вимірювалась вологість ґрунту (100 см). Помилки визначення випарування за місяць за цією формулою становлять 15-18%.

1.3 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1.3.1 Показники врожаю та врожайності, їх сутність

Урожай та урожайність є найважливішими результативними показниками розвитку продуктивних сил сільського господарства, виробничої діяльності і використання головного засобу виробництва в сільському господарстві – землі.

В рівні урожайності відображається вплив комплексу природних і економічних умов, у яких здійснюється сільськогосподарське виробництво, зміни в агротехніці, технології, техніці і організації виробництва. В свою чергу, від рівня урожайності в значній мірі залежить обсяг валового збору і такі показники ефективності рослинництва і сільського господарства в цілому, як собівартість продукції, продуктивність праці, фондівдача, валовий і чистий доход, рентабельність та ін.

Урожай (валовий збір) – це загальний обсяг продукції даної культури або групи культур, одержаний з усієї площі посіву або угідь в господарстві, районі, області, країні.

Урожайність – середній вихід конкретної продукції з одиниці площі посіву (гектара, квадратного метра, дерева тощо) даної культури (групи однорідних культур) або з одиниці площі сільськогосподарських угідь.

Основними завданнями статистики урожаю і урожайності є: збирання і аналіз даних про розміри урожаю й урожайності сільськогосподарських культур; розробка системи показників урожаю й урожайності; забезпечення своєчасного і точного визначення обсягів і структури валових зборів, рівня урожайності по культурах і групах однорідних культур у розрізі окремих категорій та виробничих типів господарств й адміністративних підрозділів (районів, областей, регіонів), зон, підзон; визначення втрат при збиранні, доробці і транспортуванні урожаю; способів їх усунення; виявлення невикористаних резервів подальшого збільшення валових зборів, підвищення урожайності сільськогосподарських культур і продукції рослинництва в цілому; узагальнення передового досвіду вирощування високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур та ін.

Розрізняють такі показники урожаю: видовий урожай, урожай на пні перед початком своєчасного збирання, фактичний і чистий збори.

Видовий урожай – це очікувані розміри валового збору, виходячи зі стану посівів на певних фазах вегетації рослин. По суті, це ще не урожай

(продукції ще немає), а тільки оцінка стану посівів у припущенні, що умови вирощування культури будуть нормальними, середніми.

Урожай на пні перед початком своєчасного збирання – це фактично вирощений, але ще не зібраний урожай. Біологічний процес формування врожаю вже завершений, але не повністю закінчений економічний процес виробництва (врожай ще треба збирати).

Фактичний (амбарний) урожай – це отриманий (зібраний) і оприбуткований урожай. Повністю завершені біологічний та економічний процеси вирощування сільськогосподарських культур. Від урожаю на пні він відрізняється на величину втрат.

Чистий збір – це величина урожаю після доробки за мінусом насіння на всю засіяну площу даної культури. Це заново вирощена на протязі року продукція. Показник чистого збору розраховується тільки для культур, продукція яких безпосередньо може бути використана на насіння (зернові, зернобобові, соняшник, картопля та ін.).

Чистий збір більш правильно характеризує продуктивність сільськогосподарських культур, оскільки по окремих культурах має місце осінньо – зимова і весняна загибель посівів, що зумовлює втрату відповідної кількості насіння.

Фактичний урожай може бути виражений в різній масі: початково-оприбуткованій, після доробки і в перерахунку на стандартні показники якості продукції.

У практиці сільськогосподарських підприємств і статистичних органів середня врожайність сільськогосподарських культур визначається як відношення валового збору з основних, повторних і міжрядних посівів до фактично зібраної площі. У вітчизняній статистиці врожайність вимірюють у центнерах з гектара (ц/га).

Урожайність визначається для кожної культури окремо по основній і побічній продукції (зерно і солома, корені та бадилля), основній і спряженій продукції (насіння і волокно льону-довгунця, насіння і сіно трав), а також у перерахунку на основну продукцію.

Розрізняють кілька способів визначення урожаю та урожайності: окомірний, експертний (суб'єктивний); інструментальний (об'єктивний) і балансовий (на підставі спеціальних розрахунків щодо суцільних даних про фактичний збір і вибіркового даних про втрати врожаю). Застосування того або іншого способу визначення урожаю та урожайності залежить від мети і завдань дослідження, фаз розвитку рослин і самих показників урожаю та урожайності.

1.3.2 Методи оцінки часової мінливості врожайності сільськогосподарських культур. Оцінка вірності вибору вигляду тренду.

Прогрес в сільському господарстві сприяв значному підвищенню врожайності усіх культур. Але при загальному зростанні врожайності, коливання її в окремі роки дуже значні і останнім часом не зменшуються.

Колівання врожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлюється впливом великої кількості факторів, як то: досягнення генетики і селекції, кількість і якість добрив, строки і норми їх внесення, засоби боротьби з шкідниками і хворобами, меліорація земель, види сільськогосподарської техніки і погодні умови.

При рішенні багатьох практичних питань виникає необхідність оцінки впливу на врожаї окремих факторів або їх груп. Для цього розглядають часовий ряд врожаїв.

Часовим рядом називається послідовність спостережень, упорядкованих згідно з часом. Головною особливістю, що відрізняє аналіз часових рядів серед інших видів статистичного аналізу, є суть порядку, в якому проводяться спостереження. Якщо в багатьох задачах спостереження, як правило, статистично незалежні, то в часових рядах вони залежні і характер залежності визначається розміщенням спостережень в цій послідовності.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз:

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, \quad (1.26)$$

де y_i – значення i -го рівня часового ряду,
 n – довжина часового ряду.

Однією з найважливіших задач аналізу часових рядів є визначення основної закономірності зміни в часі (тенденції) явища, що вивчається. З цією метою розкладають ряд на дві складові, які характеризують різні групи факторів. При цьому за загальну статистичну модель часового ряду приймають модель:

$$y_t = f(t) + E_t, \quad (1.27)$$

де $f(t)$ – деяка не випадкова функція часу;

E_t – випадкова складова часового ряду (випадкова компонента).

Ці компоненти часового ряду не спостерігаються, вони – теоретичні величини. В цій моделі вважається, що з часом випадкова компонента не змінюється і будь-яка залежність від часу входить до стаціонарної складової.

Стационарна складова часового ряду обумовлюється рівнем культури землеробства, визначає загальну тенденцію зміни врожаю за розглядаємий період, і представляє собою плавну лінію – *тренд*.

Тренд характеризує основну закономірність розвитку явищ з часом, але ця закономірність не повністю вільна від випадкових впливів. Тренд описує тенденцію, осереднену для ряду спостережень.

Коливання врожаїв біля лінії тренду характеризують сприятливість чи несприятливість погодних умов окремих років.

Метод гармонічних зважувань, був запропонований З.Хельвігом для прогнозування економічних показників.

При використанні методу гармонічних зважувань в якості деякого наближення істинного $f(t)$ тимчасового ряду врожайності сільськогосподарських культур

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1.28)$$

приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок тимчасового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренда) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзного тренда вибираємо число років, що утворюють окрему фазу, причому $k < n$, і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (1.29)$$

причому:

для $i = 1, t = 1, 2, \dots, K$;

для $i = 2, t = 2, 3, \dots, K + 1$;

для $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n$.

Параметри a_i і b_i рівняння (1.28) визначаються методом найменших квадратів.

Потім визначаємо значення кожної функції $Y_i(t)$ в точках

$$t = i + h - 1 \quad (h = 1, 2, \dots, k).$$

З цих значень відбираємо ті, для яких $t = 1$, і через $Y_j(t)$ позначаємо функції $Y_i(t)$ для $t = i$. Нехай таких значень буде g_i . Середнє можна визначити за виразом

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (1.30)$$

Прирости w_{t+1} функція $f(t)$ визначається як

$$w_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (1.31)$$

обчислюється середня приростів

$$\bar{w} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (1.32)$$

де C_{t+1}^n - коефіцієнти, що задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$\sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n = 1$$

Гармонійні коефіцієнти визначаються за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (1.33)$$

де m_{t+1} - гармонійні ваги.

Вираз (1.33) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням великі ваги. Якщо найбільш ранні спостереження мають вагу:

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (1.34)$$

то вага інформації m_3 , що відноситься до наступного моменту часу, буде визначатися як:

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)} \quad (1.35)$$

Таким чином, ряд гармонійних ваг визначається з рівняння:

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (38)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (1.34).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності проводиться за виразом:

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w} \quad , \quad (1.37)$$

при початкових умовах.

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду врожайності по МГВ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1 - 2 роки. Тому для виявлення впливу погоди і клімату на урожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі врожайності. В основу такої оцінки покладена ідея В.М. Обухова про можливість розкладання часового ряду врожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову.

Головна мета методу гармонічних зважувань полягає в тому, що внаслідок порівняння окремих спостережень часового ряду віддається перевага пізнішим спостереженням.

При використанні методу гармонічних зважувань за деяке наближення $f(t)$ дійсного тренда береться ламана лінія, яка зрівнює чинну кількість даних часового ряду y_t .

При вірному виборі виду тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер. Для перевірки основної гіпотези скористуємося критерієм серії, які опираються на медіану $\epsilon_{\text{мед}}$ вибірки.

Для того щоб вихідний рядок мав вигляд випадкової вибірки, протяжність $K_m(n)$ самої довгої серії (послідовність плюсів або мінусів, одержаних шляхом співставлення кожного "члену рядка з медіаною) не повинна бути дуже великою, а загальне число серій $v(n)$ - дуже маленьким. Вибірка буде випадковою, якщо виконується таке рівняння (для 5% рівня значущості):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{aligned} \right\} \quad (1.38)$$

Щоб виконати ліву частину рівняння (40) із відхилень від тренда $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$, утворюють для кожного району, який розглядають, варіаційні рядки $\epsilon^{(1)}, \epsilon^{(2)}, \dots, \epsilon^{(n)}$, де $\epsilon^{(1)}$ - найменше із всіх відхилень, а $\epsilon_{\text{мед}}$ - медіана цього варіаційного рядка. Далі одержуємо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i -му місці ($i=1, 2, \dots, n$) ставиться знак плюс, якщо i -те спостереження в вихідному рядку більше за медіану, і знак мінус, якщо воно менше за медіану. Якщо i -те спостереження

дорівнює медіані, воно спускається. Далі підраховується протяжність найдовшої серії $K_m(n)$ і загальне число серій $v(n)$ для кожного району.

1.3.3 Аналіз динаміка врожайності

Одне з найважливіших завдань аналізу динаміки - виявлення і кількісна характеристика основної тенденції розвитку. Під тенденцією розуміється загальний напрямок до зростання, зниження або стабілізації рівня явища з плином часу. Основну тенденцію можна представити або аналітично - у вигляді рівняння тренду або графічно.

У статистиці використовуються різні прийоми і способи виявлення та характеристики основної тенденції - і елементарні, і більш складні.

Ряд динаміки - це ряд числових значень статистичного показника, розташованих у хронологічній послідовності. Кожне числове значення показника, що характеризує величину, розмір явища, називається рівнем ряду. Крім рівнів, кожен ряд динаміки містить вказівки про ті моменти або періоди часу, до яких відносяться рівні.

При аналізі динаміки використовуються різні показники і методи аналізу як елементарні, більш прості, так і більш складні, потребують відповідно застосування більш складних розділів математики.

Найпростішими показниками є:

- абсолютний приріст;
- темп зростання;
- темп приросту;
- абсолютне значення 1% приросту.

Розрахунок цих показників ґрунтується на порівнянні між собою рівнів ряду динаміки. При цьому рівень, з яким проводиться порівняння, називається базисним, так як він є базою порівняння.

Якщо кожен рівень порівнюється з попереднім, то одержані при цьому показники називаються ланцюговими. Якщо ж всі рівні порівнюються з одним і тим же рівнем, який виступає як постійна база порівняння, то визначені при цьому показники називаються базисними.

Абсолютний приріст показує, на скільки одиниць збільшився (або зменшився) рівень в порівнянні з базисним, тобто за той чи інший проміжок часу. Абсолютний приріст дорівнює різниці між порівнюваними рівнями і вимірюється в тих же одиницях, що і ці рівні:

$$D = Y_i - Y_{i-t} \quad (1.39)$$

D - абсолютний приріст за t одиниць часу.

Y_i - порівнюваний рівень, а i - його або хронологічний, або порядковий номер у низці динаміки ..

Y_i -t-базисний рівень, а it - його номер.

t - тривалість періоду, за який робиться розрахунок.

Якщо за базу порівняння береться попередній рівень, то ланцюгової абсолютний приріст дорівнює:

$$D = Y_i - Y_{i-1} \quad (1.40)$$

Абсолютний приріст за одиницю часу вимірює абсолютну швидкість зростання (чи зниження) рівня.

Ланцюгові і базисні абсолютні прирости пов'язані між собою: сума послідовних ланцюгових приростів дорівнює відповідному базисному приросту, тобто загальному приросту за весь період.

Більш повну характеристику приросту можна отримати в тому випадку, коли абсолютні величини доповнюються відносними. Відносними показниками динаміки є темпи зростання і темпи приросту, що характеризують інтенсивність процесу зростання.

Темп зростання (T_p) показує, у скільки разів збільшився рівень в порівнянні з базисним, а в разі зменшення - яку частину базисного рівня становить порівнюваний рівень:

$$T_p = \frac{Y_i}{Y_1} \quad (1.41)$$

Якщо за базу порівняння приймається попередній рівень, то ланцюгової темп зростання дорівнює:

$$T_p = \frac{Y_i}{Y_{i-1}} \quad (1.42)$$

Як і інші відносні величини, темп росту може бути виражений не тільки у формі коефіцієнта (простого відношення рівнів) але і у відсотках.

Як і абсолютні прирости, темпи зростання для будь-яких рядів динаміки самі по собі є інтервальними показниками, тобто характеризують той чи інший проміжок часу.

Між ланцюговими і базисними темпами росту, вираженими у формі коефіцієнтів, існує певний взаємозв'язок: твір послідовних ланцюгових темпів зростання одно базисного темпу росту за весь відповідний період.

Темп приросту ($T_{пр}$) характеризує відносну величину приросту, тобто його величину по відношенню до базисного рівня:

$$T_{np} = \frac{\Delta}{Y_{i-t}} \quad (1.43)$$

T_{np} - темп приросту за t одиниць часу, інші позначення колишні.

Виражений у відсотках темп приросту, показує, на скільки відсотків збільшився (або зменшився) рівень в порівнянні з базисним, прийнятим за 100%.

$$T_{np} (\%) = T_p (\%) - 100$$

2. За даними агрометеорологічних спостережень гідрометеорологічних станцій за 20 років визначити:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С весною та восени;
- тривалість теплового періоду, суми активних та ефективних температур за цей період, а також суму опадів.

Для зручності виконання розрахунків використовувати табл.3 та табл.4.

Використовуючи середні багаторічні дані, побудувати графік ходу середньодекадної температури повітря за теплий період року та за період вегетації . Зробити висновки та скласти текст.

Таблиця 3 - Розрахунок дат стійкого переходу температури повітря через 0°, 5°, 10° та 15 °С на ст. _____ області.

Рік	Весна				Осінь			
	0°	5°	10	15°	15°	10°	5°	0°
...								
...								
...								
Середнє								

Таблиця 4 – Розрахунок забезпеченості теплом вегетаційного періоду

Рік	Період вегетації				Теплий період			
	Сівба	Уборка	Дні	$\Sigma T_{\text{эф.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	Початок	Кінець	Дні	$\Sigma T \text{ } ^\circ\text{C}$
...								
...								
...								
Середнє								

3. Визначити біологічний мінімум для даної культури різними методами та порівняти їх. Для зручності використати табл. 5 - 7. Зробити висновки та скласти текст.

Таблиця 5 – Розрахунок біологічного мінімуму методом найменших квадратів

№ п/п	$m(x_i)$	$\Sigma t(y_i)$	$\Delta x_i = \frac{\bar{y}}{x_i - \bar{x}}$	$\Delta y_i = \frac{\bar{x}}{y_i - \bar{y}}$	Δx_i^2	Δy_i^2	$\Delta x_i \cdot \Delta y_i$
...							
m							
Сума	Σx_i	Σy_i	-	-	$\Sigma \Delta x_i^2$	$\Sigma \Delta y_i^2$	$\Sigma \Delta x_i \cdot \Delta y_i$
Середня	\bar{x}	\bar{y}	-	-	-	-	-

Таблиця 6 – Розрахунок коефіцієнта кореляції

№ п/п	$m(x_i)$	$\Sigma t(y_i)$	$\Delta x_i = \frac{\bar{y}}{x_i - \bar{x}}$	$\Delta y_i = \frac{\bar{x}}{y_i - \bar{y}}$	Δx_i^2	Δy_i^2	$\Delta x_i \cdot \Delta y_i$	$(\Delta x_i + \Delta y_i)^2$
1								
...								
m								
Сума	Σx_i	Σy_i	-	-	$\Sigma \Delta x_i^2$	$\Sigma \Delta y_i^2$	$\Sigma \Delta x_i \cdot \Delta y_i$	$\Sigma (\Delta x_i + \Delta y_i)^2$
Середня	\bar{x}	\bar{y}	-	-	-	-	-	-

Таблиця 7 – Результати розрахунків А і В різними методами.

№	Метод розрахунку А і В	Розраховане значення А	Розраховане значення В
1	Метод найменших квадратів		
2	По коефіцієнту кореляції		
3	Метод А.А.Шіголева		
	Середнє		

4. Використовуючи дані агрометеорологічних щорічників:

- розрахувати тривалість періоду (N, дні), середню температуру за період ($T_{\text{ср.}}$, °C), суму активних температур ($\Sigma T_{\text{акт.}}$, °C), суму ефективних температур ($\Sigma T_{\text{еф.}}$, °C), суму опадів (ΣR , мм) та запаси продуктивної вологи

Таблиця 10 - Агromетeоролoгiчнi умoви вирoщувaння (*культура*) зa пeрiод сiвбa – дoзрiвaння

Роки	Дати настання фаз		N, дні	T _{ср.} , °C	ΣT _{акт.} , °C	ΣT _{еф.} , °C	ΣR, мм	W ₀₋₁₀₀ , мм
	Сiвба	Дoзрiвaння						
1980								
...								
1999								
Середні								
Найбільші								
Найменші								

5. Використовуючи дані агromетeоролoгiчнiх щорiчникiв та попередні розрахунки (табл. 8 - 10), визначити вологозабезпеченість зазначеної сiльськoгoспoдaрськoї культури. Зробити висновки та скласти текст. Для зручності використати табл. 11.

Таблиця 11 – Розрахунок вологозабезпеченості (культура, станція)

Рiк	Дата настання фаз розвитку		Запаси продуктивної вологи, мм		ΣR, мм	E, мм	Σd, мм	E ₀ , мм	V, %
	Сiвба	Дoзрiв.	W _н	W _к					
1980									
...									
1999									
Середні									
Найбільші									
Найменші									

6. Розрахувати тенденцію врожайності зазначеної сiльськoгoспoдaрськoї культури, використовуючи метод гармонійних зважувань. Зробити висновки та скласти текст. Для зручності використати табл. 12 та табл.13.

Таблиця 12 - Оцінка вірності вибору вигляду тренда (культура)

Рік	У, ц/га	У, ц/га (згладжена)	ε	ε спад.	+/-
1989					
...					
1990					
$\varepsilon_{\text{мед}} = \dots$					

Таблиця 13 - Оцінка вірності вибору вигляду тренда

Область, станція	$k_{\text{max}}(n)$	$\nu(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n - 1})$

Контрольні питання

1. Дати визначення фенологічного спостереження.
2. Як проводяться фенологічні спостереження?
3. Як розрахувати процент рослин, що вступили у дану фазу?
4. Як розрахувати процент охоплення рослин фазою, якщо спостереження проводять за невеликою кількістю екземплярів?
5. Назвіть фази розвитку зернових культур.
6. Назвіть фази розвитку плодових культур.
7. Як розраховується тривалість міжфазного періоду?
8. Як розраховується сума активних та ефективних температур?
9. Як розраховується середня температура за міжфазний період та сума опадів?
10. Які методи називають статистичними?
11. Дати визначення кореляційного поля.
12. Дати визначення середнього квадратичного відхилення.
13. Фізичний сенс коефіцієнта кореляції.
14. Назвіть властивості коефіцієнта кореляції.
15. Як розрахувати середню помилку рівняння регресії?
16. Як визначити біологічний мінімум культури?
17. Як визначити середньоквадратичну помилку?
18. Коли середньоквадратична помилка визначається за критерієм Фішера?

Вимоги до звіту

Складання та захист звіту – заключний етап в підведенні підсумків навчальної практики. Звіт виконується на стандартних аркушах паперу А4, з лівого, верхнього та нижнього боків залишають доріжки 25 мм, а з правого боку – 15 мм. Перша сторінка звіту – титульний аркуш, який не нумерується і має такий вигляд (додаток А).

Другою сторінкою звіту є «Зміст» практики – вона теж не нумерується. Починаючи з третьої сторінки, аркуші паперу нумеруються у правому верхньому кутку. Сторінки проекту слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту звіту. Звіт повинен бути чітко структурований – поділений на пронумеровані розділи та підрозділи з правильно оформленими рисунками і таблицями.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки. Заголовки розділів і підрозділів звіту слід розташовувати посередині рядка. Заголовки розділів і друкувати великими літерами, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів слід друкувати маленькими літерами, крім першої великої, також не підкреслюючи.

В кожному розділі звіту повинна бути спочатку викладена теоретична частина, а потім наведена практична. Вона має складатися з розрахунків, які кожен студент виконує за даними, які отримує у викладача.

Звіт можна виконувати від руки чорними чорнилами або машинним способом на одному боці аркуша білого паперу. Під час виконання звіту необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності і чіткості зображення впродовж усього звіту.

Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж всього тексту звіту і дорівнювати п'яти знакам. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) слід розміщувати у звіті безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у тексті.

Ілюстрація позначається словом «Рисунок...», її нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією у межах розділу.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою. Наприклад, рисунок 2.3 – третій рисунок другого розділу.

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Формули і рівняння у звіті слід нумерувати порядковою нумерацією у межах розділу, так само як і ілюстрації.

Номер формули або рівняння розміщують на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Позначення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули або рівняння, наводять безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Готовий, правильно оформлений звіт пред'являється керівнику для захисту в останній день практики. Після розгляду звіту та співбесіди з його виконавцем керівник практики приймає рішення про захист звіту.

Перелік літературних посилань

1. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 196с.
2. Полевой А.Н. Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. / А.Н. Полевой // Метеорология и гидрология. - 1981. - № 2. - С. 92-102.
3. Частная физиология полевых культур / [под ред. Е.И. Кошкина]. - М.: КолосС, 2005. – 344 с.
4. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; за ред. О. І. Зінченка. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.: іл.
5. Наставление гидрометстанциям и постам. Вып. 11. Ч.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 317с.
6. Польовий А.М, Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Вид «ТЄС». – Одеса. 2003. – 400с.
7. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. –
8. Майсурян И.А. Практикум по растениеводству. – М.: «Колос», 1970. – 446 с. с илл..
9. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. / В.Е. Гмурман. - М.: Высшая школа, 1977. – 320 с.
10. Брукс К. Применение статистических методов в метеорологии / К. Брукс, Н. Кардзерс. - Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 408 с.
11. Ивченко Г.И. Математическая статистика. / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. - М.: Высшая школа, 1984. - 248 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Кафедра агрометеорології
та агрометпрогнозів

ЗВІТ

з навчальної практики з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія»

Студента(ки) _____ курсу _____ групи
напряму підготовки _____
спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(посада, вчене звання, науковий
ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____