

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Допустити до захисту  
Завідувач кафедри  
к.т.н., проф. Гунько І.В.

---

(Підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

" \_ " \_\_\_\_\_ 2023р.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ  
НА ЙОГО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ  
РОДЮЧОСТІ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
за спеціальністю 208 « Агроінженерія »

Виконавши: студент групи 71-АІ-маг-3  
**Полозун Петро Сергійович**

---

Керівник: к.т.н., проф.  
Гунько Ірина Василівна

---

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Інженерно-технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**  
завідувач кафедри  
к.т.н. , проф. Гунько І.В.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 нар.

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

студенту Полозуну Петру Сергійовичу

на тему

«Дослідження впливу різних способів обробітку ґрунту на його фізико-механічні показники та збереження родючості»

затверджено Наказом від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року №

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План-проспект магістерської роботи.
3. Підручники та навчально-методичні посібники, статистичні дані.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТІ).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних за попередній період.

**Календарний план виконання магістерської роботи**

<b>Структура роботи</b>		<b>Об'єм, стор .</b>	<b>Термін підготовки</b>	<b>Підпис керівника</b>
Анотація		1	Листопад 2023 року	
Вступ		2	Листопад 2023 року	
Розділ 1	АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТУ	24	Листопад 2023 року	
Розділ 2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТУ	13	Листопад 2023 року	
Розділ 3	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	29	Листопад 2023 року	
Розділ 4	РЕГУЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТУ	16	Листопад 2023 року	
Висновки		4	Листопад 2023 року	
Список використаної літератури		8	Квітень 2023 року – листопад 2023 р. нар.	

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту «\_\_»\_\_\_\_\_2023р.

Завдання видано «\_\_»\_\_\_\_\_2023 р.

Завдання прийнявши до виконання П.С. Полозун

Керівник \_\_\_\_\_ І.В. Гунько, к.т.н., проф.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП .....	6
1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ .....	8
1.1 Вплив способів основного обробітку ґрунту на врожайність озимої пшениці .....	8
1.2 Основні фізичні властивості ґрунту.....	13
1.3 Фізико-механічні властивості ґрунту.....	18
2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ .....	25
2.1. Теплові властивості та тепловий баланс ґрунту .....	25
2.2. Типи теплового режиму ґрунтів .....	27
2.3. Схема, методика та агротехніка в досліді .....	33
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
3.1. Вплив способів основного обробітку ґрунту на зростання та розвиток рослин озимої пшениці.....	35
3.2. Структура врожаю озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту.....	44
3.3. Вплив способів основного обробітку ґрунту на врожайність озимої пшениці .....	48
4. РЕГУЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ .....	51
4.1 Негативні зміни фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів .	51
4.2 Заходи щодо покращення фізико-механічних властивостей, збереження та відновлення ґрунтової структури .....	54
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	59
ДОДАТКИ.....	69
Додаток А.....	70

## АНОТАЦІЯ

Полозун П.С. Дослідження впливу різних способів обробітку ґрунту на його фізико-механічні показники та збереження родючості.

Рукопис.

Магістерська робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 208 Агроінженерія .

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2023

Дослідження, присвячене впливу різних способів обробітку ґрунту на його фізико-механічні показники та збереження родючості, становить актуальний внесок у сучасне розуміння аграрних процесів. У роботі систематизовано та проаналізовано різноманітні методи обробітку ґрунту, включаючи плуговий обробіток, безплугові технології та мінімальну обробку. Здійснено оцінку впливу цих методів на фізико-механічні характеристики ґрунту, такі як структура, щільність та водопроникність.

Результати дослідження вказують на важливі зміни у фізико-механічних властивостях ґрунту в залежності від застосованого методу обробітку. Особлива увага приділяється збереженню родючості ґрунту, і виявлено, що деякі методи обробітку сприяють збереженню ґрунтової структури та мікробіологічної активності, що сприяє підтримці плідородження.

Отримані результати можуть служити підставою для раціонального вибору методів обробітку ґрунту в агропромисловому виробництві з метою забезпечення оптимальних фізико-механічних властивостей та довготривалої родючості ґрунтів. Ця робота має важливе значення для розвитку стійких та екологічно ефективних методів обробітку ґрунту у контексті вирощування продуктивних сільськогосподарських культур.

Ключові слова: фізико-механічні показники, родючість, плуговий обробіток, безплугові технології, ґрунтова структура, мінімальна обробка, мікробіологічна активність, екологічна ефективність, агроєкосистема.

## ABSTRACT

Polozun P.S. Study of the influence of different methods of soil cultivation on its physical and mechanical parameters and preservation of fertility.

Manuscript.

Master's thesis for obtaining an educational and qualification level

"Master" in the specialty 208 Agricultural engineering.

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, 2023

Research devoted to the influence of different methods of soil cultivation on its physical and mechanical parameters and preservation of fertility is a relevant contribution to the modern understanding of agrarian processes. The work systematizes and analyzes various tillage methods, including plowing, plowless technologies, and minimal tillage. The impact of these methods on the physical and mechanical characteristics of the soil, such as structure, density, and water permeability, was evaluated.

The results of the study indicate important changes in the physical and mechanical properties of the soil depending on the applied method of cultivation. Special attention is paid to the preservation of soil fertility, and it was found that some methods of cultivation contribute to the preservation of soil structure and microbiological activity, which contributes to the maintenance of fertility.

The obtained results can serve as a basis for the rational choice of soil cultivation methods in agro-industrial production in order to ensure optimal physical and mechanical properties and long-term soil fertility. This work is important for the development of sustainable and environmentally efficient tillage methods in the context of growing productive crops.

Key words: physical and mechanical indicators, fertility, plowing, no-plow technologies, soil structure, minimal tillage, microbiological activity, ecological efficiency, agroecosystem.

## ВСТУП

Найважливішим завданням сільськогосподарського виробництва є отримання достатньої кількості продуктів харчування для населення та сировини для промисловості. Це завдання дуже складне і в нашій країні досі не вирішене.

Основною продовольчою культурою нашої країни є озима пшениця.

Пшениця – основна хлібна культура більшості країн світу – широко вирощується від північних полярних районів до південних меж. Озима пшениця належить до цінних і високоврожайних культур. Зерно багате клейковинними білками та іншими цінними речовинами, тому широко використовується для продовольчих цілей, особливо хлібопеченні та кондитерської промисловості, а також для виробництва крупи, макаронів та інших продуктів. Пшеничні висівки висококонцентрований корм для тварин. Солома та м'якіна мають велику кормову цінність; в 100 кг соломи міститься 20-22 кормові одиниці і 0,5 перетравного протеїну. Озима пшениця вирощується на 18 млн. га в СНД, 10 млн. га в Україні вона висівається на площі 1,4 млн. га, що становить понад 30% ріллі.

При незмінності площ головний шлях збільшення валового виробництва зерна цієї культури передбачається в основному за рахунок її врожайності. Це вирішується шляхом впровадження прогресивних технологій вирощування сильних і цінних пшениць на основі високої культури землеробства, освоєння зональних науково-обґрунтованих систем землекористування, ведення сільського господарства в більшості районів країни можна отримувати по 40-50 ц зерна 1 га і більше.

В даний час в аграрному виробництві як першочергове завдання висувається, впровадження ресурсозберігаючих екологічно безпечних технологій обробки сільськогосподарських культур до них відносяться технології з мінімальною, так званою нульовою обробкою ґрунту. Використання цих технологій при вирощуванні сільськогосподарських

культур. Дає можливість суттєво знизити витрати енергії на одиницю продукції, що виробляється.

**Мета дослідження:** Визначення впливу різних методів обробітку ґрунту на його фізико-механічні показники та збереження родючості.

**Об'єкт дослідження:** Ґрунтовий горизонт та його фізико-механічні характеристики.

**Предмет дослідження:** Вплив різних способів обробітку ґрунту на фізико-механічні властивості та родючість.

**Завдання дослідження:**

1. Провести аналіз різних методів обробітку ґрунту.
2. Визначити фізико-механічні показники ґрунту в залежності від застосованого методу обробітку.
3. Оцінити збереження родючості ґрунту при різних способах обробітку.
4. З'ясувати взаємозв'язок між фізико-механічними властивостями ґрунту та рівнем його родючості.
5. Визначити екологічну ефективність різних методів обробітку ґрунту.

Наукова новизна полягає в комплексному підході до дослідження взаємозв'язку між фізико-механічними властивостями ґрунту та збереженням його родючості при різних методах обробітку.

Методи дослідження включають теренові дослідження для збору ґрунтових зразків та фіксації умов обробітку, лабораторні аналізи для визначення фізико-механічних показників ґрунту, статистичний аналіз для обробки та інтерпретації отриманих результатів та літературний огляд для систематизації існуючих даних та теоретичного обґрунтування дослідження.



## **1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ**

### **1.1 Вплив способів основного обробітку ґрунту на врожайність озимої пшениці**

При створенні раціональної системи обробітку ґрунту необхідно мати точні уявлення про роль її у житті сільськогосподарських рослин.

Узагальнюючи результати багаторічних досліджень агрофізичного науково-дослідного інституту з питань фізики ґрунтів, І.Б. Ревут, В.Г. Лебедева та А.І. Абрамів так писали про значення щільності складання ґрунту: «Щільність ґрунту є первинним і визначальним фактором всієї фізики ґрунтів. З нею безпосередньо пов'язані водний, тепловий та повітряний режими у ґрунті... щільність є найбільш значним фактором її родючості...». Величина щільності залежить від способу обробітку ґрунту.

Різні способи обробітку ґрунту впливають на його структурний стан, будову орного шару, водно-повітряний, харчовий та тепловий режими, тим самим впливають на умови росту рослин, що позначається на їх урожайності.

Однією з важливих агрофізичних властивостей є її структура, дослідженнями Б. І. Тарасенка встановлено, що велика щільність орного горизонту на просапних попередниках ускладнює їх оранку, що призводить до значної глибинності, яка іноді сягає 70 % . Глибокий ґрунт втрачає продуктивну вологу, утруднюється посів і загортання насіння в ґрунт, їх контакт із ґрунтом, знижується схожість і в результаті знижується врожай озимої, пшениці .

В останні роки велика увага приділяється вивченню обробки ґрунту під озиму пшеницю після просапних, з використанням важких дискових борон, плоскорізом, фрези комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що поєднують у собі робочі органи плоскоріза, дискової борони та ковзанки.

Щоб забезпечити своєчасні сходи озимих, оптимальне постачання рослин вологою та поживними речовинами протягом усієї вегетації потрібно

прийомами обробітку ґрунту створити таку будову ґрунту, яка б дозволила перетворити потенційну родючість ґрунту на ефективну.

За даними Б.І. Тарасенко механічна обробка ґрунту дуже впливає на щільність складання ґрунту, яка набуває великого значення у забезпеченні рослин основними факторами життя на ґрунтах з важким механічним складом в умовах надлишкового улагодження.

Дослідженнями Б.М. Вербова на в чорноземах встановлена оптимальна щільність для озимої пшениці 1,20-1,26.

І.Б. Ревут зазначає, що при фрезерній обробці ґрунту вона чудово кришиться на дрібні грудки без розпилення при повній відсутності брил.

Застосування фрезерної обробки після парових попередників проти оранням як свідчить Л.Риндич сприяло створенню найбільш сприятливого складання оброблюваного шару ґрунту, оптимальному закладенню насіння і підвищенню їх схожості.

За даними Б.А. Доспіхова застосування фрезерних агрегатів дозволяє на 50-70% скоротити кількість обробітків ґрунту при його підготовці до посіву зернових культур, підвищити якість обробки ґрунту в умовах нестачі вологи.

Механічна обробка ґрунту сприяє регулюванню водно-повітряного режиму, що має велике значення для рослин озимої пшениці.

Дослідженнями О.П. Царичанського, Н.В. Добродомова вивчали вплив передорного розпушування ґрунту щелерізом на глибину 80 см з інтервалом переходу ножа – дренажа через 1м. В результаті умови зростання кукурудзи покращилися. Водний режим ґрунту та його будова були більш сприятливими. Врожайність зеленої маси кукурудзи збільшилася на 14,5-15,8%.

У 1992-93 рр. вивчалася три способи основного обробітку ґрунту під цукрові буряки на чотирьох рівнях родючості. Способи основної обробки ґрунту не мали істотного впливу на накопичення вологи в шарі 0-200 см. Найбільш продуктивно витрачали вологу рослин цукрових буряків на варіанті з відвальною обробкою (на 30-32 см) з глибоким розпушуванням (на 60-70 см) 1992 р. і рекомендованою обробкою (пошарова з оранкою на 30-32 см) у 1993

р. при підвищенні рівня родючості коефіцієнт водоспоживання знижується. У 1992 р. він був найнижчим на Фоні з 60 кг/га P205 та 200 тонн на 1 га гною.

Пряма і непряма дія обробки ґрунту пов'язана з регулювання доступності поживних речовин, впливом на окремі компоненти родючості ґрунту. Обробка ґрунту впливає на розмір ґрунтових агрегатів, форму їх розташування з урахуванням їх гранулометричного складу, що забезпечує кращий стан обсягів твердого, рідкого та газоподібного ґрунту, а в результаті регулює фізико-хімічні, хімічні та біологічні процеси у ґрунтового середовищі та забезпечує прискорення або уповільнення процесів синтезу чи руйнування органічної речовини (6).

За даними В.В. Терещенко мінімілізація обробки чорної пари без істотного зниження врожайності була доцільною лише в одній ланці системи при весняно-літньому догляді. Застосування мінімілізації як у системі основної обробки, так і при догляді за парною призводило до значного (6,6-7,1 ц/га) зниження врожайності пшениці озимої.

Найвища врожайність зерна пшениці озимої була на варіанті з поверхневою обробкою за попередником кукурудза на зерно. Достовірна надбавка врожайності в порівнянні з оранкою на 20-22 см тут склала 3,1 ц/га. Таке підвищення врожайності обумовлено в основному більшою повнотою сходів і густина стояння рослин на 1 м кв. при приблизно однаковій продуктивності одного колосу (посушливий рік) у сприятливому за вологозабезпеченістю році найкращий весняний розвиток рослин та більш продуктивний колос озимої пшениці формувався на зораних ділянках. Перевищення збору порівняно з поверхневою обробкою тут становило 1,4 ц/га.

- лісовому ґрунті озиму пшеницю вирощували в умовах проведення основного обробки ґрунту шляхом оранки на глибину 23-25 см, плоскорізного обробки ґрунту на глибину 8-10 см. у варіантах з поверхневою обробкою. Найбільша врожайність пшениці озимої спостерігалася на ділянках після проведення поверхневого розпушування 42,1 ц/га.

У досліджах С.І. Савельєва за кожен сантиметр глибини закладення насіння вузол кушіння заглиблюється на 0,2-0,3 мм. Таким чином, залягав на достатній глибині, необхідно домогтися рівномірного розподілу насіння озимої пшениці на глибині в період посіву.

Одним з перших на Кубані глибину та способи основного обробітку ґрунту під озиму пшеницю використовував Н.М. Пушкар'єв. У його звітах йдеться про те, що поглиблення оранки після соняшнику під озиму пшеницю на Кубані дає негативний результат. У середньому за два роки вищий урожай озимої пшениці був отриманий при оранці на глибину до 15 см.

Дослідження багатьох вчених (2, 3, 4, 5) показали, що застосування поверхневої обробки ґрунту після орних попередників вигідне і витрати значно менші. Вони більш ніж в 1,5 рази нижчі від плужної обробки і наступної роздільної ріллі.

Як правило, до подібного вибору відносять перевагу поверхневим обробкам порівняно з глибшими, пройшла більшість досліджень, які вирощують озиму пшеницю в умовах недостатнього або помірного зволоження, а також на легких за механічним складом ґрунтах, що мають рівноважну щільність додавання до оптимальної для зростання озимої пшениці. Однак при обробці озимої пшениці в районах з надмірним зволоженням на важких глинистих ґрунтах, що дуже сильно ущільнюються, до критичних фаз росту рослин, багато вчених говорять про перевагу оранки і навіть більш глибокої, ніж звичайна, у порівнянні з поверхневою обробкою.

В результаті дворічних досліджень (1992-1993 рр.) встановлено, що способи основного обробітку ґрунту помітно впливали на зміну об'ємної маси в шарі 0-30 см на природному фоні родючості і там, де вносили 200 тонн/га гною та 20 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2).

У орному шарі 30-60 см помітний вплив на зниження щільності складання ґрунту надавало безвідвальне розпушування на 70 см з наступним оранкою на 30-32 см на всіх рівнях родючості. Способи основної обробки незначно впливали на агрегатний склад вилуженого чорнозему на посівах

цукрових буряків. Внесення великих доз органічних добрив сприяло деякому підвищенню водоміцності ґрунтових агрегатів.

А.П. Царичанський , А.Л. Гордієнко вивчали різні варіанти систем обробітку ґрунту у східній підзоні Краснодарського краю. Найбільш ефективним прийомом у боротьбі виявилася оранка комбінованим орним агрегатом . Порівняно з дискуванням у 2-3 сліди врожайність зерна пшениці озимої тут підвищувалася на 11,2%.

Способи обробітку ґрунту можуть впливати і на якість озимої пшениці. За дослідженнями П.п. Грищенко застосування плоскорізів способу обробітку ґрунту під озиму пшеницю сприяло підвищенню врожайності даної культури. Надбавка врожаю склала 1,5 ц/га. Аналіз якості зерна показав оптимальну залежність від його способів обробітку ґрунту. Сирої клейковини в зерні озимої пшениці містилося на 1,2% більше при плоскорізній обробці, ніж при оранці.

За даними З.А. Пакудіна та Л.І. Глухівській , завдяки кращому зволоженню верхнього шару ґрунту при поверхневій обробці сходи озимої пшениці з'явилися на 10-12 днів раніше, ніж при оранці.

Більшою мірою впливають розміри ґрунтових агрегатів на проростання насіння озимої пшениці. Внаслідок зменшення розмірів агрегатів покращується зіткнення насіння з ґрунтом, у результаті покращуються умови проростання насіння. На це вказується С. Л. Воробйов та Г. Баранюк.

При вивченні різних способів обробітку ґрунту важливе значення має вплив їх на продуктивність рослини. За даними П.П. Лук'яненко, найвищі врожаї озимої пшениці виходять при стебловому, на момент збирання на 1 кв. м – 500-600 колосків.

Б.І. Тарасенко вказує на формування озимої пшениці на зораних ділянках продуктивнішого колосся. Однак, в умовах недостатнього зволоження в осінній період урожай по поверхневій обробці зазвичай буває дещо вищим за рахунок кращої густоти стояння рослин.

За даними Н.Е. Млащенко , Л. Л. Тихомирова, урожай зерна озимої пшениці за тлом дрібної плоскорізної обробки вище на 1,5 ц/га, за тлом без осінньої обробки (мінімальна) на 1,8 ц/га.

Збільшення врожайності відбувається за рахунок стабільнішого зволоження орного шару і більш збалансованого харчування азотом і фосфором.

У своїх роботах Б. І. Тарасенко наголошує на необхідності гнучкого творчого підходу до вибору прийомів обробітку ґрунту під озиму пшеницю після просапних попередників.

Зі сказаного можна зробити висновок, що обробіток ґрунту під озимі не може бути однаковим для різних агрокліматичних зон.

В умовах Краснодарського краю мало вивчені прийоми основної обробки ґрунту після просапних культур, особливо мінімальної та нульової обробки.

В останні десятиліття у багатьох країнах світу приділяється чимало уваги питанням теорії та практики застосування нульового обробітку ґрунту. Розроблено технології обробітку польових культур при нульовій обробці. Видаються спеціальні журнали та керівництва для фермерів накопичений виробничий досвід, який дає можливість визначити реальні обсяги ефективного застосування нульової обробки.

Тому завдання нашої роботи входило, вивчити вплив різних способів обробітку ґрунту, зокрема і нульової, на врожайність озимої пшениці після цукрових буряків за умов центральної зони Краснодарського краю.

## **1.2 Основні фізичні властивості ґрунту**

Щільність твердої фази. Як уже було зазначено , ґрунт складається з твердої, рідкої, газоподібної та живої фаз. Якщо умовно виключити рідку та газоподібну складові частини ґрунту, надати твердій фазі монолітний стан та визначити масу одиниці її об'єму, то це і буде щільність твердої фази (питома маса).

Щільність твердої фази ґрунту - відношення маси її твердої фази до маси води в тому ж об'ємі при  $-4^{\circ}\text{C}$ .

У лабораторних умовах щільність твердої фази визначають пікнометричним методом, при якому об'єм твердої фази знаходять по масі води, витісненої наважкою сухого ґрунту. При цьому виходять з того, що при температурі  $4^{\circ}\text{C}$  1 г води займає об'єм, рівний 1 см<sup>3</sup>. Саме тому в практиці ґрунтознавства щільністю твердої фази називають відношення маси сухого ґрунту до маси рівного об'єму води за температури  $4^{\circ}\text{C}$ .

Даний показник вимірюється в грамах на кубічний сантиметр (г/см<sup>3</sup>) і залежить від мінералогічного складу ґрунту і вмісту в ньому органічної речовини. Мінерали, що входять до складу ґрунту, відрізняються різною питомою масою ( від 2,1 до 5 г/см<sup>3</sup> і більше).

Відповідно, що більше у ґрунті важких мінералів, то вище щільність її твердої фази. Що стосується органічної речовини, то її питома маса (1,2-1,8 г/см<sup>3</sup>) в 1,5-2 рази менше, ніж у мінеральній частині ґрунту. Тому ґрунти з великим вмістом органічної речовини завжди відрізняються меншою щільністю твердої фази.

Різні типи ґрунтів мають неоднакову щільність твердої фази. Її величина для мінеральних ґрунтів коливається від 2,4 до 2,8 г/см<sup>3</sup> і залежить від мінералогічного складу ґрунту та вмісту органічних компонентів.

Дерново-підзолисті ґрунти, що сформувалися на алюмосилікатних породах і бідні на органічну речовину, мають щільність твердої фази 2,65-2,70.

Щільність твердої фази малогумусованих горизонтів субтропічних ґрунтів 2,7-2,8, багатих на органічні компоненти торфовищ 1,4-1,8.

У цілому нині щільність твердої фази - величина досить стабільна й у мінеральних горизонтах більшості ґрунтів перебуває у межах 2,4-2,7 г/см<sup>3</sup>, торф'яних - 1,4-1,8 г/см<sup>3</sup>.

Щільність складання ґрунтів. Складання ґрунту визначається взаємним розташуванням його частинок та грудок. Щільністю складання (або просто щільністю) ґрунту ( $d_v$ ) називається маса одиниці об'єму абсолютно сухого

грунту в природному стані. При її визначенні враховується не тільки обсяг твердої фази ґрунту, але й обсяг пір, тому щільність ґрунту буде завжди меншою за щільність твердої фази її.

Як і щільність твердої фази, вона визначається у грамах на кубічний сантиметр (г/см<sup>3</sup>).

У мінеральних ґрунтів щільність коливається від 0,9 до 1,8 г/см<sup>3</sup>, у торф'яно-болотних – від 1,15 до 0,40 г/см<sup>3</sup>. Цей показник досить динамічний і залежить від мінералогічного складу ґрунту, розміру; ґрунтових частинок, вмісту органічної речовини, структурного стану та пористості.

Великий вплив на його значення має обробка ґрунту. Як правило, найменшу щільність ґрунт має відразу ж після культивування, яка сприяє її розпушенню та збільшенню обсягу пір. Згодом щільність збільшується до стану, який називається рівноважною щільністю. При такому стані щільність складання ґрунту тривалий час майже не змінюється, що в першу чергу пояснюється рівновагою сил, що викликають ущільнення ґрунту та збільшення обсягу пір.

Зменшення щільності ґрунту може відбуватися внаслідок його набухання при зволоженні та наступної усадки в посушливий період, замерзання і відтавання води у ґрунті, розвитку кореневої системи рослин, діяльності тварин, що живуть у ґрунті, внесення органічних добрив.

Верхні горизонти малогумусних дерново-підзолистих ґрунтів мають густину 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup>, нижні ущільнені-1,6-1,8 г/см<sup>3</sup>.

У верхніх горизонтах чорноземів щільність 1,0-1,2, у нижніх 1,3-1,6 г/см<sup>3</sup>. Під впливом прийомів окультурення верхні горизонти орних ґрунтів мають нижчий показник густини.

Кожна сільськогосподарська культура висуває вимоги до щільності ґрунту. Найбільш сприятлива для тієї чи іншої рослини щільність складання ґрунту називається оптимальною.

Більшість сільськогосподарських культур оптимальна величина щільності на суглинистих і глинистих ґрунтах 1-1,2 г/см<sup>3</sup>. Подальше



збільшення її знижує врожай сільськогосподарських культур. Так, на суглинних чорноземах при щільності ґрунту 1,5 г/см<sup>3</sup> отримано врожай вівса в 3,7 рази менше, ніж при 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 1.1 Оцінка щільності складання (  $d_v$  ) суглинистих та глинистих ґрунтів (Н.А. Качинський )

$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	Оцінка	г/ см <sup>3</sup>	Оцінка
< 1,0	Ґрунт розпушений або багатий на органічну речовину	1,3-1,4	Рілля сильно ущільнена
1,0-1,1	Свіжоряний ґрунт	1,4-1,6	Типові величини для підорних горизонтів (крім чорноземів)
1,2-1,3	Рілля ущільнена	1,6-1,8	Сильно ущільнені ілювіальні горизонти

Щільність складання ґрунту - не основний, але досить важливий показник, що характеризує її родючість. Від неї залежать водні, повітряні та теплові властивості, розвиток кореневих систем рослин, інтенсивність мікробіологічних процесів, а зрештою - врожайність сільськогосподарських культур.

До основних агротехнічних заходів, спрямованих на досягнення оптимальних параметрів щільності складання ґрунту, належать його глибоке розпушування та внесення органічних добрив.

Пористість - сумарний обсяг всіх часів між частинками твердої фази ґрунту. Пористість виражається у відсотках загального обсягу ґрунту.

Цей показник дуже непостійний. Він тісно пов'язаний із щільністю додавання, гранулометричним складом і структурним станом ґрунту і знаходиться в межах 25-90%. Його максимальні значення (80-90%) характерні для торфових горизонтів.

Сума всіх видів пористості становить загальну пористість ґрунту. Її зазвичай обчислюють за показниками щільності ґрунту (  $d_v$  ) та щільності твердої фази (  $d$  ):

$$P_{общ} = (1 - dv / d) * 100 \quad (1.1)$$

за 1 приймається загальний обсяг ґрунту з усіма її порами.

Експериментально загальну пористість визначають заповненням усіх пір рідиною, обсяг якої заміряють.

Пористість ґрунту, перш за все, визначається його структурністю, а також залежить від щільності, механічного та мінералогічного складу. У макроструктурних ґрунтах на пори припадає більшість обсягу; у мікроструктурних ґрунтах - менша частина обсягу ґрунту.

З загальною пористістю пов'язані водопроникність, повітропроникність і повітроємність, газообмін між ґрунтом та атмосферою.

У структурних ґрунтах пори розташовуються як між агрегатами, так і всередині них, між елементарними ґрунтовими частинками. При цьому пори поділяються на капілярні та некапілярні.

Капілярні пори - це пори, які знаходяться між дрібними ґрунтовими частинками і в яких вода пересувається під дією капілярних сил. Некапілярні пори розташовані між структурними окремостями або великими механічними елементами.

Капілярна пористість дорівнює обсягу капілярних проміжків ґрунту, некапілярна - обсягу великих пір.

Більш повне уявлення про умови забезпечення рослин водою та киснем дає облік капілярної та некапілярної пористості. Найсприятливіші умови зволоження та повітрязабезпеченості складаються у ґрунтах при співвідношенні капілярної та некапілярної пористості 1:1.

По Н. А. Качинському, пористість підрозділяється: на загальну, пористість агрегатів, міжагрегатну, капілярну, пори, заповнені міцнозв'язаною водою, пори, заповнені рихлозв'язаною водою, пори, зайняті повітрям (пористість аерації).

В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали найбільшу пористість капілярів, заповнену водою, і одночасно пористість аерації не менше 15% обсягу в мінеральних та 30-40% у торф'яних ґрунтах.

Таблиця 1.2. Оцінка пористості ґрунтів (Н.А. Качинський )

Загальна пористість у вегетаційний період для суглинистих та глинистих ґрунтів, %	Якісна оцінка пористості	Загальна пористість у вегетаційний період для суглинистих та глинистих ґрунтів, %	Якісна оцінка пористості
>70	Ґрунт розпушений - надмірно пористий	50-40	Незадовільна для орного шару
65-55	Культурно-орний шар - відмінна	40-25	Характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів - надмірно низька
55-50	Задовільна для орного шару		

### 1.3 Фізико-механічні властивості ґрунту

До фізико-механічних властивостей ґрунту відносяться пластичність, липкість, набухання, усадка, зв'язність, твердість та опір при обробці.

Пластичність - здатність ґрунту змінювати свою форму під впливом будь-якої зовнішньої сили без порушення суцільності і зберігати надану форму після усунення цієї сили. Пластичність проявляється лише при вологому стані ґрунту. Залежно від рівня зволоження характер пластичності змінюється.

Відповідно до цього Аттерберг запропонував розрізняти такі константи пластичності ґрунту:

а) верхня межа пластичності, або межа плинності, - вагова вологість ґрунту при якій стандартний конус під дією власної маси (76 г) занурюється в ґрунтовий зразок на глибину 10 см;

б) нижня межа пластичності, або межа розкочування, - вагова вологість, при якій зразок ґрунту можна розкотити в шнур діаметром 3 мм без утворення розривів;

в) число пластичності - різниця між числовим виразом верхньої та нижньої меж пластичності.

Пластичність найтіснішим чином пов'язана з механічним складом ґрунтів. Глинисті ґрунти мають число пластичності понад 17; суглинисті-в межах 7-17; супіску - менше 7; піски непластичні (число пластичності прагне 0).

Істотний вплив на пластичність мають також склад колоїдної фракції ґрунту, склад поглинених катіонів та вміст гумусу. Встановлено, що при вузькому співвідношенні  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  пластичність проявляється особливо яскраво. Ступінь її залежить і від співвідношення поглинених катіонів. Найбільшою пластичністю відрізняються солонцеві глинисті ґрунти, що містять 25-30% і більше обмінного натрію від ємності поглинання, найменшою - ґрунти, насичені кальцієм і магнієм. При високому вмісті гумусу пластичність ґрунту зменшується.

Липкість - властивість вологого ґрунту прилипати до інших тіл. Внаслідок прилипання ґрунту до робочих частин машин та знарядь збільшується тяговий опір та погіршується якість обробітку ґрунту.

Вирішальна роль прояві липкості належить тонкому шару слабозв'язаної води. Цей шар води називається адгезійним, а сам процес склеювання за його допомогою ґрунтових частинок та різних предметів – адгезією. Чим важчий за гранулометричним складом ґрунт, тим сильніше він прилипає до твердих тіл. Це пояснюється тим, що більш дисперговані ґрунти мають більшу питому поверхню і відповідно більшу гідрофільність. Липкість зростає також із збільшенням вмісту у ґрунті органічної речовини.

Величина липкості визначається силою, яка потрібна для відриву металевої пластинки від вологого ґрунту. Липкість виявляється у грамах на 1 см<sup>2</sup>. Вона проявляється при зволоженні ґрунту, що наближається до верхньої

межі пластичності. Високогумусовані ґрунти (чорноземи, дернові) навіть при високому зволоженні (30-35 % від маси) не виявляють липкості

Склад поглинених основ ґрунту значною мірою визначає її липкість. Збільшення ступеня насиченості ґрунту кальцієм сприяє зниженню величини прилипання, тоді як із зростанням насиченості натрієм липкість ґрунту різко збільшується.

На прилипання суттєво впливає механічний склад ґрунту. У глинистих ґрунтів липкість найбільша, у піску вона найменша.

Н. А. Качинський (1934) ділить ґрунти по липкості на гранично в'язкі (>15 г/см<sup>2</sup>), сильнов'язкі (5-15), середні по в'язкості (2-5), слабов'язкі (<2 г/см<sup>2</sup>).

Набухання - збільшення обсягу ґрунту при зволоженні. Набухання притаманне дрібноземистим ґрунтам, що містить велику кількість колоїдів, і пояснюється зв'язуванням тонкими частинками ґрунту молекул води (збільшенням гідратних оболонок). Набухання виражають в об'ємних відсотках та визначають за формулою:

$$V_{\text{наб.}} = (V_1 - V_2) / V_2 * 100 \quad (1.2)$$

де  $U_{\text{наб}}$  - відсоток набухання від вихідного обсягу;  $V_1$  - обсяг вологого ґрунту;  $V_2$  - обсяг сухого ґрунту.

Величина набухання залежить від кількості та якості колоїдів. Найбільш набухаються глинисті ґрунти.

Набухання тісно пов'язане зі складом глинистих мінералів ґрунту. Мінерали монтморіллонітової групи з кристалічною решіткою, що розширюється, мають найбільшу набухання, мінерали каолінової групи - найменшої. Органічні колоїди при зволоженні також сильно збільшуються обсягом.

Великий вплив набухання надає склад обмінних катіонів ґрунтів. При насиченні ґрунтів одновалентними основами (особливо натрієм) набухання досягає 120-150%. тоді як при насиченні ґрунтів дво- та тривалентними катіонами значного збільшення в об'ємі при набуханні не спостерігається.

Набухання ґрунту може викликати несприятливі в агрономічному відношенні зміни в поверхневому шарі ґрунту. Внаслідок набухання частинки ґрунту можуть бути настільки розділені плівками води, що це призведе до руйнування агрегатів.

Усадка - скорочення обсягу ґрунту при висиханні. Величина усадки обумовлена тими самими чинниками, як і набухання. Чим більше набухання, тим сильніше усадка ґрунту. Усадку можна вимірювати в об'ємних відсотках по відношенню до вихідного обсягу:

$$V_{ус.} = (V_1 - V_2) / V_2 * 100 \quad (1.3)$$

де УУС - відсоток усадки від вихідного обсягу;  $V_1$  - обсяг вологого ґрунту;  $V_2$  - обсяг сухого ґрунту.

При сильній усадці у ґрунті утворюються численні тріщини, відбувається розрив коренів рослин, посилюється фізичне випаровування вологи.

Найважливіші технологічні показники - величина енергетичних витрат, витрата пального, мастильних матеріалів, зношування сільськогосподарських машин та ін. - визначаються зв'язністю та твердістю ґрунтових частинок.

Зв'язність - здатність ґрунту чинити опір зовнішньому зусиллю, що прагне роз'єднати ґрунтові частинки. Викликається зв'язність силами зчеплення між частинками ґрунту. Ступінь зчеплення обумовлена механічним та мінералогічним складом, структурним станом ґрунту, вологістю та характером її сільськогосподарського використання.

Найбільшою зв'язністю характеризуються глинисті ґрунти, найменшою – піщані. Малоструктурні ґрунти в сухому стані мають максимальну зв'язність. Виражається вона у  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

Твердість - опір, який чинить ґрунт проникненню в нього під тиском будь-якого тіла (кулі, конуса, циліндра і т.д. ). Твердість визначається спеціальними приладами – твердомірами. Виражається у кілограмах на  $1 \text{ см}^2$ . Висока твердість - ознака поганих фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів. У цих умовах потрібні великі витрати енергії на

обробку, утруднюється проростання насіння, коріння погано проникає у ґрунт. Вона гірше пропускає вологу та повітря. На ґрунтах із значною твердістю рослини розвиваються погано.

Твердість ґрунту залежить від його зволоження. У міру зменшення вологості різко зростає. За П. У. Бахтін (1961), зі зниженням вологості опідзоленого чорнозему з 34,5 до 13,3% твердість ґрунту збільшується в 7 разів.

Помітне впливом геть твердість надає структурність ґрунту. Розпорошений ґрунт при висиханні чинить значно більший механічний опір, ніж комковато-зернистий.

Твердість безпосередньо пов'язана із складом поглинених основ ґрунту; так, у чорноземів, насичених кальцієм, вона в 10-15 разів менша, ніж у солонців.

Добре гумусовані ґрунти, насичені двовалентними катіонами, мають меншу твердість, ніж малогумусні. Прямий вплив на твердість ґрунту та його зв'язність має механічний склад. Опір роздавлюванню важких глин після висушування досягає 150-180 кг/см<sup>2</sup> (А. Н. Соколовський, 1956).

З твердістю пов'язана така важлива технологічна характеристика ґрунту, як опір її обробітці. У звичайному інтервалі вологості опір ґрунту при обробці знаходиться у прямій залежності від твердості ґрунту.

Питомий опір - зусилля, що витрачається на підрізання пласта, його оборот і тертя на робочу поверхню. Питомим опором визначається величина сили тяги (Р) при оранці ґрунту:

$$P = KX, aXb, \quad (1.4)$$

де К - питомий опір; а - глибина оранки, см; б - ширина захоплення плуга, див.

Виражається питомий опір у кілограмах на 1 см<sup>2</sup>. Залежно від механічного складу, фізико-хімічних властивостей, вологості та агрогосподарського стану питомий опір ґрунту змінюється в межах від 0,2 до 1,2 кг/см<sup>2</sup>.

Найменшим питомим опором характеризуються не насичені основами ґрунту легкого механічного складу (супіщані та піщані), найбільшим - важкосуглинисті та глинисті ґрунти солонцевого типу, що містять понад 20-30% натрію від ємності поглинання. Істотний вплив на питомий опір надає зволоження ґрунту. Максимальний питомий опір спостерігається при вологості, близькій до вологості стійкого зав'ядання, мінімальний - при середній зволоженості ґрунту.

На різних угіддях величина питомого опору суттєво змінюється. При обробці цілинних та старозалежних земель вона зростає на 45-50% порівняно зі староорними ґрунтами.

На ґрунтах під просапними питомий опір значно менше, ніж під зерновими культурами та багаторічними травами.

Питомий опір залежить також від засміченості ґрунтів (особливо кореневищних бур'янів).

ґрунти з гарною структурою за інших рівних умов надають менший опір при обробці, ніж безструктурні.

Стиглість ґрунту. З фізико-механічними властивостями ґрунту тісно пов'язана його стиглість. Розрізняють фізичну та біологічну стиглість ґрунту.

Фізичною стиглістю називається стан ґрунту, при якому вона чинить найменший опір обробним знаряддям, добре кришиться і утворює максимальну кількість мезоагрегатів. Вологість фізично стиглого ґрунту коливається від 60 до 90% від найменшої вологоємності. Вона залежить від гранулометричного складу. У піщаних і супіщаних ґрунтів стан фізичної стиглості настає при вищій вологості, ніж у суглинистих та глинистих.

Насичення ґрунтового поглинаючого комплексу катіонами кальцію та магнію значно знижує липкість ґрунтів, що сприяє більш ранній їх обробці у весняний період. Стан фізичної стиглості настає раніше і у високогумусованих ґрунтів, що відрізняються від ґрунтів з низьким вмістом гумусу більшим ступенем оструктуреності.



Під біологічною стиглістю розуміють такий стан ґрунту, при якому ґрунтові мікроорганізми починають активно сприяти звільненню продуктів харчування для рослин.

## 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ

### 2.1. Теплові властивості та тепловий баланс ґрунту

Тепловий режим відіграє велику роль у ґрунтоутворенні, так як з ним пов'язана енергія біологічних, хімічних, фізичних і біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті. Він безпосередньо впливає на зростання та розвиток рослин.

Температура ґрунтових горизонтів – основний показник її теплового режиму.

З температурою ґрунту пов'язані розчинність у воді мінеральних сполук, кисню та вуглекислого газу, швидкість надходження у рослини поживних елементів та вологи.

Променева енергія Сонця, або сонячна радіація, - головне джерело тепла на земній поверхні. Середня кількість тепла, що надходить до Землі, становить 8 Дж на 1 см<sup>2</sup> в 1 хвилину (сонячна постійна), але кількість сонячної енергії, що надходить на поверхню ґрунту, менша через розсіювання її атмосферою, а також відбиття від земної поверхні.

Теплота, що виділяється при хімічних і біологічних процесах, що у верхніх шарах ґрунту (розкладання органічних залишків), і навіть приплив тепла з глибинних шарів становлять незначну величину проти променистої енергії Сонця.

Основними тепловими властивостями ґрунту є теплопоглинальна здатність, теплоємність та теплопровідність.

Теплопоглинальну здатність ґрунту зазвичай характеризують величиною альbedo (A), яка показує, яку частину променистої енергії, що надходить, відображає ґрунт.

Альbedo являє собою кількість короткохвильової сонячної радіації, відображена поверхнею ґрунту і виражена у відсотках від загальної величини сонячної радіації, що досягає поверхні ґрунту.

Для ідеально відбиває поверхні альbedo буде 100%, а для абсолютно чорного тіла, що повністю поглинає променисту енергію Сонця, що надходить, ця величина буде прагнути до нуля.

Альbedo є найважливішою тепловою характеристикою, що залежить від кольору ґрунту, його структурного стану, вологості та вирівняності поверхні.

Альbedo ґрунтів, покритих рослинністю, залежить також від особливостей рослин, кольору листя та стебел.

Найбільш істотний вплив на променепоглиняльну і променевідбивну здатність ґрунтів надають кількість і якість гумусу, що визначають колір ґрунту, а також його гранулометричний склад.

Теплоємність - властивість ґрунту поглинати тепло.

Розрізняють питому та об'ємну теплоємність ґрунту.

Питома теплоємність - кількість тепла в джоулях, що витрачається для нагрівання 1 г сухого ґрунту на 1°C.

Об'ємна теплоємність - кількість тепла в джоулях, що витрачається для нагрівання 1 см<sup>3</sup> сухого ґрунту на 1°C.

Теплоємність залежить від мінералогічного, механічного складу та вологості ґрунту, а також від вмісту в ньому органічної речовини.

Теплопровідність ґрунту - здатність її проводити тепло.

Теплопровідність вимірюється кількістю тепла в джоулях, що проходить за секунду через 1 см<sup>2</sup> ґрунту шаром 1 см.

У ґрунті тепло передається різними шляхами: через тверді частинки, що розділяють воду або повітря; при контакті частинок між собою; випромінюванням від частки до частки; конвекційною передачею тепла через газ чи рідину.

На величину теплопровідності впливають хімічний та механічний склад, вологість, вміст повітря, щільність та температура ґрунту.

## 2.2. Типи теплового режиму ґрунтів

Під тепловим режимом ґрунту розуміють сукупність всіх явищ надходження, пересування та віддачі тепла ґрунтом.

Основний показник цього режиму – температура ґрунту. Тому тепловий режим часто називають температурним. Визначається він температурою ґрунту на різних глибинах та в різні терміни.

Протягом року найбільшим коливанням піддається температура поверхні ґрунту. Кожному ґрунтовому типу притаманні свої межі температури на глибині 20 см, тому основним показником теплового режиму ґрунту вважається його середня температура на цій глибині.

На тепловий режим впливають клімат, рослинність, рельєф, сніговий покрив, а також гранулометричний склад, вологість та колір ґрунту.

Температурний режим ґрунтів обумовлюється їх географічним розташуванням, з яким пов'язане надходження променистої енергії до поверхні ґрунту, та проявом основних теплових властивостей ґрунтових горизонтів – теплопоглинальної здатності, теплоємності та теплопровідності.

Температура ґрунту безпосередньо впливає на розвиток рослин, особливо кореневої системи.

Між температурою ґрунту і рослинами, що виростають на ній, виявляється не тільки прямий, а й зворотний зв'язок: рослинний покрив істотно впливає на динаміку температури в ґрунті.

Рослини та пожнивні залишки зменшують добові та сезонні коливання температур у верхньому шарі ґрунту.

Тепловий режим ґрунтів залежить від рельєфу місцевості. Експозиція схилів та їх крутість визначають різницю у кількості тепла, що отримується від сонячної радіації. Ґрунти на південних, південно-західних та південно-східних схилах прогріваються краще, ніж на північних, північно-західних та північно-східних схилах та вирівняних просторах.

Сильно впливає на температурний режим сніговий покрив: запобігає глибокому промерзанню ґрунту, зменшує втрату тепла з нього внаслідок випромінювання.

Тепловий баланс ґрунту є кількісною характеристикою теплового режиму.

Тепловий баланс складається з прибуткової частини, це пряма, розсіяна та довгохвильова радіація, у видатковій частині це відбита та випромінювана радіації.

Типи теплового (температурного) режиму ґрунтів.

Залежно від середньорічної температури та характеру промерзання ґрунту виділяє чотири типи температурного режиму ґрунтів: мерзлотний, тривало сезонно-промерзаючий, сезонно-промерзаючий, непромерзаючий.

Мерзлотний тип температурного режиму уражає місцевостей, де середньорічна температура профілю ґрунту негативна. У таких ґрунтах переважає процес охолодження, що супроводжується промерзанням їхньої вологи до верхньої межі багаторічномерзлих порід.

Цей тип теплового режиму виражений у ґрунтах низки провінцій Євразійської полярної та Східно-Сибірської мерзотно-тайгової областей.

Довго сезонний тип температурного режиму проявляється на територіях, де переважає позитивна середньорічна температура ґрунтового профілю. Глибина проникнення негативних температур щонайменше 1 м, але змикання сезонного промерзання з багаторічномерзлими породами немає (не виключається відсутність багаторічномерзлих порід). Тривалість промерзання щонайменше 5 місяців.

Сезоннопромерзаючий тип температурного режиму відрізняється позитивною середньорічною температурою ґрунтового профілю. Промерзання трохи більше 5 місяців.

Непромерзаючий тип температурного режиму спостерігається у місцевостях, де промерзання профілю ґрунтів та морозність не виявляються.

До них відносяться тепла південноєвропейська франція та області субтропічного поясу.

Прийоми регулювання теплового режиму ґрунтів. Знання теплового балансу та його елементів, теплового потоку в ґрунт та теплових властивостей дозволяє використовувати різні агрономічні заходи, що суттєво впливають на тепловий режим ґрунтів.

Усі прийоми активного впливу на тепловий режим ґрунтів поділяються на агротехнічні, агроеліоративні та агрометеорологічні.

До першої групи належать різні способи обробітку ґрунту: коткування, гребенювання, залишення стерні, мульчування;

до другої - зрошення, осушення, лісові смуги, заходи боротьби з посухою;

до третьої - прийоми, що знижують випромінювання тепла з ґрунту, заходи боротьби із заморозками та ін.

Ця зона нестійкого зволоження з помірно-теплим кліматом, коефіцієнт зволоження 0,3-0,4. Зима помірна, із середньомісячною температурою січня - 2,3°C, сніговий покрив з'являється в першій декаді грудня, але через часті відлиги він руйнується і рідко перевищує 10-15 см.

У лютому має місце постійне наростання температури повітря і в третій декаді місяця відбувається перехід середньодобових температур до позитивних значень. У другій декаді квітня температура повітря досягає 100 °С і починається безморозний період, що триває близько 180 днів до другої декади жовтня. В окремі роки можливі пізніші весняні та ранні осінні заморозки. Літо спекотне, сухе, середньомісячна температура повітря у липні 23,2°C, у серпні 22°C. У період від 50 до 70 днів мають середньодобову температуру вище 20°C. Поява східних вітрів у цей час викликає суховії, при яких відносна вологість повітря знижується до 21%. За період вегетації сума температури становить 3600-3700°C.

З другої половини вересня встановлюється помірна погода з поступовим зниженням температури повітря. Стійкий перехід середньодобової

температури до негативних значень має місце 28 грудня. Таким чином, температурний режим цієї зони можна характеризувати як помірно-теплий.

Опадів за рік випадає 600 мм із коливаннями від 443 до 887 мм. Найбільш вологими місяцями є липень (67 мм), червень (64) та грудень (58 мм). Найменша кількість опадів випадає у січні та березні (40 мм). За період вегетації пшениці озимої випадає в середньому 400 мм.

Вітер дуже впливає на розподіл опадів, температуру, випаровування та відносну вологість повітря. Панівними шкідливими вітрами у районі розташування навчально-дослідного господарства "Кубань" є вітри східних та південно-східних напрямів. Вітри східних напрямків характеризуються найбільшою швидкістю, дмуть вони найчастіше в зимові місяці та приносять холодні маси повітря, сприяють встановленню морозної погоди, здуванню снігу з полів та замерзанню посівів. При великих швидкостях (15 м/сек) вони викликають запилені бурі. Сильний вітер при низькій відносній вологості повітря сприяє висушенню ґрунту на велику глибину, що різко знижує запаси вологи в ґрунті. Тим самим вони завдають господарству велику матеріальну шкоду, викликаючи загибель майже всіх посівів озимих культур.

Не менша шкода полягає в частині орного шару ґрунту (дрібнозему). Навесні та влітку східні та південно-східні вітри носять характер суховіїв, в окремі роки вони різко знижують урожаї сільськогосподарських культур, згубно діють на квітучі сади.

Південно-західні вітри пом'якшують клімат: влітку вони приносять - опади, взимку потепління. В цілому клімат району, де розташовано навчально-дослідне господарство "Кубань" характеризується м'якою нетривалою зимою, тривалим безморозним періодом, що захоплює більшу частину квітня і жовтня, великою сумою позитивних температур за вегетаційний період.

До негативних явищ клімату слід віднести недостатню кількість випадаючих опадів, нестійкість зволоження, часто повторювані тривалі

посухи, що диктує необхідність проведення заходів щодо наповнення, збереження та правильного витрачання ґрунтової вологи.

Досліди закладалися протягом 20 22 -20 23 сільськогосподарських років. Погодні умови у роки були різними і відрізнялися від середніх багаторічних (табл. 2.1 ).

З даних таблиці 2.1 видно, що у вересні місяці опадів випаде. 210 мм, що не 20 мм більше за норму. Температура повітря в середньому протягом місяця була 17,9°C.

Жовтень характеризується температурою відповідно до середньорічної. Опадів у жовтні випало мало 6 мм, що нижче за норму на 46 мм. У грудні та січні опадів було мало, грудні на 23 мм, а січні на 33 мм нижче за середню багаторічну. Температура в ці місяці була вищою за норму. Починаючи з лютого місяця, де опади випали на 61 мм більше норми і до кінця вегетації озимої пшениці їх було більше кожного місяця, що сприяло розвитку та зростанню озимої пшениці, при сприятливій температурі . Тому врожай було отримано високий.



Таблиця 2.1 . Метеорологічні умови 2022 -2023 у Вінницькій області

Місяць	Опади, мм			Температура повітря		
	2022-2023	середньорічна	відхилення, + , -	2022-2023	середньорічна	відхилення, + , -
Серпень	38	66	-28	26,0	22,7	3,3
Вересень	21	41	-20	17,9	16,3	-1,6
Жовтень	6	52	-46	11,5	11,6	-0,1
Листопад	6	59	-53	4,4	5,1	-0,7
грудень	23	66	-23	3,5	0,4	3,1
Січень	17	50	-33	2,6	-1,7	0,9
Лютий	111	50	+ 61	2,8	-0,8	2,0
Березень	81	48	+ 33	8,8	4,2	4,6
Квітень	60	47	+ 13	13,0	10,9	2,1
Травень	143	60	+ 83	15,5	16,8	-1,3
Червень	6	68	+ 63	20,4	20,4	0
Липень	10	49	+ 39	27,5	23,2	-5,7
Середнє за рік	522	656	134	14,8	10,8	4,0

### 2.3. Схема, методика та агротехніка в досліді

Вивчення різних технологій при обробітку озимої пшениці дає можливість суттєво знизити витрати енергії на одиницю виробленої продукції, пально-мастильних матеріалів, знизити кількість технологічних операцій. У зв'язку з цим у досвіді було прийнято такі варіанти:

Варіант 1. Оранка на глибину 23-25 см ПЛН-4-35

Варіант 2. Безвідвальний обробіток ґрунту на глибину 23-25 см ПЧН-3,2

Варіант 3. Диск на глибину 10-12 см БДТ-3,0.

Варіант 4. Розпушування на глибину 10-12 см. РР-3,2.

Варіант 5. Нульова обробка ґрунту (прямий посів).

Загальна площа ділянки 0,8 га. Облікова площа ділянки 150 кв. м. Повторність досвіду триразова. Розташування ділянок послідовне.

У досвіді проводилися такі обліки та спостереження:

1. Підрахунок густоти стояння: у фазу сходів та перед збиранням.
2. Вимірювання висоти рослин в основні фази вегетації.
3. Визначення загальної та продуктивної кущистості.
4. Визначення структури врожаю (довжина колосу, кількість колосків у колосі розвинених та недорозвинених, кількість насіння у колосі, маса зерна з колосу, маса 1000 зерен, відношення зерна до соломи).

6. Облік урожайності проводили прямим комбайнуванням з усієї облікової ділянки при вологості зерна 12%.

7. Розраховували економічну ефективність різних обробітків ґрунту.

8. Урожайні дані оброблялися математичним методом дисперсійного аналізу.

Попередником у досвіді був цукровий буряк, прибраний 10 вересня. Після збирання цукрових буряків було проведено обробіток ґрунту згідно з варіантами досвіду. У досвіді використовувався сорт Дельта. Посів проводили 5 жовтня рядовим способом італійською сівалкою "Держпарду". Норма висіву становила 6 млн. схожого насіння на 1 га.

У фазу кушіння проводили обробки гербіцидами з розрахунку 0,3 літри на 1 га Ковбоєм.

У цю фазу вносили 30 кг буд. в. аміачної селітри та обробляли посіви ростовою речовиною телура-м із розрахунку 1 л на 1 га. Прибирання проводили прямим комбайнуванням з усієї облікової ділянки комбайном " Сампо ".

Сорт Дельта має відмінну врожайність при осінньому посіві, особливо за попередниками: багаторічні трави, зайняті пари, горох, один з кращих сортів за колосовими попередниками. Характеризується гарною стійкістю до основних листових хвороб, тому має переваги в роки епіфітотій, особливо при застосуванні технологій вирощування без засобів захисту рослин.

Рекомендується сіяти в оптимальні терміни сівби. Норма висіву 4,5-5,0 млн. схожих зерен, при запізнюванні з термінами сівби необхідно збільшити норму висіву до 6 млн. схожих насіння.

Добре відгукується на внесення мінеральних добрив. Кращі терміни проведення підгодівлі - перед початком відновлення весняної вегетації в дозі до 50-60 кг д.в. азоту на 1 га.

Сорт Дельта має короткий (25-30 днів) період яро візації, тому його можна сіяти навесні, але не пізніше 5 березня. Агротехніка ярих посівів Дельти подібна до сорту Юна.

Різновид - лютесценс колос циліндричний, середньої щільності, має остеподібні відростки до 2 см. Зерно яйцеподібне, склоподібне.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Вплив способів основного обробітку ґрунту на зростання та розвиток рослин озимої пшениці

У фазі кущіння в наших дослідах у 2022 році були проведені біометричні показники рослин озимої пшениці до відходу в зиму, які представлені в таблиці 3.1 .

Таблиця 3.1. Біометричні показники рослин озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту за попередником цукрових буряків у фазі кущіння (дослідне поле, 2022 р.).

Варіант досліджу	Глибина загортання насіння, см	Глибина залягання вузла кущіння, см	Кількість пагонів на рослині, прим.	Кількість листя на рослині, шт.	Висота рослин, см
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	4,8	2,4	2,0	5,7	10,2
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	4,8	2,2	1,9	5,4	10,2
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	4,3	1,8	1,8	4,4	9,7
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	4,5	1,9	1,9	4,7	10,0
Нульова обробка (прямий посів)	4,3	1,8	1,9	4,5	10,0

З представлених даних видно, що глибина загортання насіння була дрібною, залежала від варіанта досвіду і перебувала в межах від 4,3 до 48 см (рис. 3.1).

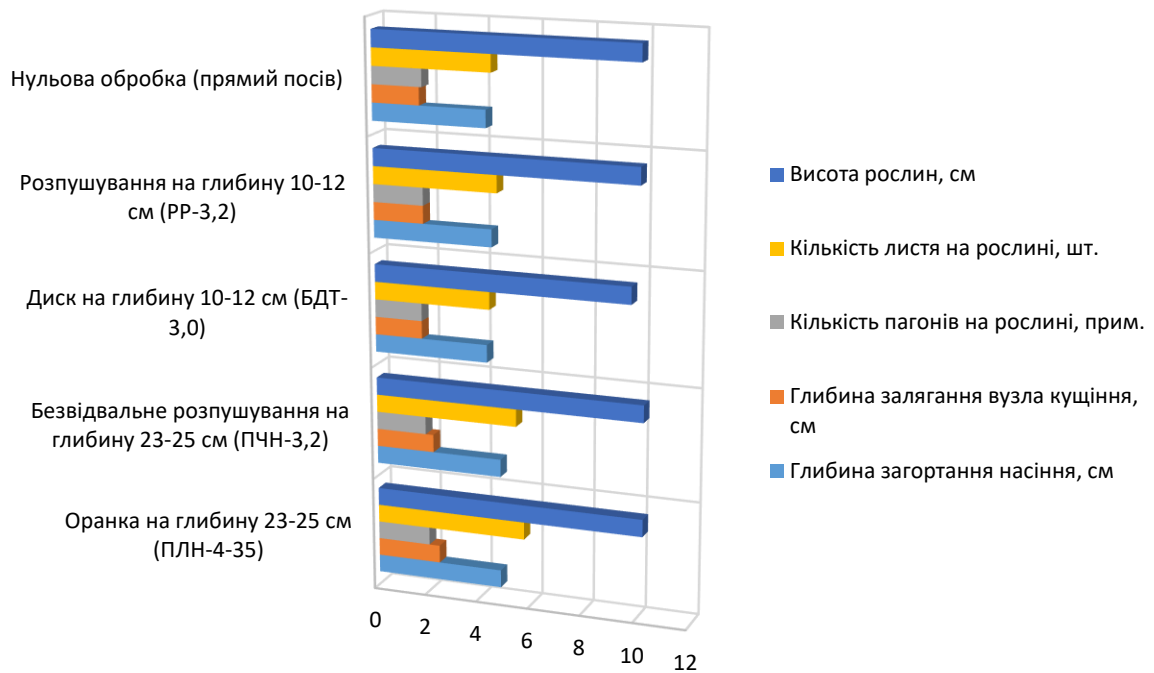


Рис. 3.1 Біометричні показники рослин озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту

На варіанті оранки на глибину 23-25 см і безотвального розпушування на глибину 23-25 см, тобто. при глибокій обробці ґрунту, глибина загортання насіння становила 4,8 см, а на інших варіантах, де обробка проводилася на глибину 10-12 см, у тому числі і нульова обробка була дрібнішою і становила 4,3-4,5 см.

Що стосується глибини залягання вузла кущіння, то він залягав дрібніше, і знаходився в залежності від глибини загортання насіння, яке залежало від варіанта досвіду. Саме глибоке залягання вузла кущіння було на варіанті оранки на глибину 23-25 см і становило 2,4 см, а найнижче залягання вузла кущіння на варіанті дискування на глибину 10-12 см, і нульова обробка ґрунту і становила 1,8 см, що на 0,6 см дрібніше порівняно з оранкою на глибину 23-25 см.

Кількість пагонів на одній рослині в даній Фазі мало змінювалося за варіантами досвіду і знаходилося в межах 1,8-2,0 шт. на 1 рослину.

Кількість листя на рослині змінювалося від 4,4 до 5,7 шт. Найбільша їх кількість була на варіанті оранки на глибину 23-25 см і становила 5,7 шт., а найменша на варіанті дискування на глибину 10-12 см і становила 4,4 шт.

Висота рослин на початку Фази кушіння мало змінювалася за варіантами досліду і знаходилася в межах 9,7-10,2 см.

Дані але зміни густоти стояння рослин залежно від способів основної обробки ґрунту за попередником цукровий буряк за період вегетації представлена в таблиці 3.2.

З таблиці 3.2 видно, що густина стояння рослин після появи повних сходів змінювалася варіантами досвіду. Найбільше рослин спостерігалось на варіанті дрібної обробки на глибину 10-12 см, а також

Таблиця 3.2 Зміна густоти стояння рослин за період вегетації залежно від способу основного обробітку ґрунту (дослідне поле, 2022 р.).

Варіант досліду	Густина стояння рослин після появи повного сходу на 1 кв. м, шт.	Польова схожість, %	Густина стояння рослин після перезимівлі на 1 кв. м, шт.	%, що збереглися рослин після перезимівлі	Густина стояння рослин перед збиранням, прим.	Збереження рослин за період весняно-літньої вегетації
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	497,1	82,8	457,4	92,0	431,3	94,3
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	487,2	81,8	428,1	87,9	394,3	92,1
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	523,0	87,0	492,6	94,7	470,0	95,4

Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	520,4	86,6	494,3	94,9	479,3	96,9
Нульова обробка (прямий посів)	518,6	86,4	495,0	95,4	454,7	91,8

нульовий, що становило від 518,6 до 523,0 шт. на 1 кв. метрі. Найменша густина стояння рослин була не глибокої обробки ґрунту, це оранка на глибину 23-25 см і безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см і коливалася від 487,2 до 497,1 шт. на кв. метрі. Така сама закономірність спостерігається і за польовою схожістю насіння. Найбільш висока польова схожість 87% була на варіанті дискування на глибину 10-12 см, а найнижча 81,8% на варіанті безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см.

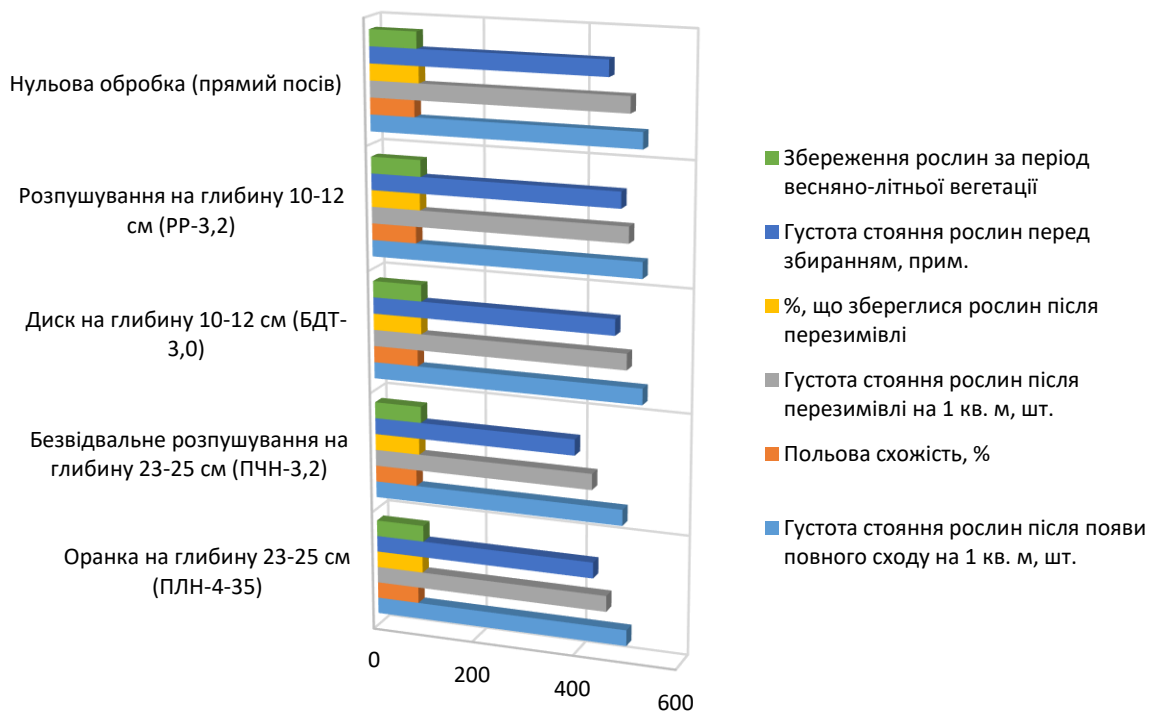


Рис. 3.2 Зміна густоти стояння рослин за період вегетації залежно від способу основного обробітку ґрунту

Що стосується загибелі рослин після перезимівлі, то вона була незначною, це пов'язано зі сприятливими погодними умовами і залежно від варіанта досвіду змінювалося від 4,6% до 12,1%. Найбільша загибель рослин

спостерігалася на варіанті безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см, а найнижча загибель - на нульовій обробці ґрунту і склала 4,6%.

За період вегетації рослин також спостерігалася загибель рослин озимої пшениці та змінювалася залежно від способу основного обробітку ґрунту. Так, найбільша безпека рослин озимої пшениці за період вегетації 96,9% спостерігалася на варіанті поверхневих розпушування на глибину 10-12 см, а найменша безпека рослин 91,8% була на варіанті нульова обробка ґрунту.

Динаміка висоти рослин від способу основної обробки ґрунту за попередником цукровий буряк представлена в таблиці 8.

З даних таблиці 8 видно, що рослини у фазі куціння по висоті мало відрізнялися за варіантами досвіду і знаходилися в межах 9,7-10,2 см. Найнижчі рослини були на варіанті, де проводилося дискування на глибину 10-12 см і становили 9,7 см, що нижче на 0,5 см у порівнянні з варіантом, де проводилося оранка на глибину 23-25 см.

У фазі початку виходу в трубку висота рослин вже змінювалася за варіантами досвіду і найвищі рослини (57,8 см) були на варіанті оранки на глибину 23-25 см, а найнижчі (52,3 см) на варіанті поверхнєве розпушування на глибину 10 -12 см.

Таблиця 3.3 Динаміка висоти рослини озимої пшениці в залежності від способу основного обробітку ґрунту (дослідне поле, 2022 р.)

Варіант обробки	Висота рослин, см			
	У фазі куціння	Початок виходу в трубку	Вихід у трубку	Перед збиранням
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	10,2	57,8	84,9	99,7
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	10,2	52,4	82,0	96,2
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	9,7	56,6	83,5	100,7
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	10,0	52,3	82,3	96,6



Нульова обробка (прямий посів)	10,0	52,8	82,4	96,6
--------------------------------	------	------	------	------

Така ж закономірність спостерігалася і в повній фазі виходу в трубку лише з тією різницею, що висота рослин менше змінювалася за варіантами досвіду і знаходилася на рівні 82,0-84,9 см. Різниця між крайніми варіантами становила лише 2,9 см.

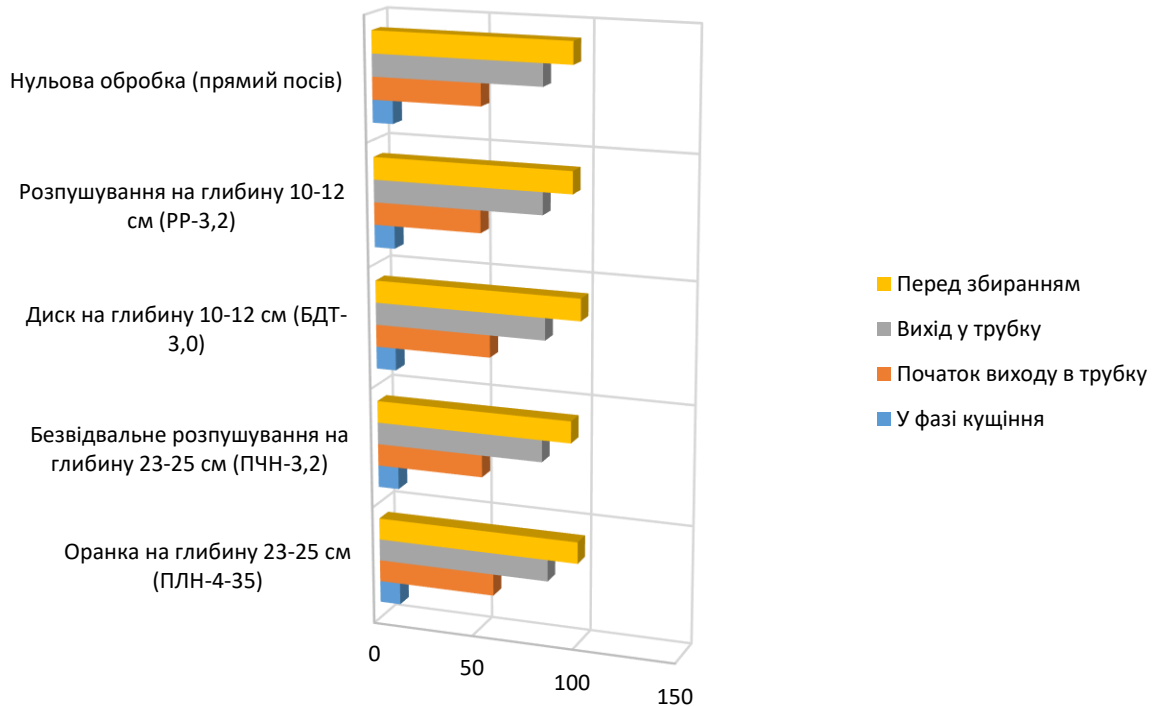


Рис. 3.3 Динаміка висоти (см) рослини озимої пшениці в залежності від способу основного обробітку ґрунту

Перед збиранням найвищі рослини були на варіанті дискування на глибину 10-12 см (100,7 см) і оранка на глибину 23-25 см (99,7 см), на інших варіантах висота рослин була нижче і становила від 6, 2 см до 96,6 см, що не мало суттєвої різниці між варіантами.

Таблиця 3.4 Площа листя та їх кількість на рослині залежно від способу основного обробітку ґрунту (дослідне поле, 2022 р.)

Варіант обробки	Площа листя рослини, кв. см		Кількість листя на рослині, прим.	
	Початок виходу в трубку	Вихід у трубку	Початок виходу в трубку	Вихід у трубку
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	10,4	17,4	8,8	7,6
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	11,5	18,5	8,9	7,5
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	11,8	16,9	8,4	7,2
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	11,2	16,4	8,3	7,6
Нульова обробка (прямий посів)	10,9	17,9	8,7	7,8

Дані за площею листя та їх кількості в залежності від способу обробки ґрунту за попередником цукрові буряки представлені в таблиці 3.5 та рис. 3.5.

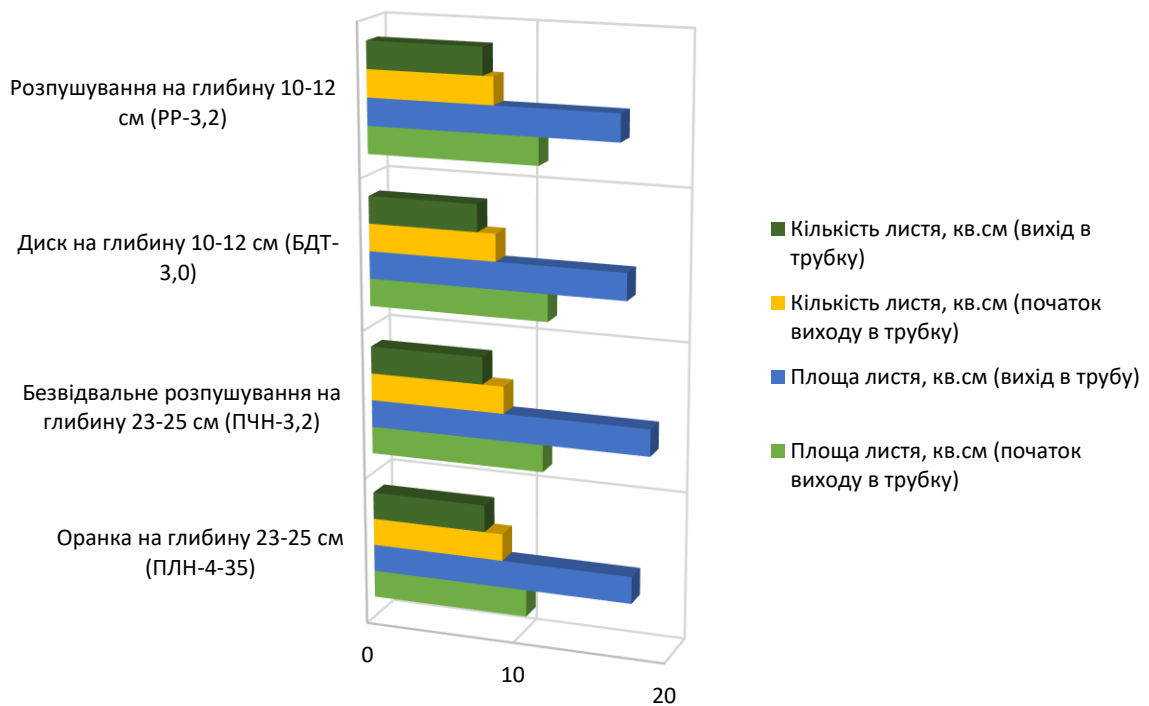


Рис. 3.4 Площа листя та їх кількість на рослині залежно від способу основного обробітку ґрунту

Площа листової поверхні один із важливих показників, формування сухої речовини. У досвіді площа листя змінювалася за фазами вегетації та залежала від способу основного обробітку ґрунту.

У 2022 році найбільша площа листя 11,8 кв. см, у фазі початок виходу в трубку була на варіанті дискування на глибину 10-12 см, а найменша 10,4 кв. см на варіанті оранка на глибину 20-25 см. У фазі виходу в трубку максимальна площа листя 18,5 кв. см була на варіанті безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см, а найменша 16,4 кв. див на поверхневому розпушуванні на глибину 10-12 см.

Найбільше листя по фазах вегетації було на варіанті безотвальное розпушування на глибину 23-25 см на початку виходу в трубку і становило 8,9 шт. на 1 рослину, а найменше 8,3 шт. на варіанті поверхнєве розпушування на глибину 10-12 см. У фазі виходу в трубку найбільша їх кількість була на нульовій обробці 7,8 шт. на рослину, та найменше 7,2 шт. на варіанті дискування на глибину 10-12 див.

Засміченість посівів озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту за попередником цукрових буряків представлена в таблиці 3.5.

З наведених даних таблиці 3.5 видно, що кількість бур'янів змінювалася за варіантами обробки. Так, кількість бур'янів на 1 кв. м найменше було на оранці на глибину 23-25 см і склало 14,6 шт. на 1 кв. м, тоді як у варіанті нульова обробка їх було у 2,4 разу більше і становило 35,3 прим. на 1 кв. метрі.

Таблиця 3.5 Засміченість посівів озимої пшениці залежно від способів основного обробітку ґрунту за попередником цукрових буряків перед збиранням (дослідне поле, 2022 р.)

Варіант обробки	Види бур'янів та їх кількість, шт./м <sup>2</sup>					
	Мишій сизий	Амброзія полино-листова	Берізка польова	Підмаренник чіпкий	Осет польовий	всього
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	7,0	1,6	2,5	3,0	0,5	14,6

Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	14,1	1,9	4,7	3,3	2,0	25,9
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	9,1	1,5	5,5	3,9	1,4	21,4
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	11,5	1,2	5,3	3,1	1,7	22,8
Нульова обробка (прямий посів)	18,6	-	10,2	4,0	2,5	35,3

Що ж до видового складу, він змінювався за варіантами досвіду. Найбільше мишею сизого 18,6 шт. на 1 кв. м було на варіанті нульова обробіток ґрунту, тоді як на варіанті оранка на глибину 23-25 см їх було в 2,6 рази менше рис. 3.5. Що стосується амброзії полинолистий, то тут закономірність інша, на варіанті нульова обробка її не спостерігалось, а найбільша кількість була на варіанті безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см і становило 1,9 шт. на 1 кв. м.

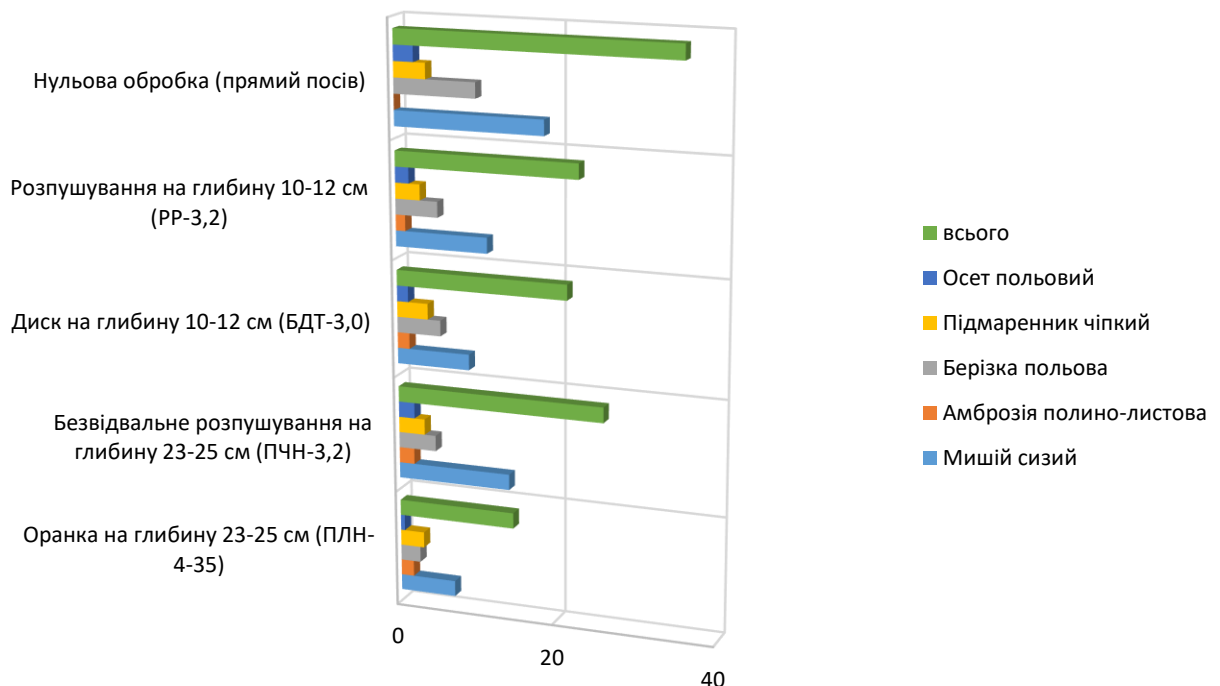


Рис. 3.5 Засміченість посівів озимої пшениці залежно від способів основного обробітку ґрунту

Наявність берізки польового змінювалося за варіантами досвіду і знаходилася в межах від 2,5 шт. до 10,2 шт. на 1 кв. м. Найбільше його кількість 10,2 було у варіанті досвіду нульова обробіток ґрунту і найменше у варіанті оранка на глибину 23-25 див.

У випробуваному році спостерігалася велика кількість підмаренника чіпкого по всіх варіантах в межах 3,0-4,0 на 1 кв. метрі.

Що стосується осота польового, то мало його було на варіанті оранки на глибину 23-25 см (0,5 шт.), а на нульовій обробці, 2,5 шт. на 1 кв. метрі.

### **3.2. Структура врожаю озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту**

Дані за структурою врожаю залежно від способу основного обробітку ґрунту за попередником цукрових буряків представлені в таблиці 3.6 .

З даних таблиці 3.6 видно, що кількість рослин одному квадратному метрі змінювалося за варіантами досвіду і варіювало від 394,3 до 479,3 шт. Найменша їх кількість була на варіанті безвідвальне розпушування і складало 394,3 шт. на 1 кв. м, а найбільша - на варіанті поверхнєве розпушування на глибину 10-12 см. У зв'язку з цим найбільш висока продуктивна кущистість була всіх варіантах з нижчою густотою стояння рослин.

На варіантах з обробкою на глибину 10-12 см і нульовою продуктивна кущистість знаходилася на одному рівні і становила 1,2 рис. 3.6.

Таблиця 3.6 . Структура врожаю озимої пшениці в залежності від способу основного обробітку ґрунту (дослідне поле, 20 22 р.)

Варіант обробки	Кількість рослин, на 1 м <sup>2</sup> перед збиранням, прим.	Продуктивна куцистість	Довжина колосу, см	Кількість розвинених колосків у колосі, прим.	Маса зерна з колосу, г	Маса 1000 зерен, г	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна із 1 кв. м, г
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	431,1	1,3	8,9	17,6	1,4	40,6	34,4	799
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	394,3	1,4	8,8	17,4	1,5	41,0	35,8	787
Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	470,0	1,2	8,5	16,8	1,3	42,1	30,8	781
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	479,3	1,2	8,4	16,2	1,3	41,8	31,1	779
Нульова обробка (прямий посів)	454,7	1,2	8,3	16,1	1,4	42,0	33,3	778

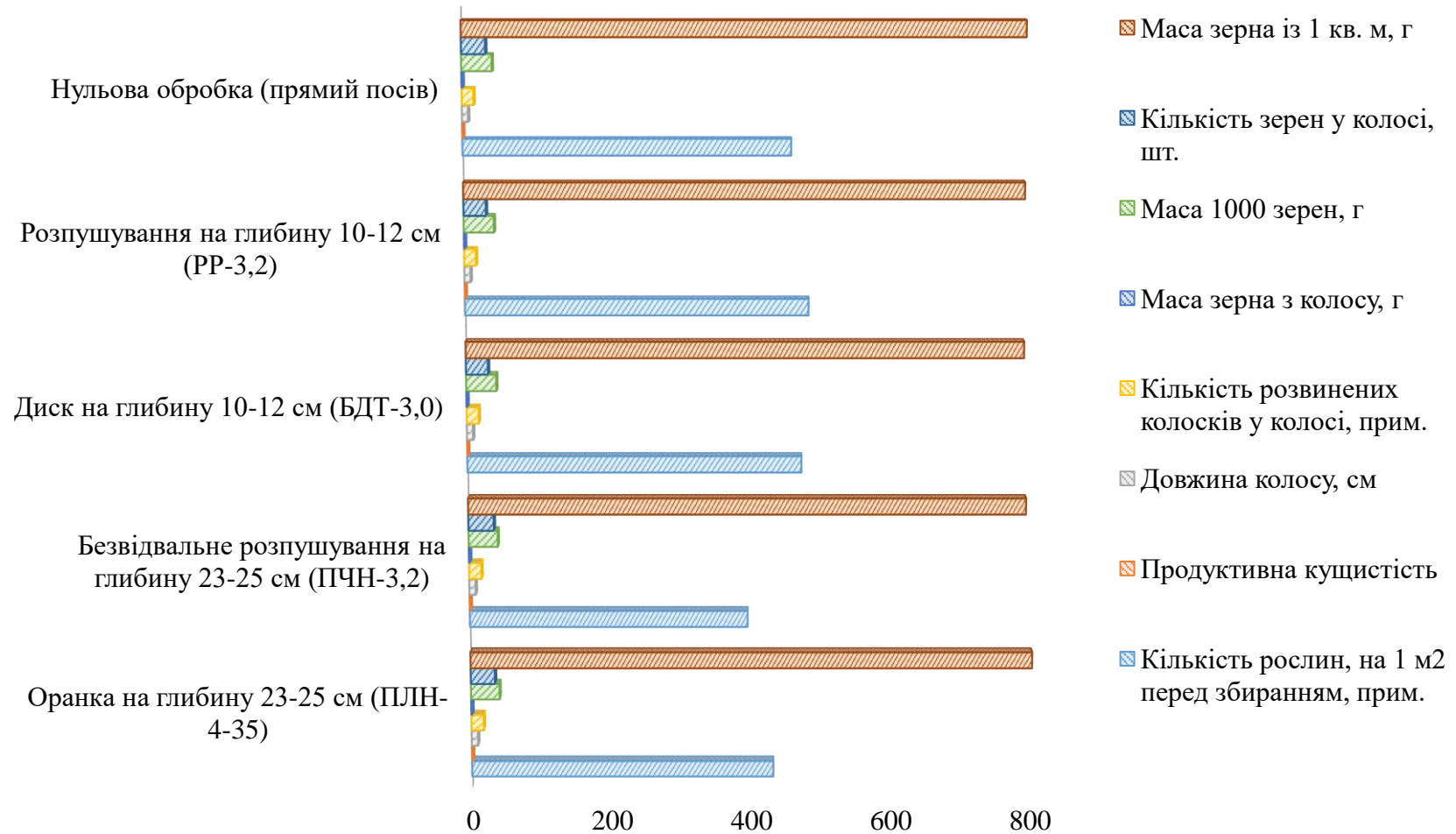


Рис. 3.6 Структура врожаю озимої пшениці в залежності від способу основного обробітку ґрунту

Довжина колосу змінювалася за варіантами досвіду від 8,3 до 8,9 см. Найбільш довгі колосся були на варіантах оранки на глибину 23-25 см і розпушування безвідвальне на глибину 23-25 см і відповідно становила 8,9 і 8,8 см. При дрібній обробці ґрунту на 10-12 см та нульовій довжині колоса була нижчою і становила в межах 8,3-8,5 см.

Кількість розвинених колосків у колосі таку закономірність, найбільша їх кількість була у випадках, де проводилася глибока обробка на 23-25 см (17,4 - 17,6 шт.), а найменша, де обробітку ґрунту була 10-12 см і нульова (16,1-16,8 шт.).

Маса зерна з колосом також була вищою при глибокій обробці ґрунту на 23-25 см і на варіанті оранка на глибину 23-25 см дорівнювала 1,4 г, а на безвідвальному розпушуванні на 23-25 см - 1,5 г. При дрібній обробці на 10-12 см маси зерна з колоса була найнижча і становила 1,3 г, на варіанті нульової обробки маса колоса дорівнювала 1,4 г.

Маса 1000 зерен це сортова ознака, проте в умовах 2001 року за варіантами досвіду були незначні зміни, менша маса 1000 насіння спостерігалася на варіантах з глибоким обробітком ґрунту на 23-25 см і становила 40,6-41,0 г. На інших варіантах досвіду вона була дещо вищою, так на варіанті дискування на глибину 10-12 см вона становила 42,1 г, на варіанті поверхневе розпушування на глибину 10-12 см - 41,8 г і на варіанті нульова обробка 42,0 г.

Кількість зерен у колосі мала аналогічні зміни, як і всі показники структури врожаю, крім маси 1000 зерен, тобто. найбільша їх кількість була на варіанті оранки на глибину 23-25 см, а безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см відповідно 34,4 і 35,8 шт. в одному колосі.

При обробці дисками на 10-12 см та ротаційним розпушувачем на 10-12 см, а також на варіанті нульова обробка кількість зерен у волоссі перебувала в межах 30,8 – 33,3 шт.

Біологічна врожайність чи маса зерна з 1 кв. м залежала від способу обробітку ґрунту, найбільша кількість зерна з 1 кв. м було на варіанті оранка



на глибину 23-25 см і становило 790 г, а найменше 778 г на варіанті нульова обробка ґрунту, на такому рівні вона знаходилася і на варіанті дискування на глибину 10-12 см (781 г) і поверхнєве розпушування на глибину 10-12 см (779 м).

### 3.3. Вплив способів основного обробітку ґрунту на врожайність озимої пшениці

Основним показником є врожайність зерна, дані щодо врожайності зерна озимої пшениці в залежності від способу основного обробітку ґрунту представлені в таблиці 3.7 .

З наведених даних таблиці 3.7 "Урожайність зерна озимої пшениці залежно від способів основного обробітку ґрунту" за попередником цукровий буряк видно, що врожайність зерна сорту Дельта мало змінювалася за варіантами досвіду і була досить високою, перебуваючи в межах 73,4-74,9 ц з га, найвища врожайність зерна була на варіанті оранка на глибину 23-25 см і становила 74,9 ц з га, а найнижча на варіанті поверхнєве розпушування на глибину 10-12 см - 73,4 ц з га, тим не менше менш істотної різниці за варіантами досвіду не спостерігалось.

Таблиця 3.7 . Врожайність зерна озимої пшениці в залежності від способів основного обробітку ґрунту ( дослідне поле, 2022 р.)

Варіант обробки	Кількість продуктивних стебел на 1 кв. м	Урожайність , ц з 1 га	Відхилення врожайності , ц з 1 га	Натура зерна, г/л	Відношення зерна до соломи
Оранка на глибину 23-25 см (ПЛН-4-35)	522,3	74,9	-	762,5	1: 1,1
Безвідвальне розпушування на глибину 23-25 см (ПЧН-3,2)	490	74,0	-0,9	764,8	1: 1,1

Диск на глибину 10-12 см (БДТ-3,0)	545,7	73,8	-1,1	771,2	1: 1,2
Розпушування на глибину 10-12 см (РР-3,2)	568,7	73,4	-1,5	770,1	1: 1,3
Нульова обробка (прямий посів)	541,3	73,5	1,4	781,2	1: 1,2
НСР05		1,4			

$$ЧД = ВП * ПЗ \quad (3.1)$$

Норма рентабельності (НР) розраховується як відсоткове співвідношення чистого доходу виробничим витратам і показує розмір чистого доходу на 1 грн вироблених витрат:

$$НР = \frac{ЧД}{ВБ} 10С \quad (3.2)$$

З метою збільшення виробництва зерна, поліпшення його якості та підвищення економічної ефективності було проведено вивчення у 2001 році впливу способів основного обробітку ґрунту на врожайність зерна озимої пшениці. Вартість валової продукції визначалася за ціною реалізації озимої пшениці, яка становила 2 об руб , за 1 центнер. Виробничі витрати визначалися за фактичними витратами.

Собівартість 1 ц озимої пшениці в залежності від способу основної обробки різна. Найменша собівартість 66 грн при нульовій обробці, найбільша при оранці на глибину 23-25 см ПЛН-4-35 - 117 грн

З результатів даної таблиці ми бачимо, що суттєвої різниці отриманого врожаю за способами обробки немає, але щодо інших статей - є. При нульовій обробці рентабельність становила 191%, а при оранці -114%, чистий дохід становив 12055 грн, а при оранці 9993 грн, що на 2062 руб . більше. При оранці на глибину 23-25 см ПЛН-4-35 витрати на 1 га склали 8732, а при нульовій обробці 6320 грн, собівартість склала при оранці 117 грн за 1 ц, при нульовій обробці ґрунту 86 грн за 1 ц.

Натура зерна за умов 2001 року була низька. Найвища 78,2 г/л була у варіанті нульова обробка, а найнижча 762,5 г/л у варіанті оранка на глибину 23-25 див.

Співставлення зерна до соломи у випробуваному році було низьким і відповідало сорту Дельта, воно знаходилося в межах 1:1,1 до 1:1,3 залежно від варіанту досвіду і мало змінювалося в залежності від способу обробітку ґрунту за попередником цукрових буряків.

## 4. РЕГУЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

### 4.1 Негативні зміни фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів

В результаті антропогенного впливу на ґрунт (лушення, оранка, культивування, боронування, коткування тощо) і природних процесів (опади, вітер, висушування тощо) відбуваються зміни фізичних властивостей ґрунту, які зумовлюють формування багатьох негативних процесів, у тому числі утворення плужної підшви, ґрунтової кірки.

Плужна підшва - це ущільнений шар ґрунту на межі орного та підорного горизонтів. Вона значно погіршує (знижує) надходження води у ґрунт, у підорні шари, викликає перезволоження верхніх шарів та збільшує стік води з полів навіть за загального дефіциту вологи. Утворюється плужна підшва в результаті проведення основного обробітку ґрунту протягом тривалого часу приблизно на однакову глибину. Під вагою ґрунтообробних машин, переважно плугів, на глибині обробки ґрунт ущільнюється. У той самий час у результаті тривалої інтенсивної обробки руйнується структура ґрунту. У ній зростає частка мікроструктури, пилоподібних мулистих частинок. Ці частинки під дією води та інших факторів опускаються вниз до рівня ущільненого ґрунтообробними машинами шару, акумулюються в ньому, остаточно закупорюючи пори та міжагрегатні порожнечі цього шару, і перетворюють його практично на водотривкий, водонепроникний шар - плужну підшву. Вона погіршує водний, повітряний та харчовий режими, умови зростання та розвитку культурних рослин, знижує їх врожайність.

Щоб не допустити утворення плужної підшви і для її усунення, необхідна система диференційованого обробітку ґрунту, що передбачає чергування різних (відвальної та безвідвальної) різноглибинних технологій обробітку ґрунту. Поряд з відвальною обробкою (оранням) слід ширше застосовувати безвідвальні знаряддя - чизелі, враховуючи реакцію культур, що

обробляються, на ці способи обробки ґрунту. Чизелі, маючи невелику площу зіткнення з підорним горизонтом, значно менше і не по всій площині ущільнюють ґрунт і не сприяють формуванню підшви плужної.

Ґрунтова кірка - Це ущільнений шар найвищого горизонту ґрунту. Вона є механічною перешкодою на шляху сходів культурних рослин, що з'являються, значно погіршує газообмін ґрунту з приземним шаром повітря, прирікаючи проростки культурних рослин на кисневе голодування, сприяє розвитку хвороб і в цілому призводить до виріджування і часто повного знищення сходів, різко знижує врожайність сільськогосподарських .

Ґрунтова кірка утворюється найчастіше на полях, не зайнятих культурними рослинами, переважно навесні, до появи сходів або у процесі їх появи. Вона - результат спільної дії антропогенних і природних факторів: інтенсивна систематична механічна обробка ґрунту призводить до погіршення її структури, накопичення пилоподібних мулистих фракцій , зниження водоміцності структури . її після висихання в суцільний, непроникний для води, повітря та проростків культурних рослин моноліт.

Утворенню ґрунтової кірки може сприяти невміле коткування ґрунту. Застосування цього прийому до настання фізичної стиглості, особливо на безструктурних ґрунтах, призводить до утворення ґрунтової кірки. Оподи, що випадають відразу після прикочування, також посилюють цей процес.

Прийоми боротьби із ґрунтовою кіркою можна розділити на довготривалі та оперативні. До довгострокових відносяться всі заходи, що покращують структуру та міцність агрегатів, а також сприяють підвищенню вмісту органічної речовини (гумусу) ґрунту.

До оперативних методів боротьби з кіркою належать механічні прийоми, спрямовані на руйнування ущільненого шару ґрунту. Це боронування довсходове і по сходах, обробка ґрунту і посівів голчастими робочими органами і т. д. шкідливість. Тому в агрегаті з котками слід застосовувати легкі борони, які і сформуєть цей шар, що мульчує.

Від фізико-механічних властивостей ґрунту значною мірою залежать якість її обробітку, умови росту та розвитку культурних рослин, рівень їх врожайності.

Найбільше значення мають структура, щільність, твердість і липкість ґрунту. Ці властивості у поєднанні з вологістю визначають готовність ґрунту до обробітку, його якість та умови життя рослин.

Агрономічно цінна комковато-зерниста структура, надаючи ґрунту пухке додавання, полегшує проростання та поширення коренів рослин, а також зменшує енергетичні витрати на механічну обробку ґрунту. Безструктурні ґрунти в порівнянні зі структурними, володіючи більшою зв'язністю, надають і сильніший питомий опір при обробці.

Щільність ґрунту - найважливіша умова високої продуктивності сільськогосподарських рослин. Більшість культур вона становить від 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup>. При збільшенні чи зменшенні щільності ґрунту на 0,1-0,2 г/см<sup>3</sup> проти оптимумом врожай знижується, а при значному ущільненні різко падає. Особливо чуйно реагують на ущільнення чорнозему. При підвищенні щільності вилуженого чорнозему на 0,1 г/см<sup>3</sup> урожай зернових колосових культур знижується на 15 %, а при підвищенні її на 0,2 г/см<sup>3</sup> - на 50 %. Шкідливість надлишкового ущільнення проявляється і підвищеному опорі ґрунту проникненню в глиб його профілю зростаючого коріння рослин в результаті збільшення об'ємної маси, зниження загальної та некапілярної шпаруватості, погіршення водного, повітряного, харчового та теплового режимів, зниження біологічної активності ґрунту, порушення оптимальних умов життя рослин.

При ущільненні ґрунту зменшується не лише загальний обсяг пір, а й їх розмір.

Ущільнений ґрунт погано вбирає і фільтрує вологу, що сприяє посиленню поверхневого стоку, ерозії та загалом зниження вологозабезпеченості рослин, створює передумови для найчастішого прояву посухи у більшості регіонів.

На ущільненому ґрунті довжина коренів та їх маса значно менша, ніж на неущільненому, причому більша частина їх розташовується біля поверхні ґрунту, що погіршує умови мінерального живлення.

Застосування потужної важкої техніки може спричинити сильне ущільнення орного та підорного горизонтів. При цьому погіршується порізність ґрунту і різко зростає її питомий опір.

Поряд із щільністю значно погіршує якість обробки та ґрунту та збільшує витрати на її виконання липкість ґрунту.

При обробці ґрунту в сильнов'язкому та граничному стані ( липкість  $> 5$  г/см<sup>2</sup>), коли частинки ґрунту набувають колоїдного характеру і легко можуть зміщуватися по відношенню один до одного, відбувається пластичне деформування ґрунту. Це призводить до порушення пористості, замазування, утворення кірки, брил і плужної подошви. Залежно від виду та швидкості ґрунтообробних машин це пластичне деформування в результаті стискання ґрунту, наприклад відвалом плуга, викликає додаткове сильне ущільнення ґрунту. Стан ґрунту при цьому практично необоротний, тобто він не може бути усунений або змінений у короткий термін прийомами обробітку. Тільки тривалий вплив природних сил (зміна ґрунту від набухання та стиснення, утворення тріщин під дією морозу) може поступово відновити порушену структуру ґрунту.

Твердість і питомий опір також впливають на якість обробітку ґрунту, і витрати на його проведення аналогічні впливу щільності.

Багато агрофізичних властивостей ґрунту досить динамічні і їх можна регулювати за допомогою агротехнічного, біологічного та хімічного впливу.

#### **4.2 Заходи щодо покращення фізико-механічних властивостей, збереження та відновлення ґрунтової структури**

Проблема поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунту - одна з головних у землеробстві, оскільки від цього залежить збільшення врожайності сільськогосподарських культур і підвищення виробництва рослинництва.

Існує безліч прийомів регулювання фізико-механічних властивостей та відновлення ґрунтової структури. Їх можна поєднати у три великі групи: механічні, хімічні, біологічні.

До механічних прийомів відносять інтенсивну механічну обробку ґрунту, ґрунтовиглиблення, щілини і т. д. Ці прийоми дозволяють суттєво покращити фізико-механічні властивості ґрунту. Однак їхня дія короткочасна, і тому для досягнення тривалого ефекту необхідне систематичне багаторазове застосування їх.

І це, своєю чергою, має негативний ефект, оскільки систематичні інтенсивні механічні обробки сприяють збільшенню частки мікроструктури (листих фракцій) у структурі ґрунту.

Ефективність обробітків ґрунту багато в чому залежить від його вологості. Вона має оброблятися у стані фізичної стиглості. У цьому випадку формується найбільш цінна з агрономічної точки зору структура, а ґрунт відрізняється невисокою щільністю та хорошою повітрязабезпеченістю.

Агротехнічні прийоми (оранка, культивація, коткування та ін) значно змінюють щільність і загальну пористість орного та підорного горизонтів ґрунтів, їх питомий опір. В результаті застосування різних агротехнічних прийомів верхні горизонти ґрунтів набувають сприятливої будови. Оптимальна щільність орного шару ґрунту визначається біологічними особливостями сільськогосподарської культури, а також погодними умовами. Г. Б. Гальдін (1963), досліджуючи вплив прикочування на врожай ярої пшениці, показав, що для вилужених чорноземів Пензенської області оптимальна щільність становить 1,11-1,14 г/см<sup>3</sup>. За такої щільності в посушливий рік урожай підвищився на 26% порівняно з контролем (щільність ґрунту 1,04 г/см<sup>3</sup>), тоді як у вологі роки коткування не дало ефекту.



Хімічні прийоми меліорації змінюють склад поглинених основ та весь комплекс фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів. До найпоширеніших хімічних прийомів поліпшення фізичних властивостей ґрунтів належать вапнування кислих ґрунтів, гіпсування солонців, внесення штучних речовин, що клеять (полімерів). В результаті вапнування ґрунт стає більш структурним, у ньому збільшується водопроникність та зменшується щільність. При цьому хімічна меліорація ґрунтів особливо ефективна на тлі органічних добрив.

Гіпсуванням усувається лужна реакція солонцевих ґрунтів, покращуються їх фізичні властивості та структура. Твердість, опір при обробці, липкість та інші фізико-механічні властивості в результаті заміщення поглиненого натрію на кальцій стають сприятливішими в агрономічному відношенні.

Однак застосуванням вапнування та гіпсування не можна повністю вирішити проблему покращення фізико-механічних властивостей та структури ґрунту.

Біологічні прийоми спрямовані на підвищення вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунті. Ці прийоми універсальні та довговічні. Зі збільшенням вмісту гумусу у ґрунті покращуються не тільки фізико-механічні та хімічні властивості, а й усі ґрунтові режими: харчовий, водний, повітряний. З підвищенням вмісту гумусу в ґрунті зменшується його щільність та підвищується стійкість до деформацій різного типу. При вмісті гумусу у ґрунті 3,7 % і більше рівноважна щільність ґрунту встановлюється на рівні їх оптимальної величини для культурних рослин. Такі ґрунти навіть після примусового ущільнення здатні до розущільнення під дією природних факторів (зволоження, заморожування, висушування) та не вимагають розпушування з метою регулювання фізичних властивостей. Ґрунти із вмістом гумусу менше 3,7 % після примусового ущільнення не відновлюють вихідну густину. На таких ґрунтах необхідна механічна обробка як регулювання фізико-механічних властивостей.

Найбільш комплексний вплив на агрофізичні властивості ґрунту надають органічні добрива. Вони збільшують вміст у ґрунті гумусу і тим самим позитивно впливають як на загальні фізичні, так і на фізико-механічні властивості, доводячи їх до оптимальних параметрів. Аналогічну роль виконує посів багаторічних трав. Після їх збирання завдяки потужній кореневій системі та великій кількості рослинних залишків у ґрунті залишається багато органічної речовини, з якої надалі утворюється гумус.

До біологічних прийомів регулювання фізико-механічних властивостей ґрунту відносять удосконалення сівозмін, що включає збільшення частки багаторічних трав у структурі посівних площ; застосування сидеральних культур; збільшення обсягу внесених органічних добрив; оптимізацію обробітку ґрунту, спрямовану на зменшення інтенсивності та глибини розпушування в розумних межах з метою зниження темпів мінералізації органічної речовини ґрунту та розпилення структури.

## ВИСНОВКИ

На підставі проведених дослідів можна зробити попередні висновки:

1. Густота стояння рослин озимої пшениці відрізнялася за варіантами дослідів. Найбільше рослин 479,3 шт. на 1 кв. метрі було на варіанті поверхнєве розпушування на глибину 10-12 см. Найбільша загибель рослин за період весняно-літньої вегетації 8,2% спостерігалася на варіанті нульової обробки.

2. Найбільш високі рослини протягом усього вегетації були на варіанті нульової обробки 10,2; 57,8 і 84,9 см. Однак перед прибиранням найвищі були на варіанті дискування на глибину 10-12 см - 100,7 см.

3. Продуктивна куцистість рослин залежала від глибини обробки ґрунту. Найбільш висока продуктивна куцистість 1,4 і 1,3 була на варіантах глибокої обробки ґрунту на 23-25 см.

4. Основні елементи структури врожаю, кількість колосків у колосі, кількість зерен у колосі, маса зерна з колосу були найбільш високі на варіантах оранки на глибину 23-25 см і розпушування безвідвальне на 23-25 см.

5. Найбільш економічно ефективним способом обробки озимої пшениці є нульова обробка (прямий посів) при якій незважаючи на зниження врожайності собівартість озимої пшениці знижується, оскільки зменшуються виробничі витрати на пально-мастильні матеріали, амортизацію, оплату праці та інші витрати пов'язані з основною обробкою ґрунту та проведенням додаткових обробітків ґрунту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку та створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. Зб . наук. Праць Вінницького національного. аграрний. ун-ту. Серія: Технічні науки. 2012. Вип . 11. -Т. 2 (6 6). З. 8-14.
2. Булгаков В.М., Адамчук В.В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин. наук. вісник Луганського нац . аграр . ун-ту. 2011. № 29. С. 252-260.
1. Калетник Н., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Майн проблем у галузі сільськогосподарської техніки в Україні Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №3 (95) 2016. 4
2. Грибик Р.І. Аналіз комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. №2(105). С. 93 – 99.
3. Нагорна О. Біодеструктор стерні – запорука родючості ґрунтів. Техніка та технології АПК. 2017. № 5. С. 19–20.
4. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
5. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні засади сільськогосподарського машинобудування: навч . посіб . Вінниця: 2019. 234 с.
6. Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навч . посіб . Вінниця: 2019. 222 с.
7. Руткевич В.С. Експериментальний стенд для ресурсного дослідження золотникового роздільника потоку. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. №3 (106). С. 80-86.
8. Ivanov MI, Rutkevych VS, Kolisnyk OM, Lisovoy IO Research на блок-портіон separator параметри influence на регулюючому рівні оперативних

елементів швидкості. INMATEH - Agricultural Engineering . 2019. Vol . 57/1. P. 37-44.

9. Мельника І.І. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навч . посіб . К.: Кондор. 2004. 284 с.

10. Погорілій В.В., Шустік Л.П. Перспективне оруддя для обробки ґрунту та догляду за рослинами . Техніка АПК. 2002. No1. С. 16-27.

11. Сосновська Л.В. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. No2(105). С. 100 – 106.

12. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні засади сільськогосподарського машинобудування: навч . посіб . Вінниця: 2019. 234 с.

13. Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навч . посіб . Вінниця: 2019. 222 с.

14. Rutkevych V., Kупчук I., Yаропуд V., Hраниак V., Burlaka S. Нумеричне simulation of liquid distribution problem by adaptive flow Distributor . Przegląd Електротехнічний . 2022. Vol . 98, No 2. 64–69.

15. Руткевич В.С. Експериментальний стенд для ресурсного дослідження золотникового роздільника потоку. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. No3 (106). С. 80-86.

16. Мельника І.І. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навч . посіб . К.: Кондор. 2004. 284 с.

17. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.ІІІ: Підручник. Київ: «Хай-Тек-Прес», 2013. 528 с.

18. Кравчук В.І., Грицишин М.І., С.М. Коваль С.М. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. Київ: Аграрна наука, 2004. 396 с.

19. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Горобець В.П. Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт у рослинництві. Вісник аграрної науки. 2016. No 10. С. 5–12.

20. Мазур В.А., Цицюра Я.Г., Дідур І.М., Пелех Л.В. Динамічна оцінка гумусового стану ґрунтів Вінниччини . Вісник Львівського національного аграрного університету. 2014. №18. С. 86-92.
21. Старовойтов С.І., Храмовських К.О., Довиденко Р.М. Плуг з колючим ріжучим контуром і прутковим відвалом. Сільський механізатор. 2016. № 10. С. 6–7.
22. Vetochin VI Periodic table of shapes of surface for soil tillage інструменти . Proceedings of TEN International Conference on Geometry and Graphics 2002. Vol . 3. P. 49-52.
23. Калетнік Г.М., Зарішняк О.С., Адамчук В.В., Булгаков В.М. Землеробська механіка – теоретична база сучасної землеробської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. тематики. наук. зб . 2013. Т.1. Вип . 98. С. 31-44.
24. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку та створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. Зб . наук. праць Вінницького національного. аграрний. ун-ту. Серія: Технічні науки. 2012. Вип . 11. -Т. 2 (66). З. 8-14.
25. Серета Л.П., Швець Л.В. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2020. №3 (110). С. 117-125.
26. Панов І.М., Ветохін В.І. Фізичні основи механіки ґрунтів: Монографія. Київ: Фенікс, 2008. 266 с.
27. Серета Л.П., Чернявський М.М. Моделювання переміщення ґрунту та розміщення рідких біодобрих у ґрунті після операції внесення плоскоріжучим стрілочастим орудням . Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2013. Вип . 43. С. 151-159.
28. Ветохін В.І. Систематизація властивостей ґрунту як основа проектування ґрунтообробних знарядь та технологій. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України: Зб . наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім.

Л.Погорілого . 2009. Віп . 13(27). З. 30-38.

29. Гарькавій О.Д., Петриченко В.Ф., Спирін О.В. Конкурененто-спроможність технологій та машин. Вінниця: ВДАУ-« Тірас », 2003. 68с.

30. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.ІІІ: Підручник. Київ: «Хай-Тек-Прес», 2013. 528 с.

31. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільсько - господарські машини. Основи теорії та розрахунку. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

32. Ковбаса В.П. Фізичні рівняння деформування ґрунту із суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей. Motor1 : Motorization та енергетична промисловість у сільській. 2011. Том 13 ВР 92-97.

33. Ковбаса В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: автореф . дис . ... докт . техн . наук: 05.05.11. Київ. 2006. 35 с.

34. Желіговський , В.А. Елементи теорії ґрунтообробних машин та механічної технології сільськогосподарських матеріалів. Тбілісі: Грузинський СДМ, 1970. 148с.

35. Жук, А.Ф. Ефективність комбінованих агрегатів. Сільський механізатор. 2005. №10. З. 12-13.

36. Камбулов С.І. Зниження енергоємності процесу ґрунтообробки . Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. №1. С.32-34.

37. Дубчак В.М., Новицька Л.І. Методика порівняння деяких енергетичних характеристик у симетричних задачах. Збірник наукових праць "Техніка, енергетика, транспорт АПК". 2015. №1 (91). С.112-114.

38. Panasyuk , AN Theoretical justification scheme arrangement для робочих місць cultivator tillage midwater . Farm machinery . 2013. No 3. P. 135-137.

39. Zhao , Y. Tractor power requirement of no-tillage seeder under different cover crop residue management . Japanese Jornal of Farm Work Research . 2010.

No 45 (1). P. 37-44.

40. Kyul , EV Influence of Anthropogenic Activity on Transformation of Landscapes by Natural Hazards . Indian Journal of Ecology . 2017. Vol . 44 (No2). P. 239-243.

41. Barker , NA Biological formation of methane . Bacterial fermentations . 2019. Vo8. P. 1-95

42. Bousfield SP, Hobson P.G., Summers RY Найдти анаерobic digestion of cattle and poultry wastes . Agr . Wastes . 2016. Vol.11 P.161-164.

43. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайліс , А.Ю. Гербовий, З.О. Гошко , М.М. Ковальов, О.О. Налобіна , С.Ф. Юхимчик. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. 268 с.

44. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк , В.М. Швайко, та ін ; За ред. С.С. Яцуна . К.: Мета, 2003. 448 с.

45. Сільськогосподарські машини. Д.Г. Войтюк , Л.В, Аніскевич , В.В. Іщенко та ін. - К.: " Агроосвіта ", 2015. 679 с.

46. Експлуатація машин та обладнання. І.М. Бендера , В.П. Ггрній , П.І. Роздорожнюк та ін. / за ред. І.М. Бендері , В.П. Ггрного , П.І. Роздорожнюка . – Кам'янець-Подільський: ФОП Сісін Я.І., 2013. 576 с.

47. Лісогор В.М. Методологія та організація наукових досліджень агропромислового комплексу: [монографія] / В.М. Лісогор , М.П. Єленіч , Ю. Б. Паладійчук ; ред. Г.М. Калетнік ; М-во аграр . політики та прод . України, ВНАУ. – Вінниця: Меркьюрі Поділля, 2013. 279 с.

48. Мельниченко О.П. Статистична обробка експериментальних даних: Навчальний посібник / О.П. Мельниченко, І.Л. Якименко, Р.Л. Шевченка – Біла Церква, 2006. 34 с.

49. Методичні вказівки з виконання практичних робіт з дисципліни “Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності” для здобувачів іншого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальностей 208 – Агроінженерія та 133 – Галузеве машинобудування



денної та заочної форм навчання. / Укладачі: Середа Л.П., Холодюк О.В., Шаргородський С.А. Вінниця, Видавництво ВНАУ, 2020. 98 с.

50. Проспект продукції компанії KLEINE (Німеччина) [електронний ресурс]: FRANZ KLEINE. Режим доступу: [http://www.franz-kleine.com/\\_ua/produkte/beetliner](http://www.franz-kleine.com/_ua/produkte/beetliner)

51. Каталог продукції компанії MONOSEM (Франція) [електронний ресурс]: MONOSEM.RU: LINEJKA-PRODUKCIИ – Режим доступу: <http://www.monosem>

52. Каталог продукції GASPARDO (Італія) [електронний ресурс]: GASPARDO MASCHIONET Режим доступу: <http://www.maschionet.com>

53. Каталог продукції компанії ТОВ « Агромір », (Україна) [електронний ресурс]: AGROMIR.NET – Режим доступу: [http://www.agromir.net/application/sectionfiles/file/catalog\\_solar\\_fields](http://www.agromir.net/application/sectionfiles/file/catalog_solar_fields)

54. Каталог сівалок точного висіву AMAZONE (Німеччина) [електронний ресурс]: AMAZONE info-portal . – Режим доступу: <http://info.amazone.de>

55. Каталог сівалок SPC компанії MECANICA SEANLAU (Румунія-Угорщина) [електронний ресурс]: HANKI-KER. – Режим доступу: [http://www.hanki-ker.hu/kezelesi\\_utmutatok/spc/spc\\_4-6-8\\_alkatresz\\_katalogus](http://www.hanki-ker.hu/kezelesi_utmutatok/spc/spc_4-6-8_alkatresz_katalogus)

56. Каталог продукції компанії GREAT PLAINS (США) [електронний ресурс]: GREAT PLAINS UKRAINE. – Режим доступу: <http://www.greatplains.com.ua/menu03>

57. Каталог продукції компанії KUHN (Франція) [електронний ресурс]: KUHN.UA. – Режим доступу: <http://www.kuhn.ua/internet/webua.nsf/>

58. Каталог продукції компанії KONGSKILDE INDUSTRIES (Данія) [електронний ресурс]: KONGSKILDE.COM. – Режим доступу: <http://www.kongskilde.com/Agriculture/Soil/Seed%20Drills>

59. Каталог продукції компанії VÄDERSTAD (Швеція) [електронний ресурс]: VADERSTAD.COM. – Режим доступу: <http://vaderstad.com/ua/Products>

60. Каталог продукції компанії HARVESTER (США) [електронний ресурс]: HARVESTER.KIEV.UA. – Режим доступу: <http://www.harvester.kiev.ua/ua/products/sv/>
61. Каталог продукції компанії RAU SICAM, (Франція) [електронний ресурс]: MANUFACTURER: RAU.UNISEM – Режим доступу: <http://www3.syngenta.com/country/fr/>
62. Каталог продукції компанії ISARIA PNEUMАТИК, (Німеччина) [електронний ресурс]: ISARIA.DE – Режим доступу: <http://www.isaria.co>
63. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування (сільськогосподарська техніка). \* ДСТУ 4397:2005. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
64. Aliev EB, Vandura VM, Pryshliak VM, Yaropud VM, Trukhanska OO Modeling механічних та технологічних процесів сільськогосподарської індустрії. INMATEH – Agricultural Engineering . 2018. Vol . 54, No1. P. 95-104.
65. Bo Li , Ying Chen , Jun Chen Modeling of soil-claw interaction використовуючи discrete element метод (DEM). Soil and Tillage Research . 2015. Vol . 158, 5, 41-49.
66. Contreras U., Foster . C. D Soil Models and Vehicle System Dynamics. Applied Mechanics Reviews . 2013. Vol . 65, Issue 4. P. 202-222.
67. Калетник Н., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Main problems in the field of agricultural mechanization in Україна . Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. No3, 95. С. 6-12.
68. Lin Zhu , Jia-Ru Ge , Xi Cheng Modeling share / soil interaction of horizontally reversible plow за допомогою fluid dynamics . Journal of Terramechanics . 2017. Vol . 72, P.1-8.
69. Solona O., Derevenko I., Kupchuk I. Визначення plasticity для попередньо-деформованого листа. Solid State Phenomena . 2019. 291, P. 110-120.
70. Zhang LB, Cai ZX, Liu HF A novel approach для simulation of soil-tool interaction підстав на arbitrary Lagrangian-Eulerian description . Soil and

Tillage Research . 2018. Vol . 178, 5, 41-49.

71. Zhao JF, Wang W. Сучасна сфера механічних параметрів у зоні тестування. Процедури 2-ї міжнародної конференції на навчання в механічній інженерії та індустріальній інформатиці (AMEI), AER- Advances in Engineering Research . 2017. Vol . 73, P. 369-372.

72. Агробаза [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_54f1d9c4-9010-4bed-8985-da76ba460855](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_54f1d9c4-9010-4bed-8985-da76ba460855).

73. Агросервіс [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.agse.ru/catalog/zapchasti\\_dlya\\_selhoztekhniki/razbrasyvateli\\_udobrenij/razbrasyvatel\\_organicheskikh\\_udobrenij\\_prt\\_7\\_\\_prt\\_10](http://www.agse.ru/catalog/zapchasti_dlya_selhoztekhniki/razbrasyvateli_udobrenij/razbrasyvatel_organicheskikh_udobrenij_prt_7__prt_10)

74. Бакум М. В., Нікітін С. П., Сергєєва О. В. Проектування сільськогосподарських машин: навч . посіб . Ч. 1. Плуги загального призначення. Харків: Харків. держ . техн . ун-т с.-р, 2003. 336 с.

75. Бондаренко М. Г., Демещук В. А. Комплектування та використання машинно-тракторного парку у рослинництві: підруч . для студ . вузів. Київ: Вищ . шк ., 1995. 237 с.

76. Булгаков В. М., Войтюк Д. Г., Пилипака С. Ф. Проектування поліці плуга із розгортної поверхні за заданою геодезичною лінією – граничною траєкторією руху скиби. Науковий вісн . Нац . ун-ту біоресурсів та природокористування України. 2010. Віп . 144, ч. 5. С. 20-35.

77. Булгаков В.М. Використання прямого методу граничних елементів для дослідження стаціонарних колінь пластин / В.В. Адамчук , В.М. Булгаков, Г.М. Калетнік , О.Г. Куценко // Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації у техніці та технологіях". - №1 (84). – 2017. – С.8-14.

78. Булгаков В.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійний тиск і швидкість руху матеріальної точки. / Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.М, Калетнік Г.М. / Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації у техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. нар. - Віп . 1 (73)

79. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Черніш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В.. Прикладна механіка: Навчальний посібник. Київ: Аграр . наука, 2016. 816 с.
80. Булгаков В.М., Бурлака В.В., Калетнік Г.М., Кравченко І.Є., Кучеренко С.І., Мазоренко Д.І., Тіщенко Л.М., Березовий М.Г. Теоретична механіка: посібник для практичних занять. Вінниця: Нова книга, 2010. 667 с.
81. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві: навч . посіб . для студ . вузів. Київ: Урожай, 1993. 288 с.
82. Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є. Забезпечення експлуатаційної надійності робочих органів ґрунтообробних машин під час їх відновлення та інноваційні пропозиції сільгоспідприємствам. Вісник аграрної науки. 2013. № 3. С. 44–47.
83. Василенко М. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин. Пропозиція. 2012. № 12. С. 86-92.
84. Васильченко В. Чизелі та глибокорозпушувачі ґрунту від Lemken . Агроном. 2011. № 2. С. 204-207.
85. Вітвіцький В. В., Лобастов І. В., Кисляченко М. Ф. Типові норми продуктивності машин та витрат палива на передпосівному обробітку ґрунту: Економічні нормативи. Україна . н.-д. ін-т продуктивності агропромислового комплексу. Київ: Укראгропромпродуктивність , 2005. 672 с.
86. Войтюк Д. Г., Булгаков В. М., Кропивко С. В., Онищенко В. Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч . для студ . вузів. Київ : Друк, 2005. 464 с.
87. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч . посіб . Суми: Унів . кн ., 2008. 543 с.
88. Войтюк , Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підруч . для студ . вузів. 2-ге вид. Київ: Каравела, 2008. 551 с.

89. Гевко Б. М. Технологія сільськогосподарського машинобудування: навч . посіб / Б. М. Гевко , І. Б. Гевко , Д. Л. Радик. – К.: Кондор, 2006. – 496 с.

90. Гевко Р. Б., Ткаченка І. Р. Павх І. І. Машина сільськогосподарського виробництва: навч . посіб . для студ . вузів. Тернопіль: Терноп . акад. нар. госп-ва, 2002. 251 с.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

Таблиця вихідних даних однофакторного дисперсійного аналізу.

№	1	2	3
1	75,8	73,8	75,1
2	75,1	72,8	74,1
3	74,3	73,5	73,6
4	73,4	72,5	73,2
5	73,9	72,8	73,8

Таблиці визначення суттєвості різниці між варіантами досвіду.

Дисперсія		Число ступенів свободи дисперсії		
Факторна	Залишкова	Загальною	Факторний	Залишковою
1,43766951560974	0,6286653280	14	4	10

Значення F -критерію		Значення T-критерію	
Фактичне	Теоретичне	Фактичне	Теоретичне
2,286859989	3,48000001	Не розраховується	2,228100061

Помилка досліду	Помилка різниці середніх	Найменша суттєва різниця	
		В абсолютному вираженні	%
0,457771897316	0,647387206554	1,44244349002838	1,95329523

\* Між варіантами досліду істотних відмінностей немає. \*