МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни

«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»

за темою: «Визначення температурних показників швидкості та біологічного мінімуму розвитку сільськогосподарських культур»

для студентів денної та заочної форми навчання

спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 10
від «_10_» _06_2021р.

Одеса – 2021

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» на тему «Визначення температурних показників швидкості та біологічного мінімуму розвитку сільськогосподарських культур» для студентів ІІІ року навчання денної та заочної форм за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти бакалавр/ Укладачі: Вольвач О. В., к.г.н, доц., Костюкєвич Т. К., к.г.н. Одеса, ОДЕКУ, 2021, 25 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА ……...			5
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА ……...		6
	1.1	Визначення температурних показників …….	6
	1.2	Визначення біологічного мінімуму та сум ефективних температур повітря методом найменших квадратів ……	9
	1.3	Визначення біологічного мінімуму та сум ефективних температур повітря за допомогою коефіцієнта кореляції ……	10
	1.4	Визначення біологічного мінімуму варіаційно-статистичним методом …….	12
	1.5	Графічний метод визначення зв’язку між сумами додатних температур повітря та тривалістю міжфазного періоду ……..	13
2	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА …….		16
3	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ……...		17
ЛІТЕРАТУРА ……..			18
ДОДАТКИ ……			19

ПЕРЕДМОВА

Ріст і розвиток сільськогосподарських культур, фізіологічні процеси в них можливі лише за певних термічних умов. Нижньою термічною межею розвитку сільськогосподарських культур, своєрідним порогом життєдіяльності рослин є біологічний мінімум.

Зі значенням біологічного мінімуму безпосередньо пов'язані такі поняття, як активна температура (температура вище біологічного мінімуму) і ефективна температура (різниця між активною температурою і біологічним мінімумом). Суми активних і ефективних температур є одним з основних агрометеорологічних показників. Отже, від правильного і точного визначення біологічного мінімуму багато в чому залежить успішне вирішення цілого ряду агрометеорологічних і та агрокліматичних завдань (агрометеорологічне прогнозування, агрокліматичне районування та інше).

Значення біологічного мінімуму залежить від біологічних і сортових особливостей культури, фази розвитку та агрометеорологічних умов, що склалися.

Виняткова складність визначення нижніх термічних меж розвитку рослин лабораторно-вегетаційним шляхом викликали появу в агрометеорологічній практиці ряд статистичних методів. Всі вони ґрунтуються на оцінці залежності темпів розвитку рослин від термічного фактора.

Завдання методичних вказівок полягає в тому щоб навчити студентів визначати біологічний мінімум та температурні показники швидкості розвитку сільськогосподарських культур різними методами.

Методичні вказівки повинні забезпечити **знання:**

– основних понять про температурні показники;

– методів розрахунку біологічного мінімуму сільськогосподарських культур.

Вміння:

– підготовки необхідних для виконання розрахунків даних;

– проводити розрахунки за різними методами;

– виконання розрахунків на ПОЕМ ;

– проводити аналіз отриманих результатів та узагальнювати їх;

– надавати споживачам агрометеорологічні консультації щодо впливу температурних показників на швидкість розвитку культур.

Послідовність виконання практичного заняття полягає у вивчені теоретичної частини, виконання практичної частини і відповіді на контрольні питання.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання роботи студент може отримати максимум 8 балів.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Визначення температурних показників

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.

З підвищенням температури повітря зверх біологічного мінімуму 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 викликає пошкодження рослин, навіть загибель.

Таким чином, залежність швидкості розвитку сільськогосподарських культур від температури повітря буде криволінійною і може мати вираз:

$$y = \frac{A}{t^{в}}, \qquad (1)$$

де y – тривалість міжфазного періоду, дні;
A – сума ефективних температур, °С;
$в$ – показник ступеня;
t – середня за період температура повітря, °С.

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.

В агрометеорологічних дослідженнях часто використовують декадні дані спостережень. При цьому приймають, що температура кожного окремого дня декади однакова та дорівнює середньо декадній.

Під час розрахунків активних температур за міжфазний період трапляються два варіанти.

Перший варіант. Міжфазний період припадає на одну й ту ж декаду. У цьому випадку достатньо середньодекадну температуру помножити на кількість днів у періоді (після переходу температури через біологічний мінімум). Це і буде сума активних температур.

Другий варіант. Міжфазний період охоплює різні декади, до того ж не завжди повні. Тут, виходячи з прийнятого припущення про рівнозначність температури кожного окремого дня декади, підраховують суми температур окремо по кожній декаді, пропорційно кількості днів міжфазного періоду, який припадає на дану декаду. Складаючи суми по окремих декадах, отримують суму активних температур за міжфазний період.

Наприклад: вихід у трубку озимої пшениці спостерігали 16.05, колосіння – 4.06. Тож міжфазний період охоплює 4 дні другої декади травня, усю третю декаду травня (11 днів) та 4 дні першої декади червня. Середня температура цих декад складала відповідно 14,9, 15,6 та 7,8^{0}С. Сума активних температур за міжфазний період дорівнює (14,9 х 4) + (16,5 х 11) + (17,8 х 4) = 312,3^{0}С. Округляємо до цілих: 312^{0}С.

Для визначення сум ефективних температур необхідно спочатку від середньодекадної температури відняти величину біологічного мінімуму, а потім виконувати такі ж операції, що і для розрахунку сум активних температур.

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.

Постійність сум ефективних температур дозволяє з певною завчасністю розраховувати очікувані дати настання різних фаз розвитку сільськогосподарських культур, тобто складати фенологічні прогнози. Для цього використовується рівняння:

$$n = \frac{A}{\bar{t} - B}, \qquad (2)$$

де n – тривалість періоду, дні;

A – сума ефективних температур за вказаний міжфазний період, °С;

B – біологічний мінімум температури в цей же період, °С;

$\bar{t}$ – середня температура повітря, °С.

Величини A і B називаються температурними показниками швидкості розвитку сільськогосподарських культур. Для багатьох культур вони визначені і широко використовуються у практиці агрометеорологічних розрахунків.

Але з введенням нових сортів, нових засобів агротехніки і зміною умов вирощування, значення температурних показників швидкості розвитку культур суттєво змінюються. В зв’язку з цим необхідно мати можливість розраховувати ці показники щодо конкретних умов.

В агрометеорологічній практиці використовуються такі методи розрахунків. Найчастіше застосовується метод, заснований на визначенні параметрів рівняння прямої.

$$y = B \cdot n + A, \qquad (3)$$

де y – сума активних температур, °С;
B – біологічний мінімум розвитку, °С;
n – тривалість періоду, дн;
A – сума ефективних температур.

Практика використання сум температур в останній час показала, що суми температур змінюють свою постійність за окремі міжфазні періоди або в цілому за вегетацію. Головними причинами порушення постійності сум є фотоперіодична реакція рослин та біологічна нерівноцінність різних температур. В залежності від тривалості дня темпи розвитку сільськогосподарських культур збільшуються або зменшуються. В зв'язку з цим за визначений період розвитку вони задовольняються більшими або меншими сумами температур. Крім того, підвищення температури зверх визначеного рівня вже не прискорює, а навпаки, уповільнює розвиток рослин і приводить до збільшення загальної суми.

Температура, за якої не спостерігається прискорення розвитку рослин, називається баластною.

Дослідженнями підтверджено, що помилки в сумах температур також обумовлюються значеннями добової амплітуди температури повітря. При одній і тій же середній добовій температурі інтенсивність біохімічних процесів в рослині тим вище, чим більше добова амплітуда температури повітря. Тому одні й ті ж сільськогосподарські культури в континентальних районах задовольняються в розвитку дещо меншими сумами температур, ніж в районах з морським кліматом.

З вищевказаного витікає висновок, що для правильного підрахунку сум температур необхідно враховувати головні фактори, які викликають їх непостійність (тривалість дня, високі температури вдень і добовий хід температури повітря). Враховуються ці умови шляхом введення відповідних поправок на широту місця, баластні температури і континентальність клімату.

Правильне визначення сум температур забезпечує їм достатню стійкість, що дозволяє використовувати їх як надійний показник потреби сільськогосподарських культур у теплі і в окремі міжфазні періоди, і в цілому за вегетаційний період.

1.2 Визначення біологічного мінімуму та сум ефективних температур повітря методом найменших квадратів

Метод найменших квадратів є одним з найбільш поширених методів математичної обробки даних. Розглянемо залежність між сумами додатних температур ∑T та тривалістю міжфазного періоду N, яка описується рівнянням лінійної регресії виду:

$$y = A\,x + B \tag{4}$$

де y – сума додатних середньодобових температур за період, ºС;

x – тривалість міжфазного періоду, дні.

За даними спостережень будується графік (*рис. 1*). 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:

$$\sum h_i^2 = \sum (y_i - Ax_i - B)^2 \tag{5}$$

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

$$\begin{cases} A\sum x_i + Bm = \sum y_i \\ A\sum x_i^2 + B\sum x_i y_i \end{cases} . \tag{6}$$

Параметр A є коефіцієнтом регресії, значення якого й буде біологічним мінімумом температури повітря. Він становить тангенс нахилу прямої (лінії регресії). Визначається за допомогою виразу:

$$A = \frac{m\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{m\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} . \tag{7}$$

Параметр B є вільним членом регресії та відповідає сумі ефективних температур за період, вище визначеного мінімуму. Він визначає місцезнаходження прямої на осі y, якщо x=0. Його визначають із першого рівняння системи (6) через знайдений A.

$$\mathrm{B} = 1/\mathrm{m}(\sum \mathrm{y_i} - \mathrm{A}\sum \mathrm{x_i}) . \tag{8}$$

Одержані формули повністю визначають лінійну регресію щодо заданої вибірки. Згадаємо, що у рівнянні (4) ($y = Ax + B$): y – сума

позитивних температур за період; *A* – біологічний мінімум температури (коефіцієнт регресії); *x* – тривалість міжфазного періоду у днях; *B* - 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).

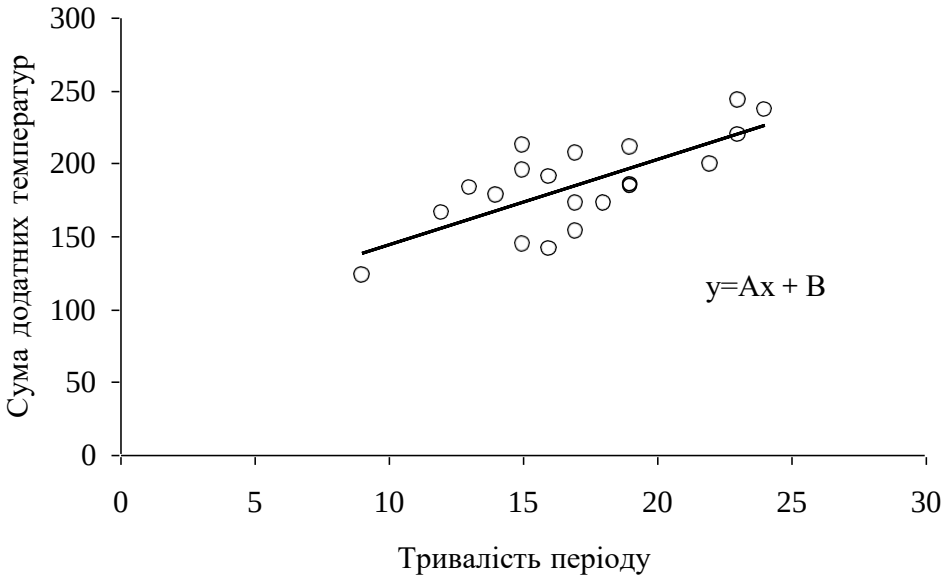


Рис. 1. Залежність між сумами додатних температур за період *y* та тривалістю міжфазного періоду *x* за період сівба-сходи вівса, Житомирська область, ст. Олевськ.

1.3 Визначення біологічного мінімуму та сум ефективних температур повітря 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:

$$r_{x,y} = \frac{\sum \Delta x_i \cdot \Delta y_i}{\sqrt{\sum \Delta x_i^2 \cdot \sum \Delta y_i^2}} \quad . \qquad (9)$$

Після визначення $r_{x,y}$ і встановлення лінійного зв'язку визначаються параметри рівняння цього зв'язку. Загальний вигляд рівняння (*6*):

$$y = Ax_i + B \ .$$

Коефіцієнт регресії рівняння лінійної регресії двох змінних:

$$A = r_{x,y} \frac{\sigma_{y_i}}{\sigma_{x_i}}, \qquad (10)$$

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

$$\sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{m-1}}; \quad \sigma_{y_i} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_i^2}{m-1}} \quad . \qquad (11)$$

Значення параметра B дістанемо з рівняння:

$$B = \bar{y} - \bar{x} \cdot r_{x,y} \cdot \frac{\sigma_{y_i}}{\sigma_{x_i}} \quad . \qquad (12)$$

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

Середнє квадратичне відхилення є дуже важливою статистичною характеристикою. Середнє квадратичне відхилення (σ) - це основний найпоширеніший показник мінливості, який показує, наскільки в середньому відхиляється кожна варіанта від середньої арифметичної даної вибірки.

Кожна вибірка має ряд варіант більших і менших за середню арифметичну. Відхилення варіант від середньої арифметичної із знаком "+", "-" при їх підсумовуванні завжди взаємогасяться і X дорівнюють нулю $\sum(X - \overline{X}) = 0$. Тому в основному розрахунку середнього квадратичного відхилення беруть квадрати відхилень $(X - \bar{X})^2$. Середнє квадратичне відхилення - величина завжди позитивна, поіменована і вимірюється в тих же одиницях, в яких визначають ознаку.

У математичній статистиці середнє квадратичне відхилення часто називають стандартним відхиленням або просто стандартом.

При нормальному розподілі близько 2/3 всіх відхилень значень величини від її середнього арифметичного значення не перевищують по абсолютній величині середнє квадратичне відхилення, тобто входять в цю величину. Середнє квадратичне відхилення $\boldsymbol{\sigma^2}$ вибіркової середньої $\boldsymbol{x}$ називають середньоквадратичної помилкою, або просто середньої помилкою (те ж і для $\boldsymbol{y}$).

1.4 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 (C_v,%), як і середнє квадратичне відхилення, також характеризує ступінь мінливості ознак. Його використовують для порівняння ступеня варіювання різнойменних ознак одної вибіркової сукупності або однойменних ознак різних вибіркових сукупностей. У питаннях порівняння ступеня мінливості коефіцієнт варіації має більш універсальне значення, ніж середнє квадратичне відхилення. За допомогою σ можна порівняти ступінь мінливості лише однойменних ознак між двома або більшим числом сукупностей за умови, що їх середні арифметичні за цією ознакою не дуже різняться між собою.

Коефіцієнт варіації є показником мінливості рядів, розкиду точок навколо середнього і розраховується з формули:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad . \qquad (13)$$

Розрахунок Cv за цією формулою проводять незалежно від того велика вибірка або мала. Чим більше однорідний ряд, тим буде менше значення C_v. В однорідному ряду значення C_v не перевищує 5-10%.

Залежно від числового значення коефіцієнта варіації виділяють мінливість високу ($Cv \geq 15$ %), середню (lv = 5 … 15 %) та низьку ($Cv < 5$%). Помилки середніх величин розраховують для того, щоб середні величини, одержані у вибірці, перенести для характеристики всієї генеральної сукупності, а також для оцінки достовірності розрахованих статистичних показників вибірки.

Для визначення біологічного мінімуму культури за будь-який міжфазний період, що найбільш відповідає даній культурі за визначений період, необхідно підрахувати суми ефективних температур отриманих від різних умовних порогів в районі ймовірного біологічного мінімуму, що визначаються з літератури (наприклад, 4, 5 ,6 ,7, 8°С). 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.

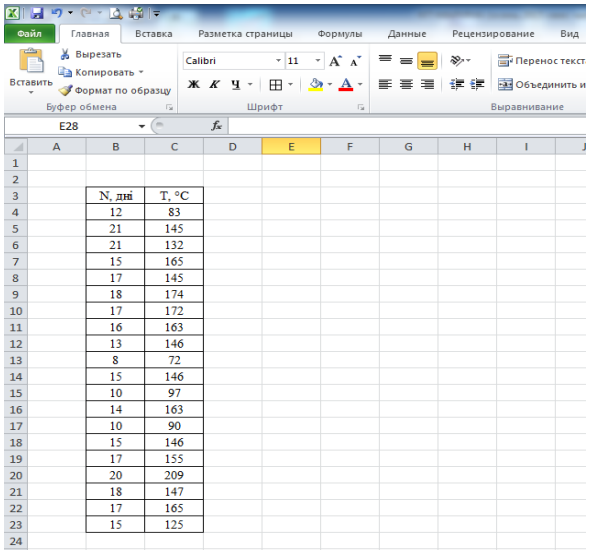
1.5 Графічний метод визначення зв'язку між сумами додатних температур повітря та тривалістю міжфазного періоду

Побудова графіка залежності є однією з типових математичних задач. На папері виконати дану процедуру не завжди просто. Але інструменти Excel, якщо в належній мірі оволодіти ними, дозволяють виконати це завдання точно і відносно швидко.

Залежність функції від аргументу є типовою алгебраїчної залежністю. Найчастіше аргумент і значення функції прийнято відображати символами: відповідно «x» і «y». Нерідко потрібно зробити графічне відображення залежності аргументу і функції, які записані в таблицю, або представлені в складі формули.

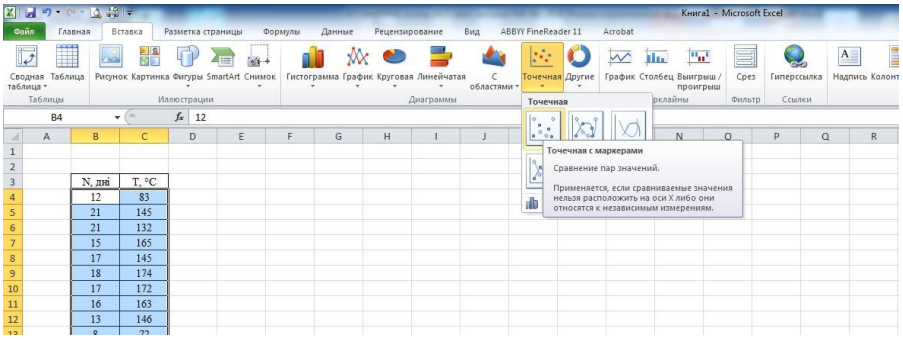
Розглянемо приклад.

1. Вносимо розрахункові данні (сума додатних температур та тривалість періоду) в табличний масив.

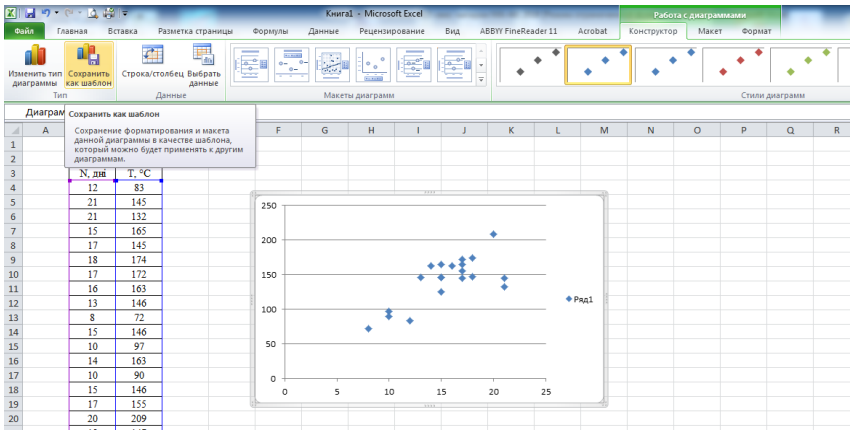


N, дні	T, °C
12	83
21	145
21	132
15	165
17	145
18	174
17	172
16	163
13	146
8	72
15	146
10	97
14	163
10	90
15	146
17	155
20	209
18	147
17	165
15	125

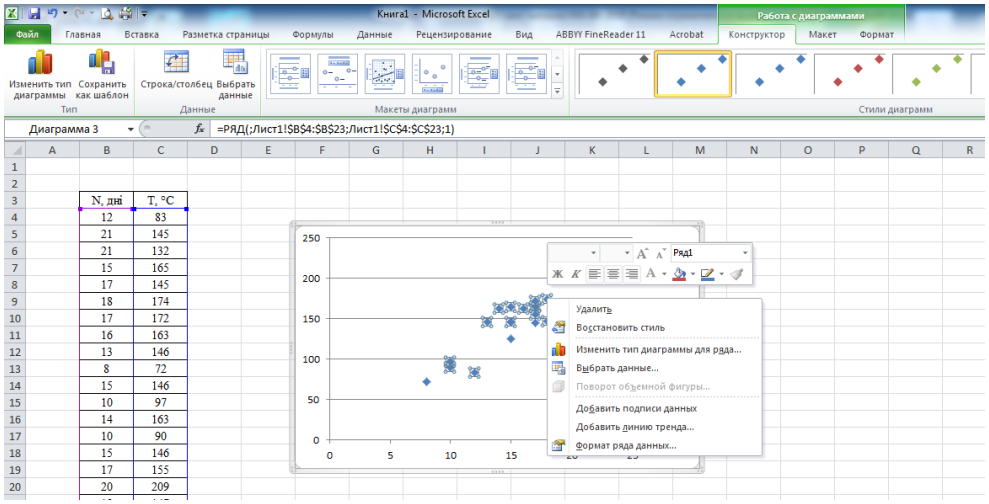
2. Виділяємо таблицю і переходимо у вкладку «Вставка». Обираємо «Діаграми» на стрічці. Відкривається вибір різних типів графіків. Для наших цілей вибираємо «точковий». Він розташовується сьомим в переліку. Клацаємо по ньому та обираємо «точковий з маркерами».



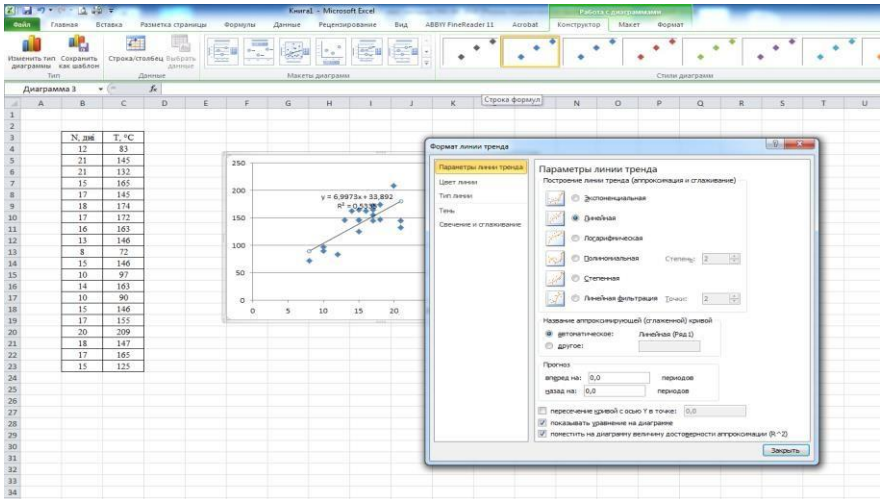
3. Програма проводить побудову діаграми.



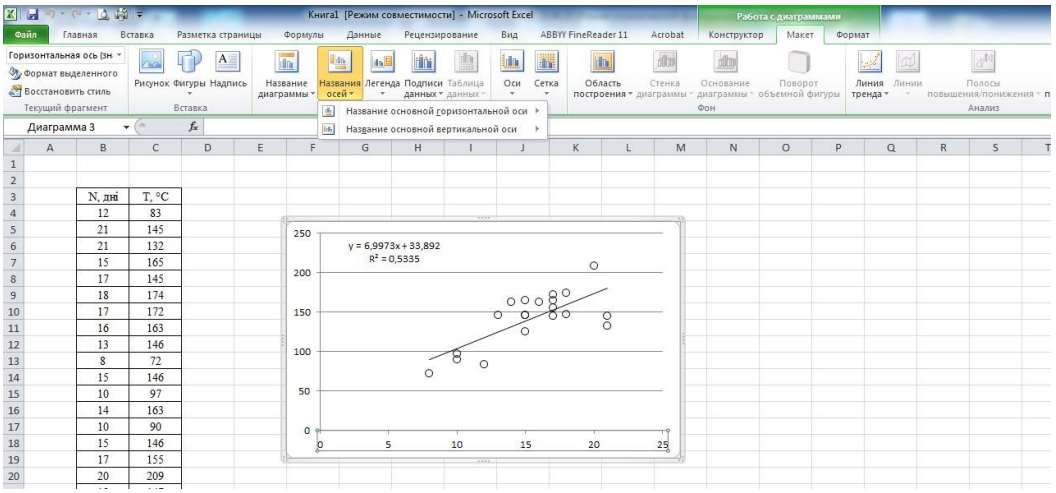
4. Наводимо курсор на будь-яку точку з графіку та клацаємо правою клавишою миши. З'являється віконце – обираємо «формат ряду даних».



5. Далі вибираємо параметри лінії тренду – «лінійна», та виділяємо «показати рівняння на діаграмі» та «поместити на діаграму величину достовірності».

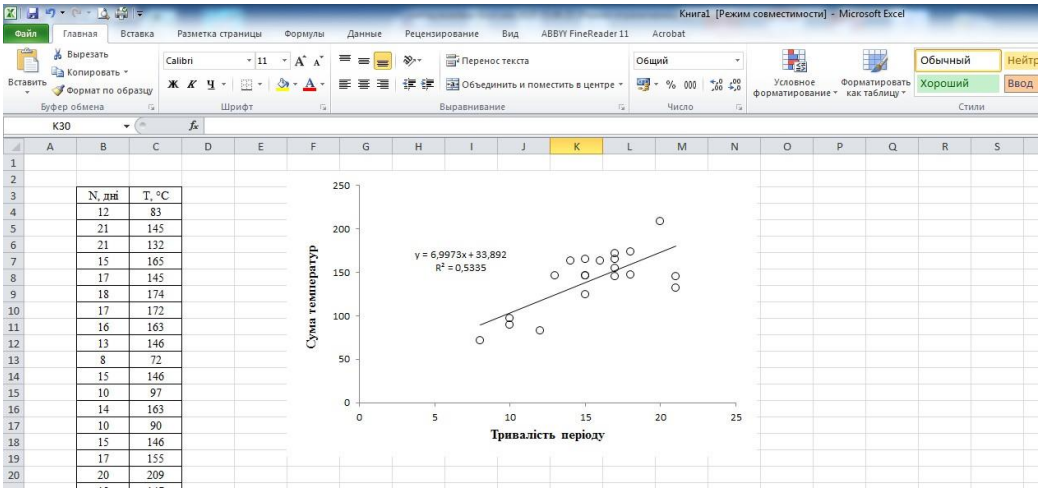


6. Власне на цьому побудова найпростішого графіка залежності можна вважати завершеним. Бажано відредагувати найменування діаграми, її осей, видалити легенду і зробити деякі інші зміни. Щоб зробити це, треба скористатися відповідним меню на вкладці «Макет» та обрати «назва осей», далі вибрати з початку «назва горизонтальної осі», а потім «назва вертикальної осі» та внести назви.



N, дні	T, °C
12	83
21	145
21	132
15	165
17	145
18	174
17	172
16	163
13	146
8	72
15	146
10	97
14	163
10	90
15	146
17	155
20	209

7. Отриманий графік переносимо до основної роботи. Слід зрозуміти, на якому аркуші вставляти діаграму. Це робиться як на новому, так і на існуючому аркуші. У першому випадку необхідно його створити. Якщо діаграма вставляється на цей же лист, то досить виділити необхідну осередок.



2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практична робота складається з:

І. Теоретичної частини, яка повинна містити відповіді на контрольні питання.

ІІ. Практичної частини, яка повинна містити таблиці та всі розрахунки, що проводились.

ІІІ. Висновків.

Порядок виконання практичної роботи.

1. Визначити свій варіант за номером залікової книжки (якщо остання цифра 0 або 1 – I варіант, якщо остання цифра 2 або 3 – II варіант, якщо остання цифра 4 або 5 – III варіант, якщо остання цифра 6 або 7 – IV варіант, якщо остання цифра 8 або 9 – V варіант).

2. Розрахувати тривалість міжфазних періодів сільськогосподарської культури, дані розрахунків занести в таблицю А1(Додаток А).

3. Розрахувати суми додатних температур та середню температуру за міжфазний період використовуючи данні з таблиці А 2 (Додаток А) - дані розрахунків занести в таблицю А1 (Додаток А).

4. За даними таблиці А1 (Додаток А) розрахувати А та В методом найменших квадратів, використовуючи таблицю Б 1 (Додаток Б) та формули (7) та (8).

5. Розрахувати коефіцієнт кореляції $r_{x,y}$ зв'язку сум додатних температур з тривалістю міжфазного періоду та знайти коефіцієнти рівняння регресії використовуючи таблицю Б 2 (Додаток Б).

6. Розрахувати *Cv* для п'яти рядів сум ефективних температур. За найменшим значенням *Cv* визначити біологічний мінімум культури використовуючи таблицю Б 3 (Додаток Б).

7. Побудувати графік зв'язку суми додатних температур та тривалістю міжфазного періоду, отримати значення А та В (використовуючи програмне забезпечення Microsoft XL).

8. Провести аналіз отриманих результатів.

3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення біологічного мінімуму розвитку сільськогосподарських культур.

2. Від чого залежить значення біологічного мінімуму?

3. Які вихідні дані використовують для розрахунку біологічного мінімуму?

4. Від чого залежить достовірність розрахунку біологічного мінімуму?

5. Який вигляд має залежність суми додатних температур від тривалості міжфазного періоду?

6. В чому сутність методу найменших квадратів?

7. Що таке $r_{x,y}$, та як його розраховують?

8. Що характеризує C_v, та як його розраховують?

9. Як розраховують біологічний мінімум розвитку рослин за допомогою коефіцієнтів варіації?

10. Що таке середньоквадратичне відхилення, що воно характеризує і як воно розраховується?

11. Чому при розрахунку σ в основному беруть не відхилення варіант від середньої арифметичної, а квадрат відхилення?

12. Що характеризує коефіцієнт прямолінійної регресії і які можливості застосування цього показника в агрометеорологічній практиці?

13. Поняття про вибіркову та генеральну сукупність. Які вибірки називають великими і малими?

14. Що означає середня арифметична і в яких одиницях вона виражається?

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса: «ТЕС», 2012. 629 с. URI: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2051

2. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М.. Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник. Одеса, 2002. 400 с. URI: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2126

3. Нелюбов В. О., Куруца О. С. Основи інформатики. Microsoft Excel 2016: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. 58 с.: іл. URI: https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/15617

4. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації /за ред. Л.Д. Гончарової, Є.П. Школьного. Одеса: Екологія, 2007. 464 с.

Додаткова

1. Дмитренко В.П. Принципи і засоби визначення потенціалу врожаю сільськогосподарських культур за еколого-географічними засадами. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2005. Вип. 254. С. 9-29.

2. Волошенко А.Б., Джалладова І.А. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни.: Київ, 2003. 256 с.

3. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» /за ред. Т.І. Адаменко, М.І.Кульбіди, А.Л.Прокопенка. Київ, 2016. 113 с. URI: https://dspace.organic-platform.org/xmlui/bitstream/handle/data/399/19_%20%20%20%20%20%20%20._%20%20%20%20%20_%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20.pdf?sequence=1

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Варіант 1

Таблиця А 1 - Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – поява нижнього стеблового вузла соломини (Харківська область, ст. Лозова)

Роки	Фази розвитку		Тривалість періоду, (N) дні	Сума додатніх температур, (∑T) ºС	Середня температура за період, ($T_{сер.}$)
	Відновлення вегетації	Поява нижнього стеблового вузла соломини			
1994	04.04	10.05			
1995	26.03	31.05			
1996	05.04	10.05			
1997	18.04	20.05			
1998	02.04	06.05			
1999	26.03	10.05			
2000	01.04	10.05			
2001	30.03	08.05			
2002	11.03	06.05			
2003	18.04	20.05			
2004	08.04	06.05			
2005	08.04	06.05			
2006	6.04	20.05			
2007	24.03	10.05			
2008	16.03	04.05			
2009	02.04	14.05			
2010	31.03	10.05			
2011	04.04	14.05			
2012	04.04	10.05			
2013	04.04	08.05			
Сума	-	-			
Серед.					

Таблиця А 2 – Середня за декаду температура повітря (Харківська область, ст. Лозова)

Роки	Березень			Квітень			Травень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1994	-4,8	0,0	2,0	8,5	14,8	11,2	9,9	16,3	15,3
1995	7,0	-0,7	2,8	4,5	9,3	15,1	10,7	14,7	21,3
1996	-5,4	-4,9	-1,9	4,7	7,0	13,6	18,4	20,7	17,4
1997	1,1	2,2	-1,7	5,0	4,8	9,3	17,0	19,7	13,9
1998	3,0	-0,3	-0,2	10,2	10,6	11,8	16,5	14,7	16,6
1999	5,0	-1,0	6,1	8,7	13,5	13,5	12,8	10,8	16,9
2000	0,7	-1,1	2,5	9,7	15,0	15,7	11,7	12,6	18,9
2001	1,2	6,0	1,7	8,3	10,4	13,5	16,1	14,0	12,6
2002	3,9	5,1	5,7	4,2	11,3	12,9	15,9	15,4	17,3
2003	-4,8	-1,5	-2,5	1,8	7,5	9,3	16,5	20,1	22,0
2004	-0,1	2,5	9,0	5,2	9,5	11,8	15,2	12,1	15,8
2005	-4,8	-1,0	-0,8	7,9	13,1	11,1	13,4	16,5	23,7
2006	-4,1	1,0	3,8	7,3	10,7	9,0	11,3	15,6	17,7
2007	2,2	3,6	6,4	8,1	7,7	10,0	10,0	19,5	25,3
2008	3,8	5,9	6,5	10,0	12,2	10,9	10,1	15,0	17,6
2009	-0,8	2,0	3,7	6,7	8,7	11,6	12,4	14,1	17,3
2010	-1,3	-1,2	5,,3	9,3	10,0	11,5	18,4	17,2	16,4
2011	-5,5	0,4	2,3	5,4	6,5	13,3	14,5	17,2	20,4
2012	-5,3	0,2	3,3	9,1	13,4	17,9	20,3	21,2	17,2
2013	-0,2	0,9	-0,3	9,4	11,1	13,8	19,1	20,2	20,7

Варіант 2

Таблиця А 1 - Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – поява нижнього стеблового вузла соломини (Харківська область, ст. Куп'янськ)

Роки	Фази розвитку		Тривалість періоду, (N) дні	Сума додатніх температур, (∑T) ºС	Середня температура за період, ($T_{сер.}$)
	Відновлення вегетації	Поява нижнього стеблового вузла соломини			
1994	04.04	04.05			
1995	24.03	30.04			
1996	10.04	02.05			
1997	06.04	16.05			
1998	06.04	04.05			
1999	28.03	12.05			
2000	02.04	28.04			
2001	31.03	30.04			
2002	10.03	02.05			
2003	14.04	18.05			
2004	08.04	28.04			
2005	06.04	30.04			
2006	10.04	10.05			
2007	22.03	10.05			
2008	14.03	20.04			
2009	02.04	04.05			
2010	02.04	08.05			
2011	04.04	10.05			
2012	06.04	10.05			
2013	02.04	30.04			
Сума	-	-			
Серед.					

Таблиця А 2 – Середня за декаду температура повітря (Харківська область, ст. Куп'янськ)

Роки	Березень			Квітень			Травень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1994	-5,2	0,0	1,9	7,9	13,1	11,5	9,4	16,2	15,4
1995	5,9	-0,3	2,6	5,5	11,7	15,7	10,9	15,6	22,1
1996	-5,4	-5,1	-2,8	4,2	7,9	13,0	19,0	21,9	17,4
1997	1,6	2,0	-1,2	5,3	5,5	9,1	17,1	18,7	14,1
1998	3,2	0,1	0,5	8,1	10,2	11,8	16,3	14,9	17,4
1999	4,0	-0,7	5,1	8,7	13,9	13,7	9,9	11,0	16,8
2000	0,4	-0,4	2,7	10,3	15,0	15,7	10,8	11,7	19,2
2001	0,7	4,5	1,4	7,9	10,6	13,6	16,0	15,3	12,8
2002	3,9	4,5	6,1	4,5	10,9	12,7	15,9	14,6	16,5
2003	-5,9	-1,1	-2,2	2,6	8,2	9,7	15,7	19,3	21,9
2004	0,5	2,9	9,1	5,7	9,4	12,0	14,9	12,3	16,3
2005	-5,4	-1,3	-0,9	7,2	13,5	11,5	13,8	16,2	24,0
2006	-4,2	1,0	3,0	7,5	11,3	9,7	12,6	16,3	18,3
2007	2,3	4,0	6,4	8,2	7,1	9,5	9,9	19,2	26,3
2008	3,9	5,9	6,9	11,9	12,0	11,5	9,9	14,9	17,6
2009	-0,7	2,0	4,3	6,5	8,1	10,9	13,7	13,8	17,5
2010	-1,0	-1,1	5,1	9,4	10,6	10,9	18,9	18,2	17,3
2011	-6,8	0,3	2,3	6,1	6,8	12,7	15,4	17,2	20,3
2012	-5,5	0,2	3,4	9,5	14,2	17,9	19,8	21,9	17,3
2013	0,2	0,8	-0,1	10,0	11,7	13,9	18,8	21,6	21,2

Варіант 3

Таблиця А 1 - Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – поява нижнього стеблового вузла соломини (Харківська область, ст. Золочів)

Роки	Фази розвитку		Тривалість періоду, (N) дні	Сума додатніх температур, (∑T) ºС	Середня температура за період, ($T_{сер.}$)
	Відновлення вегетації	Поява нижнього стеблового вузла соломини			
1994	04.04	18.05			
1995	26.03	20.05			
1996	12.04	24.05			
1997	16.04	28.05			
1998	06.04	20.05			
1999	26.03	12.05			
2000	04.04	04.05			
2001	02.04	08.05			
2002	14.03	06.05			
2003	18.04	24.05			
2004	22.03	06.05			
2005	06.04	10.05			
2006	10.04	12.05			
2007	20.03	6.05			
2008	20.03	30.04			
2009	04.04	14.05			
2010	06.04	14.05			
2011	08.04	18.05			
2012	08.04	14.05			
2013	08.04	10.05			
Сума	-	-			
Серед.					

Таблиця А 2 – Середня за декаду температура повітря (Харківська область, ст. Золочів)

Роки	Березень			Квітень			Травень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1994	-5,8	0,2	1,4	7,7	12,5	10,5	8,8	15,5	13,5
1995	6,2	-1,1	2	3,5	9,8	15	9,8	14,8	20,9
1996	-5,9	-5,3	-2,4	3,3	6,8	13	18,1	21	16,4
1997	1,4	1,6	-2,3	4,2	4,1	7	16,2	17,6	12,2
1998	2,8	-0,7	0,2	6,8	8,7	11,6	15,8	13,8	16,1
1999	3,8	-1,2	5,4	8,4	13,1	13,2	8,4	10,2	16,6
2000	-0,1	-1	2	9,2	14,6	15,2	10,3	11,4	17,6
2001	-0,1	4,0	0,5	7,4	9,9	13,2	14,7	13,1	11,6
2002	3,1	4,2	5,7	3,8	10,9	12,1	14,6	13,1	15,6
2003	-5,0	-1,3	-3,1	1,3	7,2	8,4	15,1	18,0	20,8
2004	-0,9	2,5	7,9	4,7	8,4	10,5	14,0	11,1	14,1
2005	-6,5	-2,6	-1,7	7,4	12,3	9,9	12,7	15,4	22,3
2006	-5,5	0,4	1,9	5,9	10,2	9,1	12,2	14,7	16,3
2007	2,0	4,0	6,4	6,9	6,8	8,7	9,2	18,2	24,4
2008	3,5	5,0	5,7	11,0	11,1	10,3	9,5	14,2	16,3
2009	-0,8	1,4	2,9	6,2	7,9	10,6	13,7	12,6	16,7
2010	-3,3	-3,7	3,7	8,7	10,2	10,6	18,4	17,9	16,7
2011	-6,6	0,4	1,8	4,8	5,9	12,8	14,4	16,1	19,9
2012	-6,5	-0,1	2,7	8,2	13,0	17,6	19,0	20,2	17,0
2013	-0,9	-1,3	-3,3	6,5	11,3	13,0	17,6	20,7	19,9

Варіант 4

Таблиця А 1 - Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – поява нижнього стеблового вузла соломини (Одеська область, ст. Затишшя)

Роки	Фази розвитку		Тривалість періоду, (N) дні	Сума додатніх температур, (∑T) ºС	Середня температура за період, ($T_{сер.}$)
	Відновлення вегетації	Поява нижнього стеблового вузла соломини			
1994	24.03	24.04			
1995	29.03	3.05			
1996	24.03	5.05			
1997	4.03	10.04			
1998	4.03	12.04			
1999	14.03	20.04			
2000	21.03	04.05			
2001	16.03	02.05			
2002	01.03	22.04			
2003	18.03	11.04			
2004	31.03	2.05			
2005	02.03	20.04			
2006	22.03	20.04			
2007	04.03	18.04			
2008	08.03	22.04			
2009	04.03	12.04			
2010	12.03	18.04			
2011	26.03	14.05			
2012	14.03	14.04			
2013	16.03	28.04			
Сума	-	-			
Серед.					

Таблиця А 2 – Середня за декаду температура повітря (Одеська область, ст. Затишшя)

Роки	Березень			Квітень			Травень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1994	-3,2	-0,6	7,3	13,6	7,8	12,4	12,9	17,8	19,9
1995	-9,4	-6,4	1,6	5,0	3,6	8,7	10,5	16,0	15,3
1996	0,6	1,3	5,2	8,3	6,5	9,9	12,0	15,9	17,7
1997	3,7	6,5	7,5	10,2	11,9	13,8	13,0	17,9	14,7
1998	5,3	6,8	11,2	10,1	9,3	10,2	14,4	18,2	13,8
1999	-2,4	2,5	5,1	8,3	11,9	7,9	14,3	13,7	11,5
2000	2,3	2,5	6,9	8,5	8,4	8,5	15,6	14,5	13,1
2001	-4,7	2,4	6,3	7,0	5,6	11,8	15,2	16,1	17,2
2002	1,9	4,4	5,4	8,9	13,2	12,5	11,7	18,1	17,3
2003	7,3	0,7	3,1	6,1	7,8	13,8	10,1	12,9	19,4
2004	-5,6	-3,3	0,6	5,5	6,3	15,0	17,4	20,6	17,5
2005	4,0	3,5	1,3	6,4	6,0	8,2	17,2	20,3	13,4
2006	6,0	-1,4	0,5	14,5	11,3	11,6	14,8	14,4	15,1
2007	7,2	-0,1	5,4	10,0	10,6	12,6	10,6	12,9	17,6
2008	3,5	0,9	5,1	7,5	13,3	16,1	14,3	16,9	18,4
2009	4,6	7,4	2,4	9,6	9,7	12,6	15,0	12,4	14,2
2010	7,6	6,2	5,7	5,4	12,0	12,4	16,1	17,0	18,3
2011	-2,6	1,1	1,0	3,0	8,6	10,7	18,8	20,6	20,8
2012	-1,1	6,1	8,8	7,2	11,0	12,3	14,2	12,9	15,0
2013	-4,0	2,8	2,9	7,2	12,8	10,5	12,7	14,4	21,7

Варіант 5

Таблиця А 1 - Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – поява нижнього стеблового вузла соломини (Одеська область, ст. Сербка)

Роки	Фази розвитку		Тривалість періоду, (N) дні	Сума додатніх температур, (∑T) ºС	Середня температура за період, ($T_{сер.}$)
	Відновлення вегетації	Поява нижнього стеблового вузла соломини			
1994	27.03	22.04			
1995	01.04	16.05			
1996	16.03	26.04			
1997	4.03	18.04			
1998	6.03	15.04			
1999	18.03	22.04			
2000	10.03	26.04			
2001	22.03	30.04			
2002	14.03	28.04			
2003	2.03	28.04			
2004	02.04	02.05			
2005	02.03	26.04			
2006	2.03	3.05			
2007	02.03	20.04			
2008	11.03	20.04			
2009	08.03	16.04			
2010	1.03	09.04			
2011	31.03	20.04			
2012	16.03	22.04			
2013	16.03	20.04			
Сума	-	-			
Серед.					

Таблиця А 2 – Середня за декаду температура повітря (Одеська область, ст. Сербка)

Роки	Березень			Квітень			Травень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1994	-2,4	0,3	7,5	12,4	8,5	12,0	12,6	17,5	19,8
1995	-8,4	-6,4	2,0	5,4	4,2	8,8	10,6	15,7	15,9
1996	2,0	2,0	5,5	8,4	7,5	10,0	11,4	15,7	18,8
1997	4,4	6,6	7,5	10,8	12,0	13,9	13,6	17,7	15,3
1998	6,0	6,8	11,2	10,0	9,8	11,2	14,5	18,7	14,3
1999	-1,5	3,4	5,5	8,5	12,1	8,7	14,1	14,2	13,1
2000	2,9	2,7	6,5	8,2	8,1	8,3	15,2	15,2	13,4
2001	-4,5	1,5	6,4	7,9	6,7	11,4	15,8	16,0	17,3
2002	1,4	4,4	5,3	8,9	13,8	13,0	12,1	17,3	18,0
2003	7,3	1,6	3,3	6,5	8,2	13,7	10,4	13,0	19,6
2004	-4,9	-2,0	2,0	6,7	7,6	14,6	17,3	20,9	18,5
2005	4,3	3,9	1,3	6,4	6,8	8,8	16,9	19,8	13,6
2006	7,0	-0,6	1,5	14,0	12,1	12,1	15,3	15,3	15,8
2007	6,9	1,1	3,7	10,2	11,2	13,3	10,4	13,2	17,6
2008	3,9	1,4	5,9	8,2	12,5	16,3	13,6	16,5	19,2
2009	4,6	6,9	3,2	9,3	9,8	13,1	16,1	12,5	14,9
2010	7,8	6,3	6,6	5,6	11,9	12,5	16,2	17,1	18,8
2011	-1,5	1,7	0,9	4,3	9,9	10,6	17,8	20,7	20,8
2012	-0,1	5,5	9,6	6,8	11,0	11,7	14,0	13,0	14,9
2013	-3,6	3,1	3,2	6,8	13,2	11,5	12,8	14,8	22,6

ДОДАТОК Б

Таблиця Б 1 - Розрахунок А та В методом найменших квадратів

№ п/п (m)	Роки	$n(x_i)$	$\sum T(y_i)$	x_i^2	$x_i\, y_i$
1	1994				
2	1995				
3	1996				
…	…				
19	2012				
20	2013				
Сума	-	$\sum x_i =$	$\sum y_i =$	$\sum x_i^2 =$	$\sum x_i\, y_i^2 =$

Таблиця Б 2 - Розрахунок залежності між двома змінними величинами

№ (п/п)	$n(x_i)$	$\sum T(y_i)$	$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$	$\Delta y_i = y_i - \bar{y}$	Δx_i^2	Δy_i^2	$\Delta x_i \cdot \Delta y_i$
1							
2							
3							
…							
19							
20							
Сума	$\sum x_i =$	$\sum y_i =$	-	-	$\sum \Delta x_i^2 =$	$\sum \Delta y_i^2 =$	$\sum \Delta x_i \cdot \Delta y_i =$
Середня	$\bar{x} =$	$\bar{y} =$	-	-	-	-	-

Таблиця Б 3 – Розрахунок коефіцієнтов варіації C_V

Біологічний мінімум	4 °C			5 °C			…..	8 °C		
	X_{1i}	ΔX_{1i}	ΔX_{1i}^2	X_{2i}	ΔX_{2i}	ΔX_{2i}^2		X_{5i}	ΔX_{5i}	ΔX_{5i}^2
1 2 . . m										
$\sum$		-			-				-	
$\bar{x}$		-			-				-	
$Б_{xi}$										
C_{Vi}										