

Міністерство освіти і науки України  
Державний біотехнологічний університет  
Кафедра агрохімії

**Г. Ф. ОЛЬХОВСЬКИЙ**

**АГРОХІМІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ  
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

*Наукове видання*

Харків – 2022

*Рекомендовано до друку рішенням ученої ради факультету  
агрономії та захисту рослин Державного біотехнологічного університету  
від 24 лютого 2022 р.*

**Рецензенти:**

**Попов С. І.** – доктор с.-г. наук, професор, керівник відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

**Шевченко М. В.** – доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри агротехнологій і землеробства ДБТУ

**Лактіонова Т. М.** – канд. с.-г. наук, ст. наук. співробітник відділу науково-економічної діяльності, інновацій та координації міжнародного співробітництва ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

**Ольховський Г. Ф.**

**О 56** Агрохімічні та фізіологічні особливості формування продуктивності пшениці озимої : наук. вид. / Г. Ф. Ольховський. – Харків : Тім Пабліш Груп, 2022. – 113 с. : 21 рис., 75 табл.

Головне завдання сільськогосподарського виробництва – щорічно вирощувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Об'єкт досліджень – рослина, надзвичайно складна, саморегулююча система, процеси життєдіяльності якої можна зрозуміти лише беручи до уваги цілісність усього організму. За темою досліджень автор прагнув охопити весь період росту і розвитку пшениці озимої під впливом дії найважливішого фактору на врожай – добрив. Привернуто увагу щодо впливу добрив на розвиток рослин від початкових етапів органогенезу до закінчення періоду інтенсивного росту на формування урожаю.

Уперше в Україні встановлено біологічні потреби культури в елементах мінерального живлення за врожайності зерна більше 6,0 т/га, що може бути використано для розрахунку системи удобрення культури. Показано роль окремих органів стебла в забезпеченні зернівок пластичними речовинами і елементами мінерального живлення, запропоновано детальний метод визначення структури врожаю.

Наукову працю рекомендовано науковцям, агрономам і здобувачам вищої освіти агрономічних спеціальностей.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	
<b>Розділ 1. ВПЛИВ ДОБРІВ НА РІСТ, УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ</b>	
Вступ	
1.1. Методика досліджень	
1.2. Вплив добрив на ріст рослин пшениці озимої	
1.3. Залежність урожаю зерна від доз і співвідношень мінеральних добрив	
1.4. Якість зерна	
1.5. Вплив позакоренових підживлень на якість зерна пшениці	
1.6. Залежність урожаю зерна від забезпеченості ґрунту елементами живлення	
Висновки	
Список літератури до першого розділу	
<b>Розділ 2. ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ І ГОСПОДАРСЬКОГО ВИНОСУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ</b>	
2.1. Визначення біологічних потреб елементів живлення пшеницею озимою у фазі цвітіння – початок формування зерна	
2.2. Ґрунтово-кліматичні умови і методика досліджень	
2.3. Вплив добрив на синтез органічних речовин	
2.4. Біологічні потреби пшениці озимої в основних елементах живлення	
2.5. Вплив добрив на врожай зерна пшениці озимої	
2.6. Визначення біологічних потреб і господарського виносу елементів живлення пшеницею озимою у фазі цвітіння – початок формування зерна і в повній стиглості	
2.6.1. Маса сухих органічних речовин надземних органів у фазі цвітіння – початок формування зерна	
2.6.2. Маса сухих речовин органів рослин пшениці озимої в повній стиглості	
2.6.3. Відносний вміст поживних речовин в органах рослин озимої пшениці в кінці цвітіння – початок формування зерна	
2.6.4. Біологічні потреби пшениці озимої в основних елементах живлення у фазах цвітіння та в повній стиглості	
2.6.5. Співвідношення елементів живлення за фазами розвитку пшениці озимої	
2.6.6. Співвідношення між елементами живлення у фазі цвітіння – початок формування зерна у двох дослідках	
2.6.7. Коефіцієнти використання поживних речовин із добрив	
2.6.8. Повернення в ґрунт органічних і мінеральних речовин	
2.7. Біологічні потреби пшениці озимої в елементах живлення в залежності від способів сівби	
2.7.1. Маса сухих речовин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна	
2.7.2. Маса абсолютно сухих речовин органів рослин пшениці озимої у фазі повної стиглості	

2.7.3. Біологічні потреби пшениці озимої в елементах живлення в залежності від способів сівби	
2.7.4. Повернення органічних і мінеральних речовин у ґрунт	
Висновки	
Список літератури до другого розділу	
<b>Розділ 3. РОЗПОДІЛ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПО ОРГАНАМ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ЇХ РЕУТИЛІЗАЦІЯ В ПРОЦЕСІ НАЛИВУ ЗЕРНА</b>	
3.1. Накопичення сухих речовин в органах рослин пшениці озимої в залежності від норм добрив	
3.2. Вміст основних елементів мінерального живлення в органах рослин пшениці і співвідношення між ними	
3.2.1. Співвідношення між елементами мінерального живлення в органах рослин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна	
3.2.2. Валовий вміст елементів живлення і співвідношення в органах стебла пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна в залежності від норм добрив в мг на 100 стебел (середні дані за 1982, 1983, 1985 рр.)	
3.3. Ряди вмісту макро- і мікроелементів в ґрунті і в органах рослин пшениці залежно від добрив	
3.4. Реутилізація пластичних речовин і елементів мінерального живлення вегетативних органів і колосів у період наливу зерна	
3.4.1. Реутилізація пластичних речовин у період наливу зерна	
3.4.2. Відносний і валовий вміст азоту в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна	
3.4.3. Відносний і валовий вміст фосфору в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна	
3.4.4. Відносний і валовий вміст калію в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна	
Висновки	
Список літератури до третього розділу	
<b>Розділ 4. ВПЛИВ ДОБРІВ НА ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ</b>	
4.1. Вплив добрив на елементи структури врожаю	
4.1.1. Методика досліджень	
4.1.2. Результати досліджень	
4.2. Детальний метод визначення структури врожаю пшениці	
4.2.1. Аналіз літературних даних	
4.2.2. Матеріали і методи досліджень	
4.2.3. Результати досліджень	
Висновки	
Список літератури до четвертого розділу	
Слово про автора	

## ПЕРЕДМОВА



Сьогодні виробничники прагнуть отримати високі врожаї зерна пшениці озимої при обмежених ресурсах органічних і мінеральних добрив. Це важке завдання, адже використання добрив потребує знань агрохімічних властивостей ґрунтів і фізіологічних особливостей живлення рослин, перш за все, потреб рослин в елементах мінерального живлення. Тому в цій роботі висвітлено результати багаторічних досліджень щодо впливу на врожай і якість зерна пшениці озимої норм і співвідношень мінеральних добрив. Виявлено, що головна дія на врожай належить азотним добривам. Особливу увагу звернено на дію добрив від проростання насіння до повної стиглості пшениці.

Більшість супутніх спостережень автор виконав за власною ініціативою. Так, вивчено біологічні потреби (піонерські дослідження) пшениці озимої в основних елементах живлення за різного рівня врожайності (6 років на різноудобрених фонах і 6 років за різних способів сівби); розподілу елементів мінерального живлення по органах в різні фази наливу зерна. Визначено відтік пластичних речовин і елементів мінерального живлення в зернівки та роль окремих органів у процесі наливу зерна без пошкодження рослин. Показано доцільність одночасного застосування методів рослинної і ґрунтової діагностики умов живлення рослин пшениці. Відмічено генетичну вибірково здатність рослин пшениці в засвоєнні елементів мінерального живлення, запропоновано детальний метод визначення структури врожаю.

У процесі багаторічних досліджень довелося виконати значний об'єм фізичних робіт, зокрема по відділенні коренів із ґрунту методом відмивання, збиранні врожаю, при внесенні добрив на дослідних ділянках, а також великий обсяг хімічних аналізів зразків рослин і ґрунту.

У всіх роботах автор брав особисту участь, оскільки надавав вагоме значення точності досліджень. Його активними помічниками були: старший лаборант Л.Г. Бабиніна, аналітик Н.І. Шовчко, дипломники М.В. Лавро, С.М. Кулешов, А.А. Нагога, Н.І. Кравченко, Анхель Рівас Сальвадор, Салу Мусса, яким автор висловлює щирю вдячність.

# Розділ 1. ВПЛИВ ДОБРИВ НА РІСТ, УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

## Вступ

Пшениця озима – основна зернова культура в сільському господарстві України, посівні площі якої займають залежно від років 6,4–7,3 млн гектарів землі, забезпечуючи 50% валових зборів зернових культур. Завдяки широкому впровадженню у виробництво інтенсивних технологій вирощування пшениці озимої її середня врожайність у 1990 р. досягла 40,2 ц/га. Досвід кращих господарств показує, що інтенсивна технологія здатна забезпечити подальше значне зростання врожайності пшениці на всіх площах посіву. В окремих господарствах Лохвицького району Полтавської області в 1987 р. було зібрано пшениці по 81,7 ц/га, а Таращанського району Київської області – 70,9 ц/га [1].

У 2020 р. в сільськогосподарському товаристві «Батьківщина» Срібнянського району на Чернігівщині зафіксовано національний рекорд – найвищу врожайність зерна 101 ц/га на площі 211 гектарів забезпечив сорт пшениці озимої Берегиня миронівська [2]. Ці досягнення свідчать про високі біологічні можливості нових сортів пшениці озимої, максимальна реалізація яких є головним завданням хліборобів.

Забезпечення високих врожаїв, їх стабілізація за роками вирощування, вимагає поглиблених знань особливостей росту і розвитку рослин, і формування зерна в цілому. Створення оптимальних умов живлення сільськогосподарських культур на підставі збалансованої родючості ґрунту сприяє як підвищенню їх врожайності, так і поліпшенню показників якості зерна [3].

## 1.1. Методика досліджень

Будучи одним із виконавців географічної мережі дослідів, які здійснювалися під методичним керівництвом Всесоюзного наукового дослідного інституту добрив і агроґрунтознавства, протягом 22-х років вивчали ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив, дію складних добрив, строки внесення азотних добрив під пшеницю озиму на чорноземі типовому після одного із найгірших попередників, кукурудза на силос, по якому в умовах виробництва вирощували біля 30% пшениці озимої.

Основна мета досліджень – установити оптимальні дози і співвідношення мінеральних добрив по приросту врожайності і окупності 1 кг діючої речовини добрив основною продукцією.

Полеві досліді з добривами під пшеницю проводили на чорноземі типовому малогумусному важкосуглинковому на лесі в навчально-дослідному господарстві Харківського національного аграрного університету

ім. В.В. Докучаєва в 1971–1992 рр., пшеницю вирощували в шестипільній сівозміні після кукурудзи на силос, за винятком 1976 р., коли попередником була вика на зерно.

Ґрунт досліджу характеризувався наступними усередненими показниками: гумус (за Тюріним) 5,4%, рНсол – 6,5, Нг – 1,8 мг-екв, сума поглинутих основ (за Капшеном) 37,2 мг-екв/100 г ґрунту, лужногідролізований азот (за Корнфілдом) 14,3 мг, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> (за Чиріковим) 10–12, К<sub>2</sub>О – 14–19,3 мг/100 г ґрунту.

Повторність варіантів у досліді чотирикратна. Площа посівної ділянки 210 м<sup>2</sup>, облікової – 108 м<sup>2</sup>. Добрива (Наа, Рсг, Кк) вносили вручну перед основним обробітком ґрунту.

Сорти пшениці озимої м'якої в 1971, 1974, 1977 рр. – Миронівська ювілейна, 1972 р. – Кавказ, 1973 і 1978 рр. – Миронівська 808, 1979–1985 рр. – Харківська 81. Пшеницю щорічно висівали в першій половині вересня. Норма висіву 5,0–5,5 млн схожих насінин на 1 га. Збирання врожаю здійснювали комбайном. Подільночний урожай перерахували на чисте зерно вологістю 14%. Результати обліку врожаю обробили статистично дисперсійним методом.

## 1.2. Вплив добрив на ріст рослин пшениці озимої

Для забезпечення належної ефективності добрив важливо знати початок їх дії, що обумовлює строки внесення. Досить поширене внесення фосфору 8–12 кг/га в рядки при посіві [4, 5, 6].

При цьому рослини отримують поживну речовину в доступній формі тоді, коли вони менш здатні добувати її із ґрунту. В цьому відношенні бажано мати інформацію про початок засвоєння рослинами пшениці елементів живлення із добрив.

У лабораторному досліді з піщаними культурами на варіантах 1 – (промийтий пісок + дистильована вода, контроль), 2 – промийтий пісок + поживна суміш Гельрігеля, нам вдалося уточнити, що в умовах оптимального зволоження і температури  $\approx 20^{\circ}\text{C}$ , дія добрив проявилась вже через дві доби після посіву. Це помітно в ранній появі зародкових коренів пшениці, довжина яких біля 10 мм, і колеоптилів. Довжина зародкових коренів через 5 діб на контрольному варіанті 30–40 мм, на варіанті з поживним розчином – 60–70 мм.

Через 5 діб після посіву на проростках варіанта 2 перші листки розгорнулись в пластинки, почали розвиватися другі листки, у той час як на контрольному варіанті перші листки ще виходили із колеоптиля. Отже, серед перших позитивних рис розвитку рослин під впливом добрив слід відзначити більш швидкий ріст коренів і колеоптиля, що спричиняє низку інших: більш ранню появу першого–третього листків і більший їх розмір, а відповідно більш ранній початок фотосинтезу і посилення діяльності кореневої системи, вузла кущіння, пізніше – появу додаткових відмін у розвитку рослин.

У зв'язку з наведеними відмінностями в розвитку проростків у перші дні під впливом додаткових елементів живлення початок дії добрив слід вважати появу зародкових коренів через дві доби після посіву, довжина яких  $\approx 10$  мм,

ізолювати їх від оточуючих частинок ґрунту неможливо. У польових умовах не завжди спостерігається оптимальна вологість ґрунту і початковий розвиток проростків може бути повільнішим. На ґрунтах недостатньо забезпечених основними елементами живлення, відмічені особливості дії добрив проявляються чітко.

Слід мати на увазі, що початок росту рослин пшениці – це початок реалізації генетичної програми по створенню нового покоління. При появі зародкових листків потрібно звернути увагу на точку росту.

Дослідженнями Ф.М. Куперман [7] встановлено, що в час розвитку другого листка (другий етап органогенезу) в точках росту формується основа вегетативної сфери – зачатки вузлів, міжвузлів, стеблових листків, визначається габітус стебла, від розмірів якого, як буде повідомлено далі, залежать елементи структури врожаю. На третьому етапі – розгортання третього листка [7] формується вісь зачаткового колоса, колоскові бугорки. Процес розвитку колоса відбувається більш досконало при правильному поєднанні елементів живлення в середовищі, і цим же обумовлюється збільшення продуктивності колоса.

В конусах наростання поділ меристематичних клітин супроводжується інтенсивним утворенням рибонуклеїнової і дезоксирибонуклеїнової кислот, синтезом білків [8]. Для синтезу цих складних сполук необхідний ряд елементів, перш за все, азот і фосфор.

Найбільша відносна кількість всіх елементів живлення в вегетативних органах відмічена на IV етапі органогенезу, коли утворюються колоскові бугорки, причому вміст азоту в 5 разів більший ніж фосфору, а максимальний вміст калію приходить на II етап органогенезу [7]. Тому для оптимізації початкового мінерального живлення рослин важливі не тільки фосфор, але і азот та калій [8, 9, 10, 11]. Якщо добрива не внесли в основний прийом до посіву, або внесли в недостатній кількості, менше ніж по 60 кг/га NPK, рядкове добриво виявляється високоефективним.

Ранні етапи органогенезу дуже важливі в житті рослин. Кращі умови для проходження III, IV і V етапів органогенезу сприяють формуванню багатоквіткових колосків пшениці [7]. Якщо при оптимальних режимах вологи, температури і освітлення покращити живлення рослин, то можна зменшити розрив у формуванні перших двох квіток і третьої-четвертої квітки в колосках [12].

Усі процеси відбуваються під впливом домінуючих центрів – верхівок пагона і кореня, які мають високу меристематичну, тканеву і органоутворюючу активність, виробляють і виділяють фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизіни, етилен), сприймають сигнали із внутрішнього і зовнішнього середовищ, і в відповідності з ними виконують функції управління активністю всієї рослини [13].

Стан рослин пшениці озимої у фазі кушіння показано на рис. 1. Ліворуч рослини контрольного варіанта (без добрив), праворуч – з удобреного  $N_{120}P_{60}K_{30}$ .





**Рис. 1.** Ліворуч рослини контрольного варіанту (без добрив), праворуч – з удобреного  $N_{120}P_{60}K_{30}$ .

Таблиця 1

**Кількість стебел і їх маса у фазу весняного кущіння**

Варіанти	Стебла	Кількість стебел на 100 рослин, шт.				Маса сухих речовин г на 100 рослин				У % відносно контролю
		1982	1983	1985	Середнє	1982	1983	1985	Середнє	
Контроль (без добрив)	головні	100	100	100	100	12,03	17,10	12,27	13,80	100
	кущіння	17	40	7	21	0,54	1,99	0,43	0,99	100
$N_{120}P_{60}K_{30}$	головні	100	100	100	100	22,17	22,45	22,85	22,49	163
	кущіння	80	67	83	77	5,62	3,66	6,20	5,16	521
$N_{215}P_{180}K_{120}$	головні	100	100	100	100	25,72	29,06	26,01	26,93	195
	кущіння	150	133	137	140	12,03	22,24	11,30	11,86	1198

На удобрених варіантах стебла кущіння (табл. 1) утворювалися інтенсивніше, їх налічувалося в 3,7–6,7 рази більше порівняно з контрольним варіантом. Коефіцієнт загального кущіння на багатьох рослинах на удобрених фонах досягав 3–7, але пізніше, в період інтенсивного росту, частина вторинних стебел випала і навіть на кращих варіантах значимий у структурі врожаю коефіцієнт продуктивного кущіння рідко перевищував 2.

Маса сухих речовин, накопичених у головних і вторинних стеблах відображає інтенсивність фотосинтезу – основного процесу в рослинах. Поліпшення умов живлення за рахунок добрив сприяло зміні габітусу і маси головних стебел, яка в 1,6–1,9 рази перевищила масу відповідних стебел контрольного варіанта. Ще краще розвивалися стебла кущіння, в яких утворилося сухих речовин у 5–12 разів більше, ніж у таких же органах контрольного варіанта.

Наведені результати щодо маси сухих речовин у фазу кущіння відображають головним чином масу листків, і більшій масі відповідає більша поверхня листків, здатна краще поглинати сонячну енергію. Відповідно формується і коренева система з більшою масою і поглинальною поверхнею. Ріст коренів корелятивно зв'язаний з ростом листків і стебла [12].

Після кущіння настає фаза вихід у трубку. На практиці початок фази визначають протягуючи між пальцями стебельце від вузла кущіння вгору, відчують твердувате ущільнення, бугорок, це перший стебловий вузол. Він знаходиться від поверхні ґрунту на відстані  $\approx 1$ –5 см, відстань може збільшуватися, бо міжвузля росте. Фаза вихід в трубку досить тривала, в цій фазі в рослинах і в окремих стеблах, переважно в головних, відбувається найінтенсивніший ріст, синтезується основна маса органічних речовин, засвоюється найбільша частина елементів живлення від загальних потреб.

На головних стеблах пшениці озимої утворюється 8 листків, три з них зародкові, 5 – стеблових. Три зародкові листки забезпечують продуктами фотосинтезу перші два стеблові листки. На початку виходу в трубку під впливом 1–2-го стеблових листків ростуть 3–4 стеблові листки, а зародкові листки втрачають свої функції [12].

У формуванні пагона злаку головна роль належить пластинці листка. Вона реагує в першу чергу на світло, обумовлює цим розвиток всього пагона. Із виходом пластинки листка на денне світло в ній синтезуються фізіологічні активні речовини, які опускаються в основу листка і спричиняють процес утворення «язичка» на межі між пластинкою і піхвою листка. Язичок необхідний для зупинки росту піхви, за допомогою язичка регулюється довжина піхви, кожна наступна довша попередньої [14].

Дослідники частіше вивчають пластинку листка, як основний фотосинтезуючий орган. Але частково фотосинтез відбувається і у піхві листка. Зовнішня поверхня піхви зелена, на ній є продихи, значить відбувається засвоєння  $\text{CO}_2$ , дихання, транспірація. Надзвичайно важлива функція піхв, або трубок, утворених ними, полягає в тому, що вони створюють безпечне середовище, в якому виростають послідовно одне за одним міжвузля з колосом на верхівці останнього. Піхви надають стеблу міцність, забезпечують вертикальне положення стебла в просторі. При досягненні висоти «трубки» 8–10 см над поверхнею ґрунту починається прискорене формування колоса і одночасне піднімання його в трубці вгору інтеркалярним ростом стебла [14].



**Рис. 2**



**Рис. 3**

Рослини пшениці у фазі виходу в трубку

На рисунку 2 показано стан стебла на початку його формування. Стебло закрите трубками, утвореними піхвами 1–2–3–4-го стеблових листків. Перший із цих листків на одних стеблах може бути зеленим (частіше), на інших – починає жовтіти. Вище розташовані 2–3–4 стеблові листки, вони завершують ріст, пластинка 5-го листка формується в трубці, активно росте. На стебельці (праворуч) помітне перше міжвузля, висота якого  $\approx 15$  мм, друге – висота 55 мм, третє – висота 20 мм, 4 і 5 – міжвузля в зачатковому стані, колос – висота 6 мм. За 10 днів (рис. 3) виріс 5-й листок, останній стебловий, третє міжвузля збільшилося до 77 мм, 4–5-е міжвузля почали рости, загальна їх висота  $\approx 15$  мм, висота колоса 25 мм. У наступні 7 днів (рис. 4) фотосинтетично активними були верхні 4-ті листки, збільшилась висота 2–3–4-го міжвузлів (перше виключено), 5-те міжвузля у фазі ділення клітин перед інтенсивним ростом, колос підріс до 50 мм. Ріст 5-го міжвузля забезпечить винос колоса на денне світло, у результаті наступить фаза колосіння. Як видно з ілюстрацій одночасно ростуть майже всі органи стебла, але з різною швидкістю. Із підвищенням ярусу збільшуються розміри пластинок і піхв листків і відповідних їм міжвузлів. У процесі росту і розвитку стебла ведуча роль належить листкам, вони раніше утворюються, особливо пластинки, і забезпечують продуктами фотосинтезу «внутрішні» органи, так можна назвати зачатки листків, міжвузля і колоси, так як початковий ріст їх відбувається в середині трубок із піхв листків. Важлива особливість росту стебла полягає в тому, що кожний попередній листок, досягнувши 60–90 % загальної площі, становиться донором асимілятів для

наступних органів, а листки, які старіють віддають не тільки асиміляти, але і продукти розпаду структур протоплазми [15].



**Рис. 4.** Фаза – вихід у трубку



**Рис. 5.** Фаза – колосіння

Ще до фази колосіння (рис. 5) з першого стеблового листка відійшли асиміляти в верхні органи, засихання листка з верхівки поширилося до основи пластинки, а потім і до піхви листка.



**Рис. 6.** Фаза – початок формування зерна



**Рис. 7.** Фаза – формування зерна

У фазі цвітіння (рис. 6) спостерігається пожовтіння 2-го стеблового листка, у час формування зерна (рис. 7) другий лист став жовтим, і почав жовтіти третій лист, у молочній стиглості нижні 4 листки засохли, фотосинтетично активним залишився 5-й лист (рис. 8). Піхви листків, міжвузля втрачають свої функції пізніше.



**Рис. 8.** Фаза – молочна стиглість

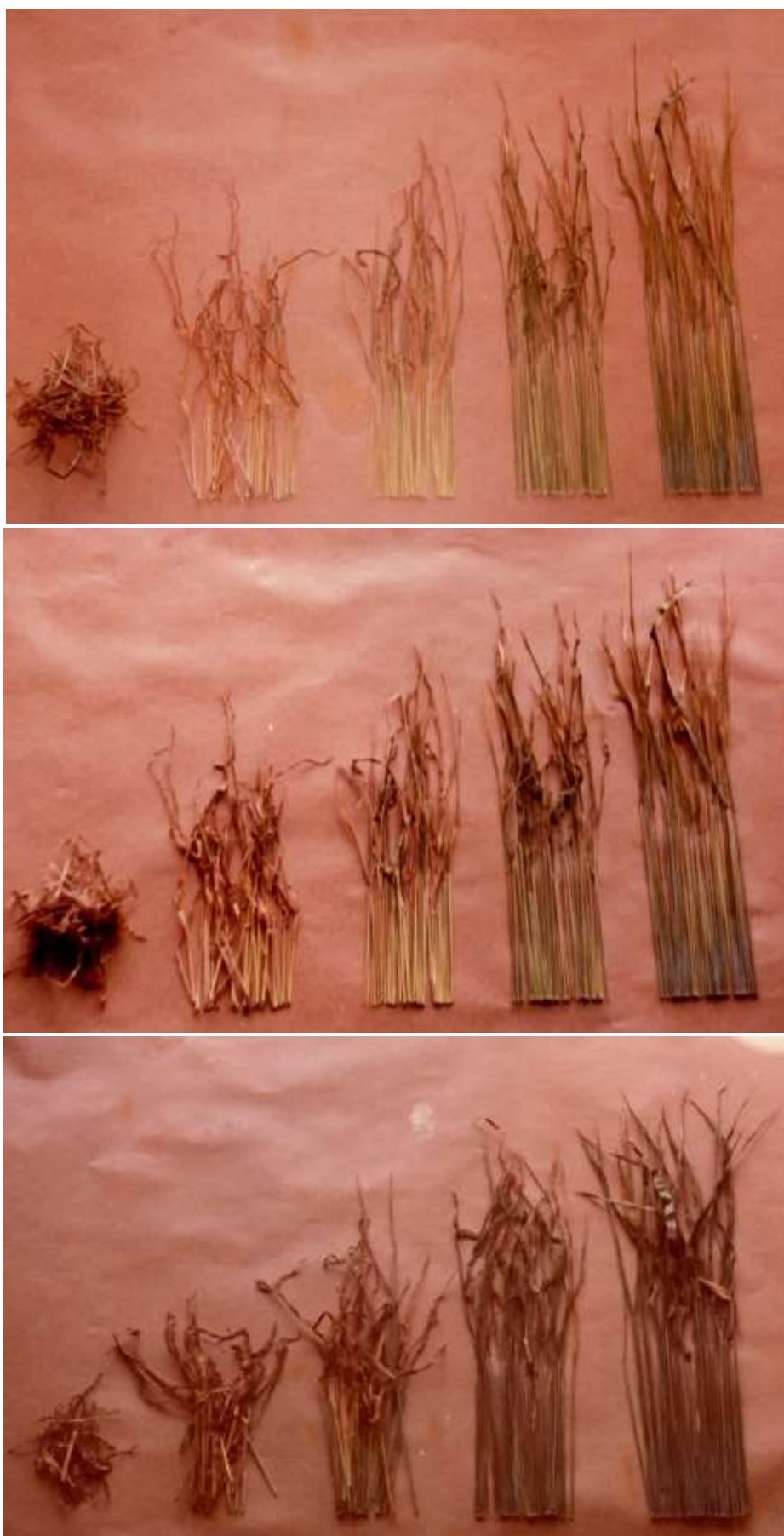


**Рис. 9.** Фаза – повна стиглість

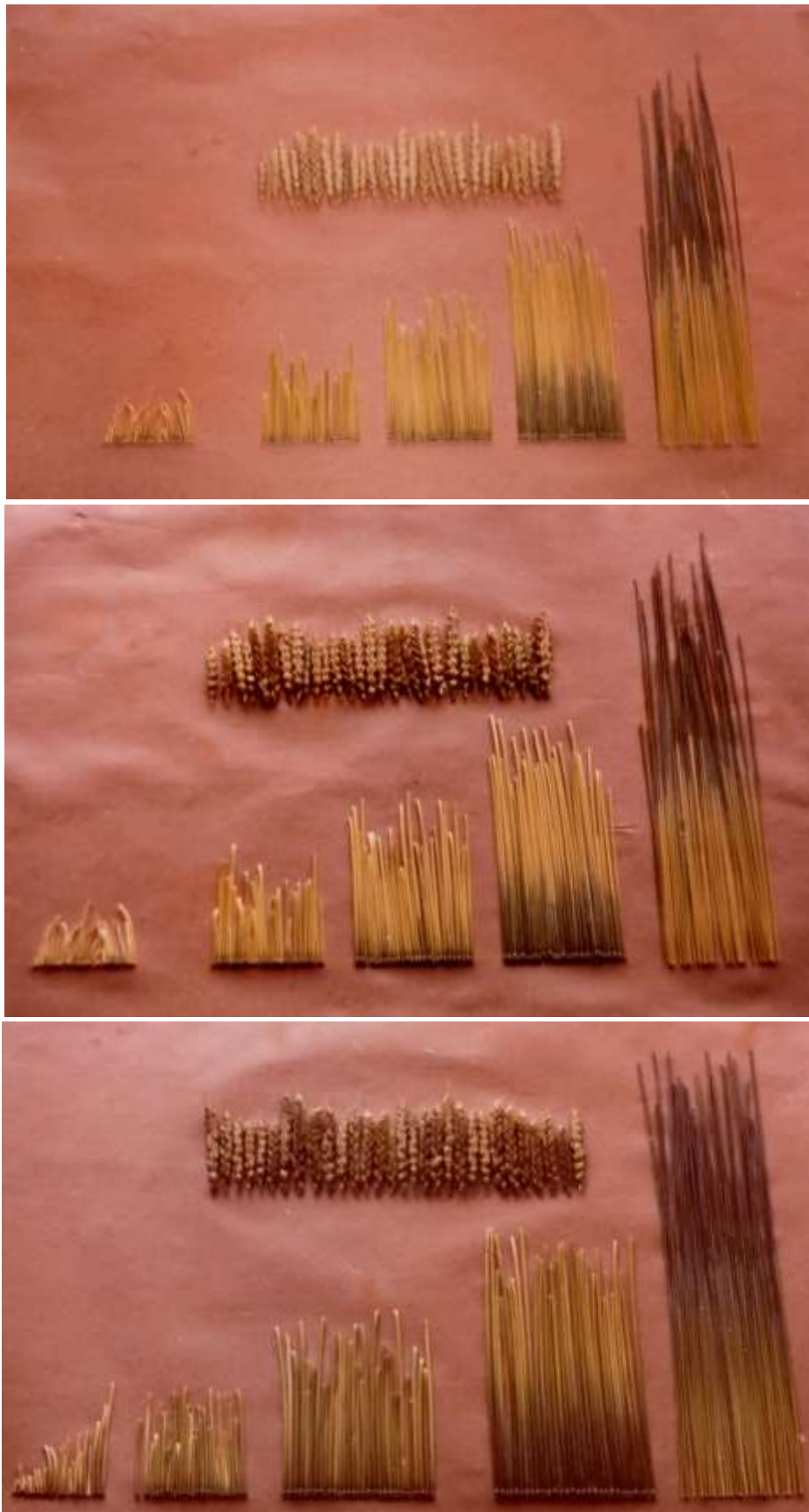
У посушливу погоду в період наливу зерна в 2011 р. у прискореному режимі наступила фаза повної стиглості (рис. 9) всі листки і міжвузля втратили свої функції раніше, приблизно на 7 днів, утворилося нове покоління – зерно.

Наші спостереження узгоджуються з твердженням, що нижні два стеблові листки практично не беруть участі в забезпеченні зерна продуктами асиміляції [12].

Ріст стебла залежить від розмірів листків, а налив зерна залежить як від розміру листків, так і від розмірів міжвузлів, особливо верхніх трьох ярусів. Листки головних стебел у фазі молочної стиглості відображені на рисунках (рис. 10, 11, 12): 10 – контрольний варіант (без добрив), 11 –  $N_{120}P_{60}K_{30}$ , 12 –  $N_{215}P_{180}K_{120}$ . На кожному варіанті розміри листків і їхня маса збільшуються від першого стеблового до останнього (верхнього), крім відмін за ярусами, габарити листків збільшуються під впливом добрив. Як правило, верхній листок при сприятливих умовах росту найбільший, але в умовах дії якогось негативного фактору він відстає в рості, менший від нижнього за ним листка.



**Рис. 10, 11, 12.** Стеблові листки у фазі молочної стиглості зерна.  
Зверху – контрольний варіант, у центрі – оптимальна норма ( $N_{120}P_{60}K_{30}$ ),  
внизу – розрахункова норма ( $N_{215}P_{180}K_{120}$ )



**Рис. 13, 14, 15.** Фаза – молочна стиглість. Колоси і міжвузля з 30-ти головних стебел.  
Зверху – контроль, у центрі – оптимальна норма добрив,  
внизу – розрахункова норма.

Подібні відміни характерні і для міжвузлів (рис. 13, 14, 15) тих же варіантів польового досліді.

Чіткіше відміни між варіантами за розміром колосів головних стебел показані на рис. 16. У першому ряду колоси з контрольного варіанта, у другому – із варіанта  $N_{120}P_{60}K_{30}$ , у третьому ряду – із варіанта  $N_{215}P_{180}K_{120}$ .



Рис. 16. Колоси в повній стиглості

Переваги в синтезі органічних речовин удобрених варіантів збереглися і в період інтенсивного росту, про що свідчать результати з маси сухих речовин у фазі цвітіння – початок формування зерна (табл. 2).

Таблиця 2

**Маса сухих речовин надземних органів пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна, г на 100 рослин (середні за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Варіанти	Стебла				Всього	
	головні		кущіння		г	%
	г	%	г	%		
1. Контроль (без добрив)	152	100	63	100	215	100
2. $N_{120}P_{60}K_{30}$	207	136	126	199	333	155
3. $N_{215}P_{180}K_{120}$	230	151	153	241	383	178

Маса головних стебел на варіантах 2 і 3 була більшою на 36–51%, інтенсивніше росли вторинні стебла, маса яких перевищувала показник контролю на 99–141%. Ці переваги в рості притаманні і для цілих рослин, збереглися до повної стиглості.

Оскільки в формуванні зерна найбільше значення мають верхні три яруси органів і їх хімічний склад, то в цьому відношенні здійснили спостереження на виробничому посіві середньо-рослого сорту Харківська 105, який вирощувався після гороху, результати наведено в таблиці 3.



**Маса вегетативних органів і вміст у них основних елементів  
живлення у фазі цвітіння**

Ярус органів	Назва органів	Маса повітряно сухих речовин, г на 100 органів	Вміст в %			Валовий вміст мг на 100 органів		
			N	P	K	N	P	K
5-й	Пластинки листків	11,50	2,75	0,30	2,07	316,2	25,5	176,0
	Піхви листків	12,72	0,91	0,27	1,92	115,8	27,0	244,2
	Міжвузля	27,40	0,71	0,29	1,28	194,5	79,5	350,7
	Сума	51,62	-	-	-	626,5	132,0	770,9
4-й	Пластинки листків	9,70	2,78	0,27	2,88	269,7	26,2	279,4
	Піхви листків	10,46	0,77	0,18	1,87	80,5	18,8	195,6
	Міжвузля	24,70	0,63	0,16	1,19	155,6	39,5	293,9
	Сума	44,86	-	-	-	505,0	84,5	768,9
3-й	Пластинки листків	6,74	2,35	0,24	2,88	158,4	16,1	194,1
	Піхви листків	7,60	0,47	0,12	1,42	35,7	9,12	107,9
	Міжвузля	17,9	0,35	0,11	0,99	62,6	19,60	177,2
	Сума	32,24	-	-	-	256,7	44,80	479,2

*Примітка: Поживні речовини представлені елементами N, P, K*

Наведені показники свідчать, що маса всіх органів 5-го ярусу найбільша, і сума мас може підвищитися за рахунок міжвузлів, які у фазу цвітіння ще не закінчили ріст. Сума мас органів 4-го ярусу менша на 12%, третього – на 38 % порівняно з 5-м ярусом. Суми відображали запаси пластичних речовин у цих органах перед формуванням зерна. Маса сухих речовин піхв перевищувала масу пластинок, а маса міжвузлів переважає інші органи. Як за відносним так і за валовим вмістом елементів живлення перевага за 5-м ярусом, найменша концентрація N, P, K у третьому ярусі органів і це позначилося на валовому вмісті елементів. За сумою їх менше від суми 5-го ярусу по азоту в 2,4 рази; по фосфору – у 2,9 рази; по калію – у 1,6 рази. Така різниця пояснюється перерозподілом елементів у вищі яруси і колос. Менше відрізняються від 5-го ярусу органи 4-го ярусу: азоту менше в 1,2 рази, фосфору – в 1,6 рази, по калію відміни незначні. За масою сухих речовин (в живих органах пластичних) і вмістом елементів живлення яруси не однакові, ближчі до колоса значно переважають нижчі.

Якщо перевести на одне стебло, то сума сухих речовин у трьох ярусах буде 1287 мг. Із літературних джерел [16, 17] відомо, що зерно наповнюється за рахунок відтоку пластичних речовин мінімум на 50%, частіше більше – на 70–80%, і навіть на 100% в скрутних умовах. Допускаємо, що маса зерна з 1-го колоса 1300 мг, половина – 650 мг у даному прикладі забезпечується легко, і навіть 80% маси зерна може забезпечити такий резерв пластичних речовин.

У цих же органах визначили співвідношення між елементами за методом [18], коли суму елементів приймають за 100% і від неї визначають в % частки N, P, K (табл. 4).

## Співвідношення між N, P, K у верхніх органах пшениці озимої у фазі цвітіння

Ярус органів	Назва органів	Співвідношення в % від суми		
		N	P	K
5-й	Пластинки листків	53,7	5,9	40,4
	Піхви листків	29,4	8,7	61,9
	Міжвузля	31,1	12,7	56,1
4-й	Пластинки листків	46,9	4,5	48,6
	Піхви листків	27,3	6,4	66,3
	Міжвузля	31,8	8,1	60,1
3-й	Пластинки листків	43,0	4,4	52,6
	Піхви листків	23,4	6,0	70,6
	Міжвузля	24,1	7,6	68,3

Результати визначення співвідношень відображають різноманітність хімічного складу органів, і в той же час фізіологічну активність процесів в органах, яка підвищується від нижніх до верхніх ярусів.

### 1.3. Залежність урожаю зерна від доз і співвідношень мінеральних добрив

У результаті проведення багаторічних дослідів отримали масивну інформацію про дію доз і співвідношень мінеральних добрив на врожай пшениці озимої (табл. 5). Тривалість досліджень – це позитив, який збільшує об'єм інформації, підвищує точність результатів, а їх повторюваність надає впевненість в тому, що фактор удобрення діє, явище не випадкове. Із іншого боку варіація даних затрудняє аналіз, показує що в польових дослідженнях на результати впливають непередбачувані зміни погоди (1972, 1975, 1980, 1984), різні випадкові фактори. Значимість великого масиву даних полягає в тому, що в ньому виявляються переважаючі кращі результати, необхідні для практики.

Таблиця 5

#### Вплив мінеральних добрив на врожай пшениці озимої, ц/га (на контролі), на решті варіантів – прирости врожаю за роками

Варіанти	1973	1974	1975	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Контроль	35,2	31,5	24,9	26,9	28,8	23,3	33,4	25,1	15,2	21,6	7,1	25,3
P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2,8	5,5	-0,5	5,7	-1,9	1,9	4,7	5,3	1,0	0,7	0,1	0,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	7,6	10,6	-0,4	8,2	13,9	8,6	0,3	15,1	14,2	18,3	2,9	7,3
N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	5,4	2,9	1,6	5,7	12,0	6,4	2,1	11,4	5,3	9,1	1,0	1,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	7,4	10,7	4,6	6,4	13,4	9,1	2,1	17,2	14,7	15,1	2,8	5,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	6,4	14,2	6,5	6,2	21,8	9,5	2,3	22,3	17,7	18,2	3,1	11,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	5,4	12,7	5,4	8,5	21,8	9,8	1,5	21,7	21,2	21,7	5,3	17,3
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	6,5	10,4	5,4	9,0	15,2	7,0	2,5	15,8	13,2	14,4	7,2	9,1
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>30</sub>	8,0	11,3	4,4	11,9	15,7	8,5	3,7	14,3	13,3	14,1	3,8	7,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,4	11,9	7,5	6,5	14,5	7,3	4,6	12,6	15,9	15,4	2,7	8,1
P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	6,1	6,8	3,2	5,5	-1,8	1,7	6,3	2,9	0,9	1,6	0,5	0,9
N <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	3,7	1,8	0,3	4,4	22,4	8,0	1,8	18,6	13,5	18,0	1,1	6,0
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	-	-	-	9,7	21,7	7,9	-0,7	22,0	23,3	19,9	4,8	23,7
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	8,1	16,6	2,7	13,6	19,5	9,9	-1,2	25,4	24,4	22,4	6,6	15,9
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	-	-	-	8,5	21,5	8,8	-0,7	21,4	26,4	22,1	2,5	16,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	-	-	-	6,3	15,1	9,3	4,0	17,8	12,3	12,4	3,4	6,9
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	-	-	-	9,9	22,6	11,4	0,9	24,7	21,5	21,0	5,9	18,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-	-	-	8,6	19,1	11,0	3,6	19,9	18,0	17,0	5,9	9,7
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	-	-	-	13,6	20,5	10,8	1,3	21,6	20,9	18,5	5,5	12,7
НСР <sub>05</sub>	3,8	3,9	4,4	4,1	4,0	3,3	3,8	5,5	6,1	4,2	3,2	7,5

Ефективність добрив залежала від вирощуваних сортів пшениці, так при вирощуванні сорту Харківська 81 отримали більш високу окупність добрив приростом урожаю порівняно з іншими сортами. На ефективність добрив сильно впливають погодні умови – кількість опадів, суми температур вище 10°C, гідротермічні коефіцієнти суттєво варіювали як по рокам, так і по окремим їх періодам. Тільки за період з серпня по жовтень місяць (до посіву і після посіву) кількість опадів по рокам різнилася в три рази (від 83 до 231 мм), сума активних температур вище 10°C коливалася в межах 765–1320, а показники ГТК варіювали від 0,6 до 3,0. Аналогічні зміни погодних умов спостерігалися і по іншим періодам 12-ти років, що обумовило сильний вплив як на продуктивність пшениці без застосування добрив, так і на загальну ефективність добрив [19].

Для виявлення ефективності різних доз і співвідношень мінеральних добрив із представленою масиву результатів (табл. 5) зробили вибірки за останні дев'ять років, коли всі варіанти вивчали протягом однакової кількості років і визначили середні значення ефективності за приростом урожаю і окупності 1 кг діючої речовини добрив (табл. 6).

Таблиця 6

**Середній урожай на контролі і середній приріст урожаю по окремим групам варіантів дослідів (1977–1985 рр.)**

Варіанти	Урожай на контролі на інших вар.-приріст		Окупність 1 кг діючої речовини зерном, кг
	ц/га	%	
1. Контроль (без добрив)	23,0	100	-
<b>PK</b>			
2. P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2,0	9	2,2
3. P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	2,1	9	1,2
<b>NK</b>			
4. N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	6,0	26	6,7
5. N <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	10,4	45	5,8
<b>NP</b>			
6. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	9,9	43	8,3
7. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	14,7	64	6,1
<b>N на фоні PK</b>			
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	9,6	42	6,4
9. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,5	54	6,9
10. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	14,3	62	6,8
11. N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	14,1	61	5,9
<b>P на фоні NK</b>			
12. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	9,6	42	6,4
13. N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	10,4	45	5,8
14. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>30</sub>	10,4	45	5,0
<b>K на фоні NP</b>			
15. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	9,6	42	6,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,7	42	5,4
17. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	9,7	42	4,6

На ґрунті з забезпеченістю доступними формами фосфору вище середньої і калію – високою, ефективність фосфорно-калійних добрив дуже мала (табл. 6; рядки 2, 3), прирости врожайності незначні. Поєднання азотних добрив із калійними ( $N_{60}K_{30}$ ) виявилось в 3 рази ефективнішим від доз фосфорно-калійних добрив. Подвоєння доз азоту і калію (рядок 5) спричинило зростання приросту врожайності на 73% порівняно з попереднім варіантом.

Найбільш ефектним виявилось застосування азотних і фосфорних добрив (рядки 6, 7), високі прирости врожаю від одинарної і подвійної доз, суттєво більші порівняно з приростами від НК, чітко проявилась взаємодія азотних і фосфорних добрив, на цих варіантах була і більша окупність добрив порівняно з попередніми парними поєднаннями.

Детальнішу інформацію отримали на варіантах з повним добривом (рядки 8–11), де змінювалися дози азоту на фоні  $P_{60}K_{30}$  і співвідношення між елементами в бік азоту. На варіанті  $N_{60}P_{60}K_{30}$  включення калію не призвело до підвищення приросту врожаю порівняно з варіантом  $N_{60}P_{60}$ . Збільшення доз азоту від 60 до 120 кг супроводжується поступовим приростом врожайності. Слід зауважити що різниця між варіантами по приросту врожайності біля 2 ц/га не випадкова, вона середня за 9 років, середня із 36-ти вимірів.

Ефективність повного добрива (NPK) переважає всі попередні варіанти, крім  $N_{120}P_{120}$  (табл. 6), як за величиною приросту так і за окупністю 1 кг діючої речовини добрив зерном. На нашу думку варіанти з дозами азоту 60, 90, 120 кг/га (рядки 8–10) на фоні  $P_{60}K_{30}$  слід вважати оптимальними, і в господарствах після попередників кукурудза на силос і зернові колосові застосувати один із них в залежності від забезпеченості добривами. Після кращих попередників можна застосувати менші дози азотних добрив у складі NPK. Внесення азоту більше 120 кг/га вважаємо недоцільним. В інших дослідженнях (визначення біологічних потреб пшениці озимої в елементах живлення) прийняли за оптимальний варіант  $N_{120}P_{60}K_{30}$ .

#### 1.4. Якість зерна

Зерно озимої пшениці повинно мати визначні якісні показники, які обумовлені як спадковими особливостями сортів, так і умовами вирощування. Районовані сорти пшениці озимої в основному мають ці цінні властивості. При високій культурі вирощування вони здатні формувати крупне червонувате зерно з достатньо високим вмістом білкових речовин, з добрими фізичними властивостями тіста. Але при вирощуванні в виробничих умовах ці сорти часто втрачають свої ознаки і дають зерно блідного забарвлення, з низьким вмістом білка і клейковини. Скриті резерви рослин можуть проявитися в повній мірі в умовах високої культури землеробства, достатньої забезпеченості елементами живлення.

Як вплинули досліджувані дози і співвідношення мінеральних добрив на деякі показники якості зерна пшениці відображено в таблицях 7, 8. Варіанти розміщені в тій же послідовності, як це було зроблено при аналізі врожайності.

Загальна особливість впливу добрив на вміст білка – у 1983–1984 рр. вміст менший порівняно з даними наступного 1985 р., а порівняно з контрольним варіантом на більшості варіантів підвищився  $\approx$  на 1 %. У 1985 р. – результати вищі від попередніх двох років на 0,74–1,27% і на всіх варіантах мали сильне зерно. Вплив фосфорних і калійних добрив на білковість зерна по середнім даним за три роки найменший – збільшення проти контролю лише на 0,25–0,33%, вплив парного поєднання НК більший в 3–4,6 рази, від дози азоту 60 кг вміст білка підвищився на 1,03%, а від дози азоту 120 кг – 1,52%. Майже такі результати отримали від застосування NP.

Найбільш ефективною виявилася дія повного добрива. На фоні P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> збільшення доз азоту від 60 кг до 150 кг сприяло підвищенню вмісту білка від 0,89 до 1,81% – найвищого показника в досліді, застосування доз азоту 90–150 кг обумовило білковість вище 14%, таке зерно відноситься до сильної пшениці.

Таблиця 7

**Вміст сирого білка в зерні пшениці озимої в % на абсолютно суху речовину**

Варіанти	Вміст сирого білка			Середнє	Різниця порівняно з контролем
	1983	1984	1985		
1. Контроль (без добрив)	12,08	11,74	14,14	12,65	-
<b>PK</b>					
2. P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,26	11,91	14,77	12,98	0,33
3. P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	11,91	11,86	14,94	12,90	0,25
<b>NK</b>					
4. N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,88	13,00	15,17	13,68	1,03
5. N <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	13,85	13,17	15,51	14,17	1,52
<b>NP</b>					
6. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	12,14	13,11	15,68	13,64	0,99
7. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	13,40	13,11	16,20	14,23	1,58
<b>NPK</b>					
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,08	12,94	15,61	13,54	0,89
9. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	13,91	13,00	15,68	14,20	1,55
10. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	13,22	13,05	16,99	14,42	1,77
11. N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	13,33	13,05	16,99	14,46	1,81
<b>P</b>					
12. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,08	12,94	15,61	13,54	0,89
13. N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	12,14	12,83	14,89	13,29	0,64
14. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>30</sub>	12,08	13,00	16,36	13,81	1,16
<b>K</b>					
15. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	12,08	12,94	15,61	13,54	0,89
16. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,31	12,83	15,40	13,51	0,86
17. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	12,60	12,88	15,06	13,51	0,86

У повному добриві (NPK) на фоні  $N_{60}K_{30}$  вплив зростаючих доз фосфору від 60 до 120 кг/га (вар. 12, 13, 14) незначний, і тільки при внесенні фосфору 120 кг, подібні результати отримали в повному добриві на фоні  $N_{60}P_{60}$  від збільшення доз калію від 30 до 90 кг/га (вар. 15, 16, 17). Оскільки на варіантах 2 і 3 в середньому вплив фосфорно-калійних добрив незначний, а в інших варіантах, де в складі добрив доза азоту при внесенні перевищувала 60 кг/га, а вміст білка в зерні становив вище 14%, то ці результати обумовлені потужним впливом азоту на фоні фосфорно-калійних добрив. Про це свідчить порівняння показників вмісту білка за варіантами застосування добрив:

$P_{60}K_{30}$ – 12,98 %	$N_{60}P_{120}K_{30}$ – 13,81 %
$N_{60}K_{30}$ – 13,60 %	$N_{60}P_{60}K_{90}$ – 13,51 %
$N_{60}P_{60}$ – 13,64 %	

За впливом на білковість зерна елементи мінерального живлення можна поставити в такій послідовності: азот впливав сильно, фосфор – слабо, калій – не діяв.

Таблиця 8

**Вміст клейковини в зерні пшениці у % на абсолютно суху речовину (1981–1985 рр.)**

Варіанти	Вміст сирої клейковини по рокам					Середнє	Різниця порівняно з контролем
	1981	1982	1983	1984	1985		
1. Контроль (без добрив)	26,0	18,2	25,9	29,1	32,2	26,3	-
<b>PK</b>							
2. $P_{60}K_{30}$	26,2	18,8	25,2	29,6	33,6	26,7	+0,4
3. $P_{120}K_{60}$	26,4	18,8	24,8	29,4	33,2	26,5	+0,2
<b>NK</b>							
4. $N_{60}K_{30}$	27,5	22,0	30,3	32,6	36,4	29,8	+3,5
5. $N_{120}K_{60}$	27,6	26,8	30,0	33,1	34,4	30,4	+4,1
<b>NP</b>							
6. $N_{60}P_{60}$	27,6	24,8	29,5	33,2	35,8	30,2	+3,9
7. $N_{120}P_{120}$	28,6	27,2	27,2	33,0	36,8	30,6	+4,3
<b>NPK</b>							
8. $N_{60}P_{60}K_{30}$	28,0	26,4	29,0	32,4	33,9	29,9	+3,6
9. $N_{90}P_{60}K_{30}$	27,3	30,0	31,4	32,4	36,8	31,6	+5,3
10. $N_{120}P_{60}K_{30}$	27,3	30,8	32,7	32,7	36,8	32,1	+5,8
11. $N_{150}P_{60}K_{30}$	28,4	29,6	30,8	32,7	36,9	31,7	+5,4
<b>P</b>							
12. $N_{60}P_{60}K_{30}$	28,0	26,4	29,0	32,4	33,9	29,9	+3,6
13. $N_{60}P_{90}K_{30}$	27,6	26,0	28,0	31,2	34,0	29,4	+3,1
14. $N_{60}P_{120}K_{30}$	28,0	24,0	30,5	32,6	35,2	30,1	+3,8
<b>K</b>							
15. $N_{60}P_{60}K_{30}$	28,0	26,4	29,0	32,4	33,9	29,9	+3,6
16. $N_{60}P_{60}K_{60}$	28,0	24,8	28,8	32,1	34,4	29,6	+3,3
17. $N_{60}P_{60}K_{90}$	26,8	24,8	28,2	32,0	36,0	29,6	+3,3

Результати визначення другого важливого показника якості зерна представлено в таблиці 8. За роками в залежності від погодних умов вміст клейковини замінювався, у 1981–1982 рр. був меншим, у 1983–1985 рр. – зростав. Відносно добрив слід відмітити, що фосфорні і калійні добрива діяли слабо, вміст клейковини на рівні контрольного варіанта. Більш ефективним було застосування азоту і калію, середній вміст клейковини перевищив показник для сильної пшениці на 2,8%. Майже такі результати отримали від парного поєднання азотних і фосфорних добрив. Але подвійні дози  $N_{120}P_{120}$  не дали різкої відміни порівняно з одинарними дозами – приріст вмісту клейковини 3,9% і 4,3%.

На варіантах із застосуванням повного мінерального добрива (NPK), в яких вивчали на фоні  $P_{60}K_{30}$  дози азотних добрив 60–150 кг, установили зростання вмісту клейковини від 29,9 до 32,1% зі збільшенням доз азоту до 120 кг, а ефективність дози азоту 150 кг була близькою до дози 120 кг. Вплив доз фосфору 60–120 кг на фоні  $N_{60}K_{30}$  (рядки 12, 13, 14) і доз калію 30–90 кг на фоні  $N_{60}P_{60}$  (рядки 15, 16, 17) був майже однаковим, приріст від доз фосфору 3,1–3,8%, від доз калію – 3,3–3,6%. Вміст клейковини в зерні цих варіантів незначно відрізнявся від вмісту на фонових варіантах  $N_{60}K_{30}$  – приріст 3,5%,  $N_{60}P_{60}$  – приріст 3,6%.

Ураховуючи незначну дію РК (рядки 2 і 3) приріст клейковини в повному добриві при різних дозах фосфору і калію в основному забезпечили азотні добрива. В цілому на цей показник якості зерна пшениці найкраще впливали дози  $N_{90}P_{60}K_{30}$  і  $N_{120}P_{60}K_{30}$ .

Таким чином якість зерна озимої пшениці в даних умовах залежала в основному від рівня азотного живлення, а фосфорно-калійні добрива разом з азотними забезпечували отримання максимальних урожаїв.

За впливом на ріст пшениці, величину врожаю, якість зерна, види добрив можна записати в такій послідовності: азотні добрива діяли сильно, фосфорні – слабо, калійні – не діяли.

Знаючи важливу роль в живленні рослин азоту, фосфору і калію така послідовність пояснюється тим, що після попередника кукурудза на силос ґрунт мав низьку забезпеченість мінеральним азотом, середню і підвищену фосфором і високу забезпеченість калієм. Подібна ефективність добрив могла б проявитись після попередника озима пшениця. За парозаймаючим попередникам достатніми нормами добрив під пшеницю можуть бути  $N_{60}P_{60}K_{30}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{30}$  на такому ж ґрунті.

## 1.5. Вплив позакореневих підживлень на якість зерна пшениці

В останні 20 років у зв'язку з різким зменшенням кількості внесених добрив питома вага зерна пшениці з високим вмістом білка і клейковини не перевищує 2/3 валових зборів. Ці показники якості залежать від забезпеченості рослин пшениці азотом.

Одним із ефективних засобів покращення якості зерна являються пізні позакореневі підживлення рослин азотом в формі сечовини. Рекомендовано для виробництва доза  $N_{30}$  вноситься у вигляді 30% розчину сечовини з нормою витрат 200 л/га.

У 1996–2000 рр. нами проведено подальше вивчення цього засобу з метою виявлення максимально можливого підвищення вмісту клейковини шляхом збільшення доз азоту від 30 до 60–90 кг/га і кратності підживлень від цвітіння до молочної стиглості.

Дослідження проведені на дослідному полі агроуніверситету на чорноземі типовому без основного внесення добрив. Забезпеченість ґрунту мінеральним азотом низька. Попередник – зернобобові культури. Площа дослідних ділянок  $1,5 \text{ м} \times 2 \text{ м} = 3 \text{ м}^2$ , повторність – трикратна, сорт пшениці – Миронівська 808.

Дози азоту збільшували в 2–3 рази шляхом відповідного збільшення кількості робочого 30% розчину на ділянку. Двох–трьох кратні підживлення виконували через 7 днів після попереднього у вечірні години ручним оприскувачем. Робочий розчин готували за співвідношенням на 150 л води 65 кг сечовини.

Так як зерно формується в результаті притоку до нього органічних і мінеральних сполук із вегетативних органів і колоскових луск, то відміни в якості зерна будуть перш за все обумовлені різницею в хімічному складі листків і інших органів, яка появляється після позакореневого підживлення азотом. За поверхнею сприймання поживного розчину виділяються листки трьох верхніх ярусів, які після цвітіння ще функціонують. Площа листових пластинок 5–4–3–2-го ярусів (зверху вниз) відповідно рівнялося: 22,5–19,4–12,7  $\text{см}^2$ , що за сумою рівнялось 54,6  $\text{см}^2$  на одне стебло.

При густоті продуктивного стеблестоя 500 шт/м<sup>2</sup> загальна площа сприймаючої поверхні листків рівнялась  $54,6 \text{ см}^2 \times 500 = 27300 \text{ см}^2$ , що в 2,7 рази перевищувала площу ґрунту, на якій росли ці стебла. Передбачалося, що було суцільне покриття ґрунту листовою поверхнею, але прямим обліком установили, що на ґрунт випало 30 % розчину сечовини, а ~70% – на рослини.

Через 7 днів після підживлення відносний вміст загального азоту в залежності від його доз 30–60–90 кг/га в листках 5-го ярусу був більшим на 0,21–0,80–1,21%, у листках 4-го ярусу – на 0,45–1,24–1,25% і в листках 3-го ярусу відповідно на 0,37–0,62–1,11% порівняно з вмістом азоту в листках цих ярусів контрольного варіанту 2,71–2,38–1,23%.

До повної стиглості відносний вміст азоту в листках зменшився від 3 до 6 разів. Найбільший залишок був в листках варіанта з дозою  $N_{90}$ , найменший на контрольному варіанті, що свідчить про неповне використання рослинами на налив зерна нанесеного на листки азоту.

Позакореневі підживлення в більшості випадків слабо вплинули на продуктивність рослин, вона в окремі роки підвищувалася за рахунок збільшення маси 1000 зерен (табл. 9).



**Урожайність зерна пшениці озимої в дослідях  
з позакореновими підживленнями, г/м<sup>2</sup>**

Варіанти	Роки					Середнє
	1996	1997	1998	1999	2000	
1. Контроль	381	437	293	357	349	363
2. Підживлення N <sub>30</sub>	400	434	299	349	340	364
3. Підживлення N <sub>60</sub>	400	444	334	383	377	387
4. Підживлення N <sub>90</sub>	378	500	319	348	328	375
5. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	404	447	313	363	327	371
6. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	390	449	341	380	342	380
7. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub>	-	440	314	349	342	361
8. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub> + N <sub>15</sub>	-	507	319	373	335	384

Біологічний врожай отримали на фоні без основного добрива і в перерахунку на гектар він склав 36,1–38,7 ц/га. Коливання врожаю пояснюється різною густиною продуктивних стебел, яка за середніми даними була в межах 409–549 шт/м<sup>2</sup>, погодними умовами і передпосівною підготовкою ґрунту.

Таблиця 10

**Вплив позакоренових підживлень розчином сечовини на вміст сирого білка в  
зерні пшениці озимої, у % на абсолютно суху речовину**

Варіанти	Роки					Середнє
	1996	1997	1998	1999	2000	
1. Контроль	10,5	11,1	9,8	11,2	11,4	10,8
2. Підживлення N <sub>30</sub>	10,9	12,0	10,7	12,3	13,0	11,8
3. Підживлення N <sub>60</sub>	12,3	12,7	12,0	13,3	13,1	12,7
4. Підживлення N <sub>90</sub>	13,5	15,2	13,2	14,2	13,4	13,9
5. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	13,1	13,5	13,2	13,4	13,8	13,4
6. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	14,1	15,7	13,1	13,3	15,9	14,4
7. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub>	-	13,3	12,5	12,9	15,6	13,6
8. Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub> + N <sub>15</sub>	-	13,1	12,5	12,9	14,5	13,3

Результати наведені в таблиці 10 дозволяють стверджувати, що в усі роки підживлення сприяли підвищенню в зерні вмісту сирого білка (N×5,7), кількість якого зростала від збільшення дози азоту і кратності підживлень. Виділяються варіанти з одноразовим застосуванням N<sub>90</sub> і двох-трьох кратним застосуванням у сумі N<sub>45</sub>, N<sub>60</sub> і N<sub>90</sub>.

Стосовно терміну «накопичення» сирого білка в зернівках пшениці в репродуктивний період слід зауважити, що це термін підходить, коли мова йде про вміст валового білка, наприклад, в мг на 1000 зернівок. Відносний же вміст білка, тобто в %, в указаний час не збільшується, а зменшується, що видно з приведених нижче даних (табл. 11).

**Динаміка вмісту сирого білка в зернівках пшениці озимої в період від фази п'яточки до повної стиглості у % на абсолютно суху речовину (1998 р.)**

Варіанти	Дати					
	2.06	9.06	16.06	23.06	30.06	6.07
Контроль	20,6	16,4	10,4	10,7	10,6	9,8
Підживлення N <sub>60</sub>	20,6	18,4	13,0	14,0	12,1	12,0

Позакореневе підживлення N<sub>60</sub> сповільнює темп зменшення відносного вмісту білка і в кінці вегетації на цьому варіанті в зерні становиться його більше. Пізні позакореневі підживлення сприяли підвищенню вмісту сирі клейковини в зерні пшениці, що відображено в таблиці 12.

**Вплив позакореневих підживлень на вміст сирі клейковини в зерні пшениці, %**

Варіанти	Роки					Середнє
	1996	1997	1998	1999	2000	
1.Контроль	21,8	21,9	18,0	19,2	23,0	20,8
2.Підживлення N <sub>30</sub>	27,2	26,5	20,6	26,0	28,8	25,8
3.Підживлення N <sub>60</sub>	34,0	28,1	23,4	29,2	28,9	28,7
4.Підживлення N <sub>90</sub>	35,0	33,5	27,4	28,4	29,0	30,7
5.Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	35,7	29,0	25,0	26,8	30,4	29,4
6.Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	37,2	34,7	26,2	28,4	35,2	32,3
7.Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub>	-	29,4	23,3	26,4	34,4	28,4
8.Підживлення N <sub>30</sub> + N <sub>15</sub> + N <sub>15</sub>	-	28,8	23,6	26,4	32,0	27,7

За цим показником виділяються варіанти з дозою азоту N<sub>60</sub>, N<sub>90</sub> при одно-двох-трьох разовому застосуванні. Найкращі результати отримали в 1996 р., коли налив зерна відбувався в сприятливих погодних умовах, повільніше, ніж в посушливих умовах 1998–2000 рр. Дія підживлень позитивна, повторилася в роки досліджень, але в кількісному вигляді є відміни. Відносно досягнення максимального вмісту білка і клейковини, як це проявилось в 1996 р., то дослідження бажано продовжити, але на фоні основного внесення добрив.

Якість клейковини, що була найкращою в зерні контрольного варіанта, належала до першої групи, на інших варіантах в переважній більшості – до другої групи. Під впливом підживлень суттєво збільшилась кількість скловидних зерен, так на контрольному варіанті в середньому вона рівнялась 44%, а після підживлень – 68–93%, зростала зі збільшенням до азоту.

В умовах виробництва застосувати позакореневі підживлення складно, краще одноразово(менші затрати праці, часу), доза азоту у формі сечовини 30–45 кг/га. Підживлення проводиться наземними агрегатами на рівнинних полях при наявності постійної колії, яку утворюють при посіві для догляду за рослинами, строк обприскування – колосіння, або перші 8–10 днів після цвітіння. Застосовувати підживлення в період від 2–3-го міжвузлів і до початку наливу зерна, та ще сухими добривами [20] вважаємо недоцільним, дія добрив повністю залежатиме від атмосферних опадів.

Для того щоб збільшити вміст білка і клейковини в зерні пшениці необхідно вносити підвищенні дози азотних добрив, поєднуючи основне добриво і підживлення. Вони позитивно впливають на якість зерна при вирощуванні озимої пшениці після всіх попередників і у всіх зонах [21].

### **1.6. Залежність врожаю зерна від забезпеченості ґрунту елементами живлення**

Виявлені відміни в ефективності азотних добрив порівняно з фосфорно-калійними спонукали нас зайнятися діагностикою живлення пшениці озимої. Намагались установити особливості в мінеральному живленні рослин пшениці, обумовлені попередниками, нормами добрив і іншими антропогенними і природними факторами. Крім цього ставилася задача перевірити чутливість рекомендованих методів ґрунтової і рослинної діагностики забезпеченості рослин поживними речовинами.

Дослідження проведені в 1986–1988 рр. на господарських посівах і ділянках польового досліду з вивчення норм основного удобрення на території навчального господарства Харківського ДАУ з застосуванням методів мікроплощадок [22], рослинної [23] і ґрунтової діагностики. Увага була звернена на забезпеченість ґрунту доступними формами елементів живлення весною, у фазу куціння пшениці озимої, після попередників чистий пар, кукурудза на силос та зелений корм. Проби рослин і ґрунту кожний рік відбирали на трьох полях з однаковою різновидністю ґрунту – чорнозем типовий важкосуглинковий малогумусний на лесі. На полях визначені пункти відбору проб рослин і ґрунту приблизно через 80 м по діагоналі поля. У кожному пункті візуально оцінювали стан рослин пшениці, за методом [23] визначили забезпеченість рослин N, P, K в балах; для хімічного аналізу відбирали проби рослин з двох площадок по 0,25 м<sup>2</sup>, змішаний зразок ґрунту з орного шару (0–30 см) і індивідуальні проби буром на глибину 100 см, місця відбору проб фіксували. У повній стиглості поблизу цих пунктів визначали біологічний врожай зерна на площадках по 1 м<sup>2</sup> у дворазовій повторності. Сорти пшениці озимої – Харківська 81 і Ахтирчанка.

За тканинною діагностикою вміст нітратного азоту в рослинах пшениці був різним, з оцінками 0–6 балів, спостерігалася відповідність бальної оцінки інтенсивності забарвлення листків.

На досліджуваних полях забезпеченість ґрунту доступними формами азоту була неоднаковою. Строкатість в забезпеченості ґрунту нітратним азотом збільшувалася з глибиною. Коефіцієнти варіації з вмісту нітратного азоту в орному шарі ґрунту (0–30 см) по попереднику кукурудза на силос були в інтервалі 14–19%. Строкатість у забезпеченні ґрунту азотом пов'язана з попередніми умовами використання поля, нерівномірністю внесення добрив, різною змитістю ґрунтів. Динамічність вмісту мінерального азоту в ґрунті вимушує обережно відноситись до результатів, коли діагностика обмежується тільки верхнім 30-ти сантиметровим шаром.

В зв'язку з труднощами відбору зразків ґрунту на глибину 100 см доцільно 90% свердловин робити до глибини 60 см, 10% до 100 см, за результатами визначення вмісту азоту в цих 10% свердловинах установлюють коефіцієнт для перерахунку результатів, отриманих для глибини 0–60 см на глибину 100 см. За нашими даними для 42 свердловин вирахований коефіцієнт мав середнє значення  $1,54 \pm 0,23$ .

На контрольному варіанті польового досліду запаси мінерального азоту в орному шарі були найменші і зменшувалися з глибиною (табл. 13). В інших пробах ґрунту, відібраних на удобрених полях, запаси мінерального азоту у всіх шарах ґрунту перевищували запаси контрольного варіанта більше ніж у два рази, в 1987 р. запаси дещо більші в шарах від 20 до 80 см, а в 1988 р. багатший був орний шар, а в нижчих поступово запаси зменшувалися. У пробах ґрунту з удобрених полів запаси мінерального азоту лише в орному шарі перевищували показники контролю в 1987 р. на 52–73%, а в 1988 р. – на 100%. Якщо взяти до уваги шари ґрунту 0–60 см, в яких розміщується переважна маса кореневої системи, то в пробах контрольного варіанта сумарні запаси мінерального азоту 86 кг/га, не забезпечать високого врожаю, а на удобрених – 173–196 кг/га, що свідчить про достатню забезпеченість рослин, мінеральним азотом. Крім цього, в глибших шарах ґрунту резерви азоту 75–121 кг/га.

Таблиця 13

**Середні запаси мінерального азоту (N–NO<sub>3</sub> + N–NH<sub>4</sub>), кг/га і врожай зерна, ц/га**

№ з/п	Попередник	Норми добрив	Кількість проб	Шар ґрунту, см						Урожай зерна, ц/га
				0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	Всього	
<b>1987 р.</b>										
1.	Кукурудза на силос	Без добрив (контроль)	2	31,2	28,0	26,7	23,2	17,1	126,2	22,8
2.	Кукурудза на силос	N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	2	47,4	64,8	66,6	65,5	42,3	286,6	47
3.	Кукурудза на силос	N <sub>208</sub> P <sub>132</sub> K <sub>140</sub>	2	54,0	66,1	68,5	66,5	48,2	303,3	52,1–54,8
4.	Чорний пар	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3	50,9	68,2	69,3	66,8	49,6	304,8	53,9–73,7
5.	Чорний пар	N <sub>170</sub> P <sub>110</sub> K <sub>140</sub>	3	51,9	67,3	70,4	67,7	52,8	310,1	58,9–67,2
<b>1988 р.</b>										
6.	Кукурудза на силос	N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	2	63,8	55,4	53,3	47,6	27,7	247,8	51,1
7.	Кукурудза на силос	N <sub>208</sub> P <sub>132</sub> K <sub>140</sub>	2	74,9	65,1	56,2	48,0	35,3	279,5	56,8
8.	Чорний пар	Гній 40г/га + N <sub>35</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	7	62,9	57,6	53,3	42,1	33,2	249,1	40,3–63,0
9.	Чорний пар	Без добрив	3	61,8	62,0	46,9	49,2	39,8	259,7	54,9–58,2

В пунктах 4, 5, 8 і 9 інформація відносно норм добрив отримана від управляючого відділенням господарства, тому є сумнів в її точності. Із внесенням повного добрива, в складі якого переважає азот, на фоні середнього і

підвищеного вмісту в ґрунті фосфору і калію створюються сприятливі умови мінерального живлення, що дуже важливо для росту рослин, перш за все, на I–IV етапах органогенезу, а потім і наступних. При таких умовах на удобрених полях отримали біологічний врожай зерна 47–67 ц/га, а на ділянках без добрив – 22,8 ц/га.

Узгодженість у відборі проб ґрунту і фіксації площадок для обліку врожаю дала можливість визначити кореляційні зв'язки між запасами мінерального азоту в ґрунті і врожаєм зерна (табл. 14).

Таблиця 14

**Значення коефіцієнтів кореляції між запасами мінерального азоту в ґрунті і врожаєм зерна пшениці (ц/га) при n = 15–15–18**

Шар ґрунту, см	1986 р.		1987 р.		1988 р.	
	r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>	r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>	r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>
0–30	0,54	2,3	0,95	3,1	0,58	2,9
0–60	0,69	3,5	0,96	12,5	0,56	2,7
0–100	0,69	3,5	0,95	10,9	0,88	5,5

Дані таблиці свідчать, що між запасами азоту і врожаєм є позитивна середня і тісна кореляція, з переходом від шару 0–30 см до більш глибоких шарів ґрунту зростає кількість облікованого азоту і, в більшості випадків, підвищуються значення r, що показує участь азоту глибоких шарів у формуванні врожаю. У всіх випадках кореляція суттєва при рівні імовірності 0,95. Оскільки найбільший вплив на ріст і врожай пшениці спостерігався від азотних добрив, то важливо знати залежність урожаю від діагностичних показників, отриманих в результаті аналізів проб рослин і ґрунту (табл. 15).

Таблиця 15

**Кореляційні зв'язки між діагностичними показниками вмісту азоту в рослинах і в ґрунті, врожаєм і його якістю**

№ з/п	Назви порівнювальних показників	1986 р.		1987 р.		1988 р.	
		r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>	r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>	r <sub>05</sub>	t <sub>r</sub>
1.	N-NO <sub>3</sub> в балах в росл. у фазі кушіння – N-NO <sub>3</sub> (мг/100г) в орному шарі ґрунту	0,56	2,5	0,96	12,3	0,82	5,9
2.	N-NO <sub>3</sub> в балах в росл. у фазі кушіння – N заг. (в % на сух. реч. у тих же рослинах)	0,78	4,6	0,86	6,1	0,86	6,7
3.	N-NO <sub>3</sub> (мг/100г) в орному шарі ґрунту в фазі кушіння – біологічний урожай зерна, г/м <sup>2</sup>	0,47	2,2	0,93	9,1	0,51	2,4
4.	N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub> (мг/100г) в орному шарі ґрунту в фазі кушіння – біологічний урожай зерна, г/м <sup>2</sup>	-	-	0,94	9,9	0,55	2,6
5.	N заг.(в % на сух. реч.) у рослинах у фазі кушіння – біологічний урожай зерна	0,81	5,2	0,96	12,5	0,76	4,2
6.	N заг.(в % на сух. реч.) в рослинах у фазі кушіння – N заг.(в % на сух. реч.) в зерні (якість зерна)	-	-	0,98	16,3	0,68	3,8
7.	N заг.(в % на сух. реч.) в рослинах у фазі цвітіння – N заг.(в % на сух. реч.) в зерні (якість зерна)	0,81	4,2	0,97	13,8	-	-

У таблиці 15 показано середній і тісний зв'язок між вмістом азоту в рослинах пшениці в балах і в орному шарі ґрунту в фазі кушіння; тісний зв'язок між вмістом азоту в рослинах в балах і в % на суху речовину; середній і тісний

зв'язок між вмістом нітратного азоту і амонійного азоту в ґрунті і біологічним урожаєм зерна; у рядках 6, 7 відображена залежність між вмістом загального азоту в рослинах у фазах кущіння і цвітіння і вмістом загального азоту в зерні, тобто вплив умов азотного живлення на якість основної продукції. Забезпеченість пшениці неорганічними сполуками фосфору і калію за методом тканинної діагностики рівнялась 4–5 балам, була більш вирівняною.

В орному шарі ґрунту після різних попередників вміст доступних для рослин сполук фосфору складав 6,4–16,3 мг/100 г ґрунту, тобто забезпеченість була середньою і підвищеною, а вміст обмінного калію – 7,8–21,3 мг/100 г ґрунту, що відповідало середній, підвищеній і високій забезпеченості. Явно ґрунт краще був забезпечений доступними формами фосфору і калію, ніж азотом. Тісний позитивний зв'язок між вмістом фосфору і калію в ґрунті і врожаєм проявився тільки в 1987 р.

Як було показано в таблиці 5, за багаторічними даними фосфорні добрива на фоні азотних тільки в окремі роки суттєво підвищували врожай зерна, а ефективність калійних добрив виявилася недоведеною. При високому вмісті в ґрунті доступних для рослин сполук фосфору і калію навіть в умовах зрошення фосфорні і калійні добрива дали незначні прирости врожаю [24]. Це пояснюється тим, що потреби рослин в цих елементах задовольняються запасами їх у ґрунті, особливо фосфору, потреби рослин в якому порівняно з азотом за господарським виносом [25] менші в 2,9 рази, а в перерахунку на елемент (P) – у 6,7 рази.

### Висновки

Тривалим вивченням норм і співвідношень мінеральних добрив, внесеним під пшеницю озиму, встановлено чіткий вплив на врожай і якість зерна озимої пшениці азотних добрив, низьку ефективність в фосфорних і калійних добрив. При всіх поєднаннях азотних, фосфорних і калійних добрив головна роль в підвищенні врожаю зерна і його якості належить азотним добривам. Підтверджено позитивну дію пізніх позакореневих підживлень пшениці сечовиною на вміст білка і клейковини в зерні.

Комплексним застосуванням методів ґрунтової і рослинної діагностики умов мінерального живлення пшениці підтверджено доцільність методів, під впливом добрив підвищився вміст доступного азоту в ґрунті, рослини інтенсивніше росли, в них був більший вміст азоту, підвищився врожай і якість зерна. Виявлено позитивні кореляційні зв'язки між результатами рослинної, ґрунтової діагностики і кількістю та якістю зерна пшениці.

### Список літератури до першого розділу

1. Зінченко О.І. Рослинництво : підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко ; за ред. О.І. Зінченка. – К. : Аграрна наука. 2001. – 591 с.
2. Чепурний В. Срібнянський рекорд: 101 центнер з гектара / В. Чепурний // Голос України. – 2020. – № 135 (7392).

3. Носко Б.С. Действие высоких доз минеральных удобрений на свойства почв и урожай культур / Б.С. Носко, В.В. Медведев, А.Д. Михновская, Э.П. Латышев // *Агрохимия*. – 1977. – № 6. – С. 31–39.
4. Пруцков Ф.М. Озимая пшеница / Ф.М. Пруцков. – М. : Колос, 1970. – 344 с.
5. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М. : Россельхозиздат, 1971. – 334 с.
6. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – М. : Из-во «Колос», 1972. – 320 с.
7. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений / Ф.М. Куперман. – 3-е изд., доп. – М. : Изд-во «Высш. школа», 1977. – 288 с.
8. Конарев В.Г. Цитохимия и гистохимия растений / В.Г. Конарев. – М. : Изд-во «Высш. школа», 1966. – 314 с.
9. Пшеница / соавт. В.И. Бондаренко [и др.]. – К. : Урожай, 1977. – 428 с.
10. Городний Н.М. Система применения удобрений : учеб. пособие для вузов / Н.М. Городний. – К. : Высш.школа, 1979. – 168 с.
11. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский [и др.] ; под ред. Б.А. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1989. – 639 с.
12. Физиология сельскохозяйственных растений : в 12 т. / Ред. коллегия ; отв. ред. П.А. Генкель. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – Том IV. Физиология пшеницы. – 555 с.
13. Полевой В.В. Фитогормоны : учеб. пособие / В.В. Полевой, Т.С. Саламатова ; Ленингр. гос. ун-т. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. – 248 с.
14. Добрынин И.М. Рост и формирование хлебных и кормовых злаков / И.М. Добрынин. – Л. : Колос, 1969. – 275 с.
15. Полевой В.В. Физиология растений : учебник / В.В. Полевой. – М. : Высш. шк., 1989. – 464 с.
16. Петин Н.С. О роли отдельных органов в наливе зерна пшеницы / Н.С. Петин, А.Н. Павлов // *Доклады Акад. наук СССР*, 1957. – Том 117, № 1. – С. 146–149.
17. Горшков П.А. О роли отдельных органов озимой пшеницы в наливе зерна и изменении его качества / П.А. Горшков, В.М. Макаренко // *Научные труды УСХА*. Выпуск 180. Удобрение и качество растениеводческой продукции. – К., 1976. – С. 77–85.
18. Журбицкий З.И. Определение потребности растений в питании и удобрении по соотношению NPK / З.И. Журбицкий, В.М. Лавриченко. – М., 1982. – 64 с.
19. Зализовский В.С. Оценка эффективности минеральных удобрений при внесении под озимую пшеницу на черноземе типичном и зависимость их действия от погодных условий / В.С. Зализовский, Г.Ф. Ольховский // *Агрохимия*. – 1988. – № 5. – С. 51–58.
20. Минеев В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М. : Колос, 1981. – 288 с.
21. Созинов А.А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Г.П. Жемела. – М. : Колос, 1983. – 270 с.
22. Липкина Г.С. Связь урожая сельскохозяйственных культур с агрохимическими свойствами почв и удобрениями / Г.С. Липкина. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1975. – С. 16.
23. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : справочник / В.В. Церлинг. – М. : Агропромиздат, 1990. – 235 с.
24. Слухай С.И. Оптимизация водного режима и минерального питания озимой пшеницы / С.И. Слухай, Е.С. Ткачук. – К. : Наук. думка, 1978. – 236 с.
25. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / за ред.: П.О. Дмитренко, М.К. Крупського, І.Г. Демиденка. – 3-тє вид., перероб. і доп. – К. : Урожай, 1975. – 344 с. : іл., табл.

## Розділ 2. ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ І ГОСПОДАРСЬКОГО ВИНОСУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ



### 2.1. Визначення біологічних потреб елементів живлення пшеницею озимою у фазі цвітіння – початок формування зерна

У попередньому розділі описано ефективність видів, норм і співвідношень мінеральних добрив, внесених під пшеницю. Виявили відгук рослин на застосовані добрива на чорноземі типовому після непарового попередника кукурудзи на силос. Установлено високу ефективність азотних добрив в поєднанні з фосфорними і калійними, реакцію на різні співвідношення внесених елементів. Але чи були задоволені потреби рослин в елементах живлення, щоб рослини найкраще розвивалися і дали найбільшу врожайність? На це питання не можемо дати повної відповіді, бо достатньої інформації про біологічне споживання рослинами озимої пшениці елементів живлення при різних рівнях урожайності на жаль мало [1]. Поняття про біологічні потреби важливо тому, що воно повніше охоплює процес живлення рослин. Господарський винос не включає елементів, які містяться в коренях і поживних рештках, тому завжди менший від біологічних потреб.

Під терміном біологічний винос (потреби рослин у мінеральному живленні) слід розуміти не тільки максимальний вміст елементів живлення в рослинах, але і вміст їх і співвідношення між ними в різні фази росту і розвитку у всій біомасі рослин з урахуванням і кореневої системи [2]. Це, безумовно, важливо в тих випадках, коли є можливість регулювання вмісту елементів живлення в поживному середовищі протягом вегетації. Якщо можливості регулювання немає, то увага повинна бути зосереджена, перш за все, на визначенні показників максимального вмісту засвоєних поживних речовин на високоврожайних фонах і на задоволенні потреб рослин відповідною системою удобрення.

До цього часу дослідження біологічних потреб поживних речовин сільськогосподарськими культурами не зайняли належного місця [3]. Причина: визначити біологічні потреби надто складно в зв'язку з труднощами обліку маси кореневої системи в польових дослідах, це легше здійснити в вегетаційних дослідах, особливо з водними культурами, але результати вегетаційних дослідів неідентичні результатам отриманим у полі.

Значимість знань про біологічне споживання елементів живлення важко оцінити. К.А. Тімірязєв поставив питання: *«Но что же нужно для обеспечения урожая?»*. Сам на нього відповів: *«Прежде всего, конечно, знакомство с потребностями растения и умения их удовлетворить»* [2]. Інформація про біологічний винос елементів живлення рослинами для утворення всієї їх біомаси найбільш цінна, близька до істини, вона може тривалий час використовуватися, дещо уточнюватися за кількісними і якісними показниками



(співвідношення між елементами), але перевершує існуючі дані про господарський винос елементів, який приблизно характеризує потреби рослин.

Для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно знати величину синтезованої біомаси, вміст хімічних речовин в органах рослин, сумарну потребу конкретної культури в елементах живлення, співвідношення між ними, витрати елементів для утворення одиниці продуктивної частини врожаю при високій його якості. Необхідно мати інформацію про поживне середовище – тип ґрунту, механічний склад, вміст гумусу, кислотність, водно-фізичні властивості, запас доступних форм елементів, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і добрив [2, 3].

## 2.2. Ґрунтово-кліматичні умови і методика досліджень

Щоб поглибити знання про особливості живлення головної зернової культури – озимої пшениці вивчали її потреби в основних елементах живлення на різних агрофонах. Дослідження проведені в 1974–1976 рр., 1981–1983 рр. і в 1989–1994 рр. у навчально-дослідному господарстві ХНАУ ім. В.В. Докучаєва на чорноземі типовому глибокому малогумусному слабо структурному важкосуглинковому на лесі. Вміст гумусу в орному шарі в межах 4,4–5,6%, рухомих форм фосфору (за Чириковим) – 8–13,8, калію – 10–15 мг/100 ґрунту. Забезпеченість ґрунту мінеральним азотом на початку вегетаційного періоду низька та середня. Попередниками озимої пшениці в перших двох дослідках була кукурудза на силос (один із найгірших попередників), у третьому (1989–1994 рр.) – зернобобові культури. Об'єктом досліджень були рослини озимої пшениці сортів: Миронівська ювілейна (1974, 1975 рр.), Миронівська 808 (1976, 1989 рр.), Харківська 81 (1981–1983 і 1990–1992 рр.), Миронівська 61 (1993–1994 рр.). Норма висіву 5 млн насінин на 1 га. Вказані сорти були районовані в області, середньорослі, високопродуктивні. Добрива вносили перед основним обробітком ґрунту, заробка добрив в ґрунт – плугом (1974, 1975 рр.), в інші роки – важкими дисковими боронами.

Проби рослин пшениці в 1974–1976 рр. і в 1981–1983 рр. відбирали на ділянках польових досліджень Географічної мережі дослідів, які проводила кафедра агрохімії по завданню міністерства сільського господарства колишнього СРСР; у 1989–1994 рр. – на ділянках польового дослід з вивчення способів посіву пшениці, який виконували викладачі кафедр рослинництва і агрохімії.

Протягом 1974–1976 рр. дослідження проведені на дослідних ділянках варіантів польового дослід: 1 – контроль (без добрив), 2 –  $N_{120}P_{60}K_{30}$  – оптимальні дози після попередника кукурудзи на силос, 3 –  $N_{170}P_{150}K_{85}$  (1974 р.) – дози для отримання приросту врожайності зерна 20 ц/га. Розрахунок зроблено за методом Шатілова [4], приріст визначено по відношенню до середньої врожайності за ряд років 30 ц/га, отриманої в даних умовах без застосування добрив. Під урожай 1975–1976 рр. у цьому варіанті застосували вищі дози добрив –  $N_{215}P_{180}K_{120}$ . Розрахунок зроблено за тим же методом на приріст

врожайності зерна 30 ц/га, використані дані по біологічному виносу N, P, K, отримані в 1974 р. Варіант 3 з вищими дозами теоретично важливий, так як дози розраховані на повне задоволення потреб рослини пшениці в елементах живлення при запланованій врожайності зерна 60 ц/га. Важливо було в'ясувати як зміниться хімічний склад рослин, засвоєння елементів, коли в ґрунт їх внесено більше від рекомендованих доз –  $N_{60-90}P_{40}K_{40}$ .

Для визначення біологічної потреби рослин в елементах живлення на обліковій площі ділянок поблизу від краю, намічали місце відору проб рослин і ґрунту з коренями, головне – типові, виповнені рядки, не стикові. Виповнені рядки вибирали для того, щоб проводити дослідження на дійсно високопродуктивних частинах поля, де більша ймовірність виявлення потенціальних можливостей рослин (сортів) та їх максимальних потреб в поживних речовинах. Проте, в деякі роки такий підхід приводив до значної різниці між біологічною і господарською врожайністю.

Вибирали два рядки, вздовж одного із них накладали лінійку довжиною 33,3 см і понад нею на двох паралельних рядках на рівні вузла кущіння у фазі цвітіння – початок формування зерна зрізали надземну масу рослин пшениці і зв'язували в снопок. Якщо зріз по вузлу неможливий, то зрізали вище вузла на висоті 3–5 см, а пізніше, після зняття першого шару ґрунту (0–10 см) під зрізаними рослинами, залишки стебел відрізали біля вузла кущіння, включали до снопика з надземними органами і поміщали в пакет. На поверхню ґрунту, де зрізали надземну масу рослин, накладали дерев'яну рамку (33,3 см × 30 см = 999 см<sup>2</sup>) так, щоб рядки були всередині рамки, а продовжні сторони її (33,3 см) розмістилися по середині сусідніх міжрядь, таким чином охоплювалась задана площа для відбору ґрунту з коренями.

Рамку закріплювали шпильками, і з одного боку від рамки зрізали рослини пшениці приблизно (на площі 0,5 м<sup>2</sup>) для зручного доступу до місця відбору проб. На цій площині викопували ямку до глибини ~0,7 м, такого розміру, щоб в ній можна було стояти і підрізати ґрунт по шарам горизонтально. Перед відбиранням проб ґрунту по зовнішньому периметру рамки ножем робили прорізи на глибину 10 см, а з ямки на цій глибині теж підрізали ґрунт в горизонтальному напрямі, потім його невеликими брилами широким шпателем або кельмою вибирали і переносили в мішок. Таким чином вилучали ґрунт із шарів 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см і далі до глибини 60 см. Після кожного шару рамка опускалася вниз на 10 см.

Кореневу систему відмивали за методом Станкова [5] на решеті з діаметром отворів 0,5 мм. Масу коренів глибше 50 см визначили по графіку методом екстраполяції. В даному досліді проби рослин і ґрунту були взяті в кінці цвітіння – початок формування зерна. Строк взяття проб обумовлений тим, що в час цвітіння в умовах достатнього забезпечення поживними речовинами рослини за даними [6, 7] вегетативні органи містять максимальну кількість азоту, фосфору і калію, а також тим, що в цей час ще не спостерігається відмирання коренів, яке настає пізніше, при визріванні зерна [8].

Перед відмиванням кожену пробу ґрунту (~15 кг) висипали у ванну, намочували в 30–40 л води 20–30 хв., перемішували. При цьому корені відділялись від частин ґрунту і переміщались в верхню частину суспензії. Потім зливали суспензію на решето площею ~0,5 м<sup>2</sup>, корені на ньому затримувалися як і домішки органічних решток та насіння бур'янів. Заливання водою залишків ґрунту повторювали 4-5 разів, зменшуючи кількість води. Остаточний залишок ґрунту у ванні ретельно оглядали і, упевнившись у відсутності окремих коренів, видаляли. Корені разом з органічними рештками з кожного шару з решета переносили в плівкові пакети, поміщали в холодильник. В умовах лабораторії корені з пакета переносили на густе решето, поміщене до кристалізатору, і відмивали начисто, при цьому вилучали всі домішки органічних решток і насіння бур'янів. Чисті корені в ситі промивали три рази дистильованою водою, віджимали, висушували при температурі 60° до постійної ваги, так висушували і подрібнену надземну масу рослин. У хімічному аналізі застосовували мокре оголення, після чого відносний вміст азоту, фосфору визначили колориметрично [9], калій – на полуменевому фотометрі.

### 2.3. Вплив добрив на синтез органічних речовин

Результати обліку наземної маси рослин представлені в таблиці 16. Різниця між варіантами за густотою на облікових площадках була в межах 3–6 рослин. У подальшій роботі ця різниця була ліквідована введенням поправки на густоту. Добрива сприяли утворенню більшої кількості продуктивних стебел. Відміни за масою сухих речовин надземних органів обумовлені підвищенням продуктивного кушіння, кращим ростом головних і бокових стебел, а по рокам – погодними умовами. Середня маса сухих речовин при вологості 8% на вар. 2 була більшою на 39%, на вар. 3 – на 48% порівняно з контрольним варіантом.

Таблиця 16

**Густота стебел і маса органічних речовин надземних частин в кінці цвітіння на початку формування зерна (г/м<sup>2</sup>)**

Варіанти	1974 р.			1975 р.			1976 р.			Середнє		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	280	380	728	310	400	760	380	430	799	323	403	762
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	280	500	961	310	550	948	380	560	1275	323	537	1061
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	280	540	1026	310	650	1081	380	640	1285	323	610	1131

*Зауваження:* у графі 1 – кількість рослин, 2 – кількість продуктивних стебел, 3 – маса сухих речовин г/м<sup>2</sup>.

Облік сухих речовин кореневої системи виявив, що добрива покращували розвиток коренів в шарах 0–10 і 10–20 см. Різниця за масою із більш глибоких шарів ґрунту проявилася нечітко, за середніми даними з усіх проб глибше шару 50 см залишилось 9% коренів. З урахуванням останніх середня маса коренів за

1974–1976 рр. на площі 1 м<sup>2</sup> контрольного варіанта склала 207 г, на варіантах 2 і 3 по 230 г. Маса повітряно сухих коренів (вологість 8 %) на удобрених варіантах була більшою на 11 % ніж на контролі.

Загальна маса сухих речовин (надземні органи + корені) в середньому за 3 роки відповідно варіантам 1–2–3 рівнялося 967 г/м<sup>2</sup>, 1293 і 1362 г/м<sup>2</sup>, в % 100–133–140. Частка коренів в загальній кількості сухих речовин на варіантах 1–2–3 була наступною – 21–18–17%. Ці результати показують, що добрива сильніше впливали на ріст надземних органів, ніж коренів. Для установлення біологічних потреб культури елементів мінерального живлення визначили відносний вміст їх в органах пшениці озимої, результати наведено в таблиці 17.

Таблиця 17

**Відносний вміст азоту, фосфору і калію в органах пшениці озимої  
(у % на суху речовину)**

Варіанти	N				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Надземні органи</b>												
1. Контроль	1,36	1,19	1,18	1,24	0,40	0,36	0,38	0,38	1,97	1,57	1,37	1,64
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	1,53	1,58	1,10	1,40	0,48	0,44	0,38	0,43	2,08	1,64	1,24	1,65
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	1,75	1,87	1,32	1,65	0,54	0,54	0,47	0,52	1,84	1,71	1,50	1,68
<b>Корені</b>												
1. Контроль	1,14	1,36	1,33	1,24	0,24	0,27	0,22	0,23	0,49	0,73	0,54	0,59
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	1,14	1,48	1,46	1,36	0,26	0,30	0,26	0,27	0,56	0,60	0,62	0,59
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	1,22	1,59	1,39	1,40	0,27	0,34	0,28	0,29	0,50	0,78	0,62	0,63

*Зауваження:* у графах 1, 2, 3 дані за роками, 4 – середнє значення.

Дані із вмісту в надземних органах елементів живлення (табл. 17) свідчать, що на удобрених варіантах рослини інтенсивніше засвоювали азот – на 13–33%, фосфор – на 13–37% порівняно з контрольним варіантом. Хоча відносний вміст фосфору порівняно з азотом менший в 3,2 рази, поглинання його відбувалося пропорційно азоту, що підтверджує зв'язок цих елементів в обміні речовин, і необхідність сумісного внесення з добривами в ґрунт за низького забезпечення азотом і фосфором. Різниця між варіантами за вмістом калію відсутня, так як в поживному середовищі його було достатньо для всіх варіантів. У коренях відносний вміст азоту був дещо менший, ніж у надземних органах, але фосфору – значно менший, відповідно по варіантам на 39–63–79%, що пов'язано з вищою активністю біохімічних процесів у фотосинтезуючих органах. Різниця між варіантами за вмістом елементів в коренях була майже на рівні показників для надземних органів.

#### 2.4. Біологічні потреби пшениці озимої в основних елементах живлення

За результатами показників маси сухих надземних органів та коренів і відносного вмісту в них елементів живлення, визначили найголовніше – біологічні потреби культури в поживних речовинах (табл. 18).

**Біологічні потреби пшениці озимої елементів живлення у фазах  
цвітіння – початок формування зерна і співвідношення між ними  
(середні за 1974–1976 рр.)**

Варіанти	Засвоєно, кг/га			Сума, кг/га	Співвідношення, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Надземні органи</b>							
1. Контроль	95	29	124	248	38,3	11,7	50,0
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	149	46	175	370	40,3	12,4	47,3
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	185	59	189	433	42,8	13,6	43,7
<b>Корені</b>							
1. Контроль	25,7	4,8	12,2	42,7	60,2	11,3	28,5
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	31,3	6,2	13,6	51,1	61,3	12,1	26,6
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	32,1	6,7	14,5	53,3	60,2	12,6	27,2
<b>Разом надземні органи і корені</b>							
1. Контроль	120	34	136	290	41,4	11,7	46,9
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	180	52	189	421	42,8	12,3	44,9
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	218	66	204	488	44,7	13,5	41,8

Біологічні потреби пшениці озимої в елементах живлення тісно пов'язані з показниками синтезованої маси органічних речовин. На контрольному варіанті на формування надземних органів вони виявилися найменшими, на варіанті з оптимальними дозами добрив перевищення контролю склало 122 кг/га (50%), а при внесенні добрив на повне задоволення потреб (вар. 3) – на 185 кг/га (75%), табл. 18. До формування зерна потреби по рокам на кожному варіанті близькі, але спостерігається суттєва різниця між контрольним і удобреними варіантами.

Біологічні потреби елементів живлення на формування кореневої системи при внесенні добрив більші на 20–25% порівняно з контрольним варіантом. На варіантах 1–2–3 на корені прийшло азоту 27–21–17%, фосфору – 17–14–11%, калію – 10–8–7%.

Прийнявши суми засвоєних елементів по варіантам за 100%, визначили співвідношення між азотом, фосфором і калієм в відносних величинах в біологічних потребах (табл. 18). Це важливі якісні показники, що відображають вибіркову здатність рослин пшениці в засвоєнні елементів мінерального живлення.

Дані по співвідношенню між елементами в надземних органах (табл. 18) свідчать, що незважаючи на відміни між варіантами по удобренню, співвідношення близькі, на всіх варіантах переважає частка калію, на другому місці азот, показники по якому близькі до значень калію, на третьому місці фосфор. У середньому потреби у фосфорі в 3,2 рази менші від потреб азоту. При дефіциті азоту в ґрунті (вар. 1) в рослинах пшениці зменшилися частки азоту і фосфору, навпаки, зросла частка калію. При застосуванні добрив (вар. 2 і 3) засвоєння калію зменшилося на 3–6 одиниць, а частки азоту і фосфору збільшилися, що сприяло підвищенню врожаю і його якості.

Сумарний вміст елементів живлення в кореневій системі відносно вмісту в надземній масі менший, на варіантах 1–2–3 відповідно склав 17–14–12%. Різниця показників між варіантами обумовлена інтенсивнішим ростом надземних органів при застосуванні добрив. По сумі спожитих елементів варіанти 2 і 3 перевищують контрольний відповідно на 131–198 кг/га. По співвідношенню елементів в кореневій системі варіанти подібні. Порівняно зі співвідношеннями в надземних органах коренева система сильно відрізняється за частками азоту і калію, зокрема, частка азоту більша в середньому на 20 одиниць, а калію на стільки ж одиниць менше. На контрольному варіанті при недостатчі азоту в ґрунті спостерігається зменшення часток азоту і фосфору і збільшення частки калію, як в коренях, так і надземних органах.

Характерно, що рослини у фазі цвітіння засвоїли майже однакову кількість азоту і калію, за винятком контрольного варіанта, в якому калій перевищив вміст азоту на 13%.

Співвідношення між елементами в загальних потребах схожі до співвідношень в надземних органах, відміни – у збільшенні частки азоту і зменшенні частки калію за участю вмісту цих елементів в кореневій системі.

## 2.5. Вплив добрив на врожай зерна пшениці озимої

Умови мінерального живлення по-різному забезпечили потреби рослин. Це суттєво позначилося на синтезі органічних речовин у надземних органах до наливу зерна, від яких приблизно на 60% залежить величина врожаю основної продукції. Аналіз даних з врожайності зерна в табл. 19 показує, що вона різна за роками, що пояснюється впливом погодних умов і попередника (1976 р.).

*Таблиця 19*

### Урожайність зерна пшениці озимої, ц/га

Варіанти	Роки			Середнє
	1974	1975	1976	
1. Контроль	31,5	24,9	47,3	34,6
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	44,2	30,3	57,8	44,1
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	51,3	30,6	56,6	46,1
НіР <sub>05</sub> , ц/га	3,9	2,5	5,8	4,1
Р%	4,0	3,5	3,5	3,7

Середня врожайність за два сприятливі по зволоженню роки (1974, 1976 рр.) при внесенні N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> склала 51 ц/га, біологічні потреби N – 180, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 52, K<sub>2</sub>O – 189 кг/га. При застосуванні розрахункових доз добрив на заплановану врожайність 50–60 ц/га середня врожайність рівнялася 54 ц/га, для її формування рослини використали N – 218, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 66, K<sub>2</sub>O – 204 кг/га.

Порівняно з попереднім варіантом урожайність не підвищилася відповідно до потреб азоту і фосфору на формування врожаю 60 ц/га, відбувся недобір зерна. У таких дослідженнях необхідно визначати біологічний врожай, збираючи його вручну без втрат. Нами був урахований господарський урожай при збиранні його комбайном, у цьому випадку можливі втрати. Вважаємо, що

непередбачений облік біологічного врожаю також учить як далі проводити дослідження.

Вище було зазначено, що до формування зерна на всіх варіантах різниці по рокам в накопиченні органічних речовин і в засвоєнні елементів живлення були незначні. Але в 1975 р. період формування і наливу зерна виявився надто посушливим, в результаті чого урожай зерна в 1975 р. порівняно з середніми даними урожаю за 1974 і 1976 рр. знизився на варіантах 1–2–3 на 63–59–57%. На варіантах 2 і 3 добрива дещо зменшили негативний вплив посухи.

На підставі результатів з біологічних потреб елементів живлення і даних з врожайності зерна визначили попередні приблизні кількості елементів живлення, які приходяться на 1 т зерна (табл. 20). Термін «витрати на формування» 1 т зерна застосовуємо умовно, так як не вся кількість елементів перерозподіляється із стебел і колосів в зерно.

Таблиця 20

**Витрати елементів живлення за біологічними потребами, кг на 1 т зерна**

Варіанти	1974, 1976 рр.			1975 р.		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль	30,5	8,6	34,4	48,3	13,5	54,5
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	35,4	10,2	37,0	59,3	17,1	62,3
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	40,3	13,1	37,8	71,1	21,4	66,5

За варіантами витрати різні, на удобрених варіантах більші, ніж на контрольному, і більші за господарський винос кг/т N – 28,9; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10,0; K<sub>2</sub>O – 20,7 [10]. У 1975 р. в посушливих умовах потенціал урожайності реалізувався неповністю, як наслідок витрати елементів збільшилися по азоту на 59–77%, фосфору на 57–68% і калію на 58–68% порівняно з показниками за кращих погодних умов 1974, 1976 рр. Витрати елементів живлення в екстремальних умовах формування врожаю слід прийняти як важливу інформацію, а на практиці не можна застосовувати.



**2.6. Визначення біологічних потреб і господарського виносу елементів живлення пшеницею озимою у фазі цвітіння – початок формування зерна і в повній стиглості**

У плануванні наших досліджень була використана інформація, згідно з якою максимум засвоєних поживних речовин приходиться на фазу цвітіння [1, 2], але виникає сумнів чи дійсно це так. Малоімовірно щоб живі, зелені рослини майже упродовж місяця, від цвітіння до повної стиглості, не засвоювали поживні речовини із ґрунту. Тому представлені нами дані попереднього дослідження про біологічні потреби поживних речовин прийнятні лише для фази цвітіння – початок формування зерна. Прагнення перевірити результати проведеного дослідження, поповнити інформацію по такому складному питанню спонукало нас продовжити дослідження.

Керуючись твердженнями [10, 11], що рослини пшениці озимої засвоюють елементи живлення кореневою системою і після цвітіння, в наступні роки біологічні потреби вивчали в два строки: кінець цвітіння – початок формування зерна і повна стиглість. Строк кінець цвітіння – початок формування зерна названо так тому, що це перехідний період, цвітіння пшениці триває не один день, а 5–7, на одних стеблах колоски цвітуть, на інших уже утворилися зав'язі зернівок. Ґрунтові умови і методика досліджень описані в попередньому досліді.

У цьому трирічному досліді в період наливу зерна погодні умови були сприятливими. За березень – червень включно впала опадів в 1981 р. – 72 мм, в 1982 р. – 156 мм і в 1983 р. – 196 мм, температура повітря була близькою до середньої багаторічної. Такі умови сприяли розкриттю потенціальних можливостей середньорослого сорту пшениці озимої Харківська 81.

### **2.6.1. Маса сухих органічних речовин надземних органів у фазі цвітіння – початок формування зерна**

Головним показником впливу умов мінерального живлення на ріст і розвиток рослин пшениці озимої є маса органічних речовин, утворених в процесі фотосинтезу (табл. 21).

*Таблиця 21*

#### **Маса абсолютно сухих органічних речовин надземних органів у фазі цвітіння – початок формування зерна, г/м<sup>2</sup>**

Варіанти	Роки			Середнє
	1981	1982	1983	
1. Контроль (без добрив)	670	670	531	624
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	848	1176	1041	1022
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	997	1406	1236	1213
НіР <sub>05</sub>				145

Як при оптимальних дозах NPK (вар. 2), так і при повному забезпеченні рослин елементами живлення (вар. 3) за один і той же період синтезовано органічних речовин в надземних органах на 63% і 94% більше, ніж на контрольному варіанті. За кількістю сухих речовин отримані результати схожі з даними попереднього досліді. При нормальних умовах вирощування пшениці врожай зерна її знаходиться в прямій залежності від урожаю зеленої маси. У даному випадку на тих варіантах, де більша маса сухих речовин, передбачається і більший збір зерна.

При визначенні біологічних потреб озимої пшениці в елементах мінерального живлення автори [2, 5] відмічають значні труднощі в обліку маси кореневої системи. У дійсності в наших дослідіх прийшлося виконати значний об'єм робіт по відділенню коренів із проб ґрунту за шарами на глибину 0–60 см. При цьому протягом 12 вегетаційних періодів через сито промили біля 12 т ґрунту.





Рис. 17, 18, 19. Відмивання кореневої системи пшениці озимої

Перший строк обліку маси коренів у фазі цвітіння – початок формування зерна вибрали тому, що за результатами досліджень В. І. Бондаренка [12] максимальна маса сухих речовин кореневої системи приходить на фазу колосіння, до молочної стиглості зменшується лише на 1 %, а в подальшому до повної стиглості – на 7,3%.

Постає питання чи враховується вся маса коренів? За даними В. І. Бондаренка в шарі ґрунту 0–60 см було 87,9%, маси коренів, за нашими результатами в шарі ґрунту 0–50 см було зосереджено 92% від загальної маси, глибше – 8%, як видно з наведених чисел розбіжності не великі – 4%. Ми усвідомлюємо, що в обох випадках результати близькі до істини, а деякі втрати кореневої системи, особливо кореневих волосків, в цих складних умовах можливі. Розподіл коренів в шарах ґрунту показано в таблиці 22.

Найбільше коренів зосереджено у двох верхніх шарах ґрунту 0–10 см, 10–20 см (табл. 22). Із збільшенням глибини на всіх варіантах маса коренів приблизно однаково зменшується. Загальна маса коренів на удобрених варіантах більша в середньому на 12,5%.

**Розподіл маси абсолютно сухих речовин кореневої системи пшениці озимої в шарах ґрунту в фазі цвітіння – початок формування зерна, г/м<sup>2</sup>**

Варіанти	Роки	Шари ґрунту, см						Сума
		0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	глибше 50	
1. Контроль (без добрив)	1981	124,0	42,0	29,5	17,0	10,0	24,5	247,0
	1982	136,9	35,0	25,0	18,4	12,4	8,6	236,3
	1983	136,0	36,0	27,0	20,0	7,0	25,0	251,0
Середнє	-	132,3	37,7	27,2	18,5	9,8	19,4	244,8
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	1981	143,5	52,0	34,5	16,0	10,5	28,5	285,0
	1982	150,9	36,1	32,8	15,6	15,1	8,0	258,5
	1983	144,0	56,0	35,0	13,0	8,0	28,0	284,0
Середнє	-	146,1	48,0	34,1	14,9	11,2	21,5	275,8
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	1981	139,5	42,0	28,0	18,0	13,5	26,5	267,5
	1982	167,4	43,1	23,9	13,1	10,4	6,3	264,2
	1983	154,0	48,0	28,0	19,0	12,0	28,0	289,0
Середнє	-	153,6	44,4	26,6	16,7	12,0	20,3	273,6
NiP <sub>05</sub>								14,0

Порівнюючи прирости маси коренів з приростом маси надземних органів, приходимо до висновку, що під впливом добрив більш інтенсивно ростуть фотосинтезуючі надземні частини. Частка коренів від середньої кількості всієї біомаси на варіантах 1, 2, 3 відповідно склала 28,2%, 21,3% і 18,4%. Оскільки у фазі цвітіння рослини переходять до формування зерна, то важливо знати і такий показник, як коренезабезпеченість – відношення маси коренів до маси надземних органів у %. Так, для першого варіанту цей показник дорівнював 39 %, для двох інших – відповідно 27 і 23%. Зменшення показників коренезабезпеченості на варіантах з добривами треба мати на увазі, і при вирощуванні високих урожаїв у даних умовах ретельніше піклуватися про нагромадження і збереження вологи в ґрунті.

Важливо також мати інформацію про продуктивність кореневої системи – це кількість грамів сухих речовин, яка синтезована в надземних органах на 1 г сухої речовини коренів, по іншому – коефіцієнт продуктивності. Як було відмічено вище, добрива сприяли в деякій мірі кращому росту кореневої системи (на 12,5%), але в більшій мірі – росту фотосинтетичних, надземних органів, що відбилося позитивно на коефіцієнті продуктивності, він підвищився на удобрених варіантах на 54 і 83%.

### 2.6.2. Маса сухих речовин органів рослин пшениці озимої в повній стиглості

У період від цвітіння до повної стиглості в рослинах пшениці відбувся завершальний процес – утворення зернівок, створення нового покоління. При

цьому в рослинах проходили багатогранні зміни, одночасно збільшувалася загальна біомаса, в основному за рахунок зерна, в деякій мірі (до молочної стиглості) наростала маса двох верхніх міжвузлів, частково, листків. У час наливу зернівок маса стебел, листків і колосів зменшувалася в зв'язку з відтоком із них пластичних речовин і елементів живлення в зернівки. Так, маса надземних органів в повній стиглості стала меншою на всіх варіантах на 25–24–20%, а коренів – на 24–23–15% (табл. 23) порівняно с вагою цих органів в перший строк відбору проб.

Таблиця 23

**Маса абсолютно сухих речовин органів рослин пшениці озимої у фазі повної стиглості, г/м<sup>2</sup>**

Варіанти	Зерно				Солома				Стерня				Корені			
	1981	1982	1983	Сер.	1981	1982	1983	Сер.	1981	1982	1983	Сер.	1981	1982	1983	Сер.
1. Контроль (без добрив)	268	257	372	<b>299</b>	399	368	301	<b>336</b>	123	144	125	<b>131</b>	223	167	172	<b>187</b>
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	406	485	617	<b>503</b>	541	646	619	<b>602</b>	161	193	174	<b>176</b>	246	182	211	<b>213</b>
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	507	601	709	<b>606</b>	594	817	766	<b>726</b>	190	215	201	<b>202</b>	245	226	227	<b>233</b>

На варіантах з більшою масою надземних органів і коренів сформувався значно більший біологічний урожай зерна (табл. 23). У даному досліді в середньому за три роки на варіанті з оптимальними дозами добрив отримали біологічну врожайність абсолютно сухого зерна 5,03 т/га, а при внесенні розрахункових норм на заплановану врожайність – 6,0 т/га, фактична врожайність досягла 6,06 т/га, тоді як на контрольному варіанті 2,99 т/га. У відносних величинах приріст врожаю відповідно варіантам 2 і 3 рівнявся 68 і 103%, що узгоджується з більшим приростом надземної біомаси у фазі цвітіння на цих варіантах 63 і 94%. При таких рівнях урожайності на удобрених варіантах рослини використовують і запасують в урожаєх 3–4% фотосинтетично активної радіації [13].

Приріст урожаю обумовлений змінами в його структурі, перш за все, в густоті продуктивних стебел на одиниці площі (табл. 24).

Таблиця 24

**Елементи структури врожаю**

Варіанти	Число на 1м <sup>2</sup>		Коефіцієнт продуктивного кушіння	Вихід зерна з одного колоса
	рослин	стебел		
Контроль	$\frac{365^*}{320-410}$	$\frac{390}{350-430}$	$\frac{1,10}{1,05-1,15}$	$\frac{0,90}{0,71-1,09}$
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	$\frac{375}{340-410}$	$\frac{540}{520-560}$	$\frac{1,50}{1,47-1,53}$	$\frac{1,09}{0,83-1,35}$
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	$\frac{375}{340-410}$	$\frac{610}{570-650}$	$\frac{1,72}{1,58-1,85}$	$\frac{1,16}{0,89-1,42}$

\*У чисельнику тут і далі – середні значення за 1981–1983 рр., у знаменнику – інтервал коливань.

Другим чинником збільшення врожайності є формування крупних, із підвищеним виходом зерна колосів на головних і вторинних стеблах.

### 2.6.3. Відносний вміст поживних речовин в органах рослин озимої пшениці в кінці цвітіння – початок формування зерна

Для визначення потреб озимої пшениці в поживних речовинах слід знати відносний вміст азоту, фосфору та калію в органах рослин у фазі цвітіння – початок формування зерна (табл. 25).

Таблиця 25

**Вміст поживних речовин в органах рослин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна, (у % на абсолютно суху речовину)**

Варіанти	Надземні органи			Корені		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	$\frac{0,96}{0,77-1,14}$	$\frac{0,51}{0,39-0,62}$	$\frac{1,51}{1,25-1,76}$	$\frac{1,21}{1,16-1,26}$	$\frac{0,27}{0,23-0,30}$	$\frac{0,57}{0,48-0,65}$
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	$\frac{1,28}{1,06-1,50}$	$\frac{0,44}{0,37-0,50}$	$\frac{1,48}{1,23-1,73}$	$\frac{1,22}{1,12-1,31}$	$\frac{0,31}{0,23-0,39}$	$\frac{0,51}{0,37-0,64}$
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	$\frac{1,41}{1,16-1,65}$	$\frac{0,48}{0,39-0,57}$	$\frac{1,64}{1,34-1,93}$	$\frac{1,26}{1,16-1,36}$	$\frac{0,30}{0,23-0,37}$	$\frac{0,64}{0,52-0,75}$

За результатами хімічного аналізу надземних органів найбільша різниця між варіантами – по вмісту азоту, менша – по фосфору і калію. Статистичною обробкою даних щодо азоту доведено істотність різниці:  $H_{iP_{05}}$  дорівнює 0,16%. З цього виходить, що значно змінюється вміст того елемента в рослинах, якого не вистачає в поживному середовищі. Спостерігається тенденція до підвищення концентрації елементів живлення в кореневій системі рослин з удобрених варіантів.

За період наливу зерна відносний вміст поживних речовин в органах рослин значно знизився (табл. 26). Порівняно з результатами у фазі цвітіння в повній стиглості у вегетативних органах (солома) вміст азоту зменшився на контрольному варіанті в 2 рази, на вар. 2 і 3 – відповідно в 2,2 і 2,3 рази; вміст фосфору теж зменшився на вар. 1 і 2 в 2,6 рази і на вар. 3 – 2,2 рази.

При визріванні рослин на корені поступово, протягом місяця, стебла відмирають, це пов'язано з активним перерозподілом від органів стебел до зернівок пластичних речовин і великої кількості азоту і фосфору, про кількісні показники відтоку речовин буде повідомлено в іншому розділі. В 1,5 рази зменшився також вміст калію, але якщо азот і фосфор переходять в значній кількості в зернівки, то калію значна частина залишається в соломі і близько третини втрачається. Зміни в хімічному складі коренів менші, на 10–15% збільшився вміст азоту, можливо тому, що зменшився в 2 рази вміст калію, вміст фосфору майже однаковий.

**Вміст поживних речовин в органах рослин озимої пшениці в повній стиглості % на абсолютно суху речовину  
(середні значення за 1981–1983 рр.)**

Варіанти	Зерно			Солома			Стерня			Корені		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.	<u>1,69</u>	<u>0,86</u>	<u>0,56</u>	<u>0,48</u>	<u>0,19</u>	<u>0,98</u>	<u>0,39</u>	<u>0,15</u>	<u>0,85</u>	<u>1,35</u>	<u>0,22</u>	<u>0,27</u>
	1,61-	0,85-	0,46-	0,35-	0,14-	0,73-	0,33-	0,14-	0,69-	1,30-	0,21-	0,20-
	1,76	0,87	0,66	0,62	0,23	1,22	0,44	0,16	1,00	1,40	0,23	0,34
2.	<u>2,22</u>	<u>0,80</u>	<u>0,55</u>	<u>0,61</u>	<u>0,17</u>	<u>0,99</u>	<u>0,52</u>	<u>0,15</u>	<u>0,72</u>	<u>1,40</u>	<u>2,22</u>	<u>0,27</u>
	2,16-	0,69-	0,48-	0,48-	0,11-	0,72-	0,43-	0,09-	0,65-	1,36-	0,18-	0,18-
	2,28	0,92	0,61	0,74	0,23	1,26	0,61	0,21	0,78	1,44	0,25	0,36
3.	<u>2,36</u>	<u>0,89</u>	<u>0,52</u>	<u>0,65</u>	<u>0,20</u>	<u>1,08</u>	<u>0,59</u>	<u>0,17</u>	<u>1,00</u>	<u>1,47</u>	<u>0,23</u>	<u>0,32</u>
	2,22-	0,79-	0,49-	0,54-	0,15-	0,77-	0,55-	0,16-	0,77-	1,45-	0,21-	0,23-
	2,49	0,99	0,54	0,76	0,25	1,39	0,63	0,18	1,22	1,49	0,25	0,40

#### 2.6.4. Біологічні потреби пшениці озимої в основних елементах живлення у фазах цвітіння та в повній стиглості

За кількістю синтезованих сухих речовин і концентрацією в них N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і K<sub>2</sub>O визначені біологічні потреби рослин пшениці основних елементів живлення (табл. 27).

Таблиця 27

##### Біологічні потреби пшениці поживних речовин у фазі цвітіння – початок формування зерна, кг/га (середні за 1981–1983 рр.)

Варіанти	Надземні органи			Корені			Всього		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	54,8	28,6	87,7	25,4	5,5	10,8	80,2	34,1	98,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	128,2	43,1	144,1	29,7	6,9	12,5	157,9	50,0	156,6
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	169,9	57,0	187,3	30,4	7,1	14,5	200,3	64,1	201,8

На варіантах із внесенням добрив рослини засвоїли більше елементів живлення. У надземних органах біологічні потреби азоту збільшилися в 2,3–3,1 рази, фосфору в 1,5–2, калію – у 1,6–2,1 рази. На контрольному варіанті проявилось недостатнє забезпеченість рослин азотом. Ще більше різниця між варіантами в загальних потребах для формування всієї біомаси (надземні органи і корені). Рослини контрольного варіанта менше засвоїли поживних речовин: N – на 49,2%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – на 31,8 і K<sub>2</sub>O – на 37,6% порівняно з варіантом, де були застосовані оптимальні дози. Цікаве явище проявилось на вар. 2 і 3 – в них вирівнялося споживання азоту і калію (1:1), що свідчить про значимість застосування даного методу досліджень – порівняння оптимальних і розрахункових норм добрив.

Для уточнення даних про особливості живлення пшениці озимої визначили вміст елементів живлення в усіх органах в повній стиглості, результати наведено в таблиці 28.

Таблиця 28

##### Біологічні потреби пшениці поживних речовин у фазі повної стиглості, кг/га (середні за 1981–1983 рр.)

Варіанти	Контроль			N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>			N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерно	49,4	25,9	16,7	108,6	40,6	27,0	132,2	51,3	32,4
Солома	14,9	5,7	30,0	34,7	10,3	55,5	45,7	14,4	73,6
Стерня	5,2	1,8	10,7	8,9	2,7	13,0	11,9	3,4	18,7
Корені	23,3	3,7	4,8	29,2	4,6	5,5	37,7	5,0	6,3
Всього	92,8	37,1	62,2	181,4	58,2	101,0	227,5	74,4	131,0

Представлені результати відображають безперечну велику перевагу в потребах між контрольним варіантом і удобреними на користь останніх. Хоча дослід проведено на кращому за родючістю ґрунті, ефективність добрив досить висока.

Біологічні потреби елементів на контрольному варіанті після одного із найгірших попередників (кукурудза на силос) найменші, що обумовлено гальмуванням росту рослин при недостатчі в ґрунті доступного азоту. Суттєво більші потреби N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при оптимальних нормах (вар. 2), відповідно по діючим речовинам на 95% і 57%, при повному задоволенні потреб (вар. 3) – на 145% і 100%. Наведені числа відображають першочергову роль азотних добрив у взаємодії з фосфорними.

Від максимальної кількості засвоєного азоту в зернівки контрольного варіанта поступило 53,2%, варіанта з оптимальною нормою – 69,8, при повному задоволенні потреб (вар. 3) – 69,0%, в середньому більше на 16% порівняно з контрольним варіантом. Ці дані показують використання елементів живлення, внесених з добривами, рослини більше засвоїли азоту і фосфору, в біологічному виносі змінилося співвідношення між азотом і фосфором (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), на контрольному варіанті воно рівнялося 2,50, на двох інших, відповідно – 3,12 і 3,06. Збільшення значень співвідношень обумовило приріст врожаю зерна і збільшення в ньому вмісту білка.

Оскільки існують суперечливі твердження відносно строків закінчення поглинання рослинами пшениці елементів живлення [6, 7, 10, 11] важливо установити різниці між біологічними потребами елементів за два строки (табл. 29).

Таблиця 29

**Різниці між біологічними потребами пшениці в поживних речовинах у фазах повна стиглість і цвітіння – початок формування зерна (середні за 1981–1983 рр.)**

Варіанти	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
1. Контроль	12,6	15,7	3,0	8,8	-36,3	-37,6
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	23,5	14,8	8,2	16,4	-55,6	-35,0
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	27,2	13,5	10,3	16,1	-70,8	-35,1

За період наливу зерна по всім варіантам у відносних величинах азот надходив в рослини майже однаково (табл. 29) фосфор під впливом супутнього азотного добрива на удобрених варіантах надходив у 2 рази інтенсивніше, а по калію, навпаки, відбулися втрати в межах 35–38%. Різниці в потребах між двома фазами росту рослин вимушують дослідників визначати біологічні потреби щонайменше у визначені нами строки – цвітіння і повна стиглість.

На підставі даних за два строки установили максимальні біологічні потреби елементів живлення пшеницею озимою. Для цього використали результати з потреб калію у фазі цвітіння – початок формування зерна, а азоту і фосфору – у повній стиглості. Вважаємо доцільним біологічні потреби порівняти з господарським виносом (табл. 30).

**Максимальні біологічні потреби і господарський винос елементів  
живлення пшеницею озимою (середні за 1981–1983 рр.)**

Варіанти	Максимальні біологічні потреби, кг/га			Господарський винос, кг/га			Урожайність зерна т/га при вологості 14%	Білок, % на абс. суху речовину
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
1. Контроль	92,8	37,1	98,5	63,4	31,6	46,7	3,41	9,63
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	181,4	58,2	156,6	143,3	50,9	82,5	5,73	12,54
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	227,5	74,4	201,8	177,9	65,7	106,0	6,91	13,56

Із представлених результатів видно, що біологічні потреби елементів живлення значно перевищують їх господарський винос. Для чіткого пояснення ситуації надаємо різниці між біологічними потребами і господарським виносом елементів живлення (табл. 31).

**Різниці між біологічними потребами і господарським виносом елементів  
живлення (середні за 1981–1983 рр.)**

Варіанти	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
1. Контроль	29,4	31,7	5,5	14,8	58,1	59,0
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	38,1	21,0	7,3	12,6	74,1	47,3
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	49,6	21,8	8,7	11,7	95,8	47,5

Наведені різниці показують, що результати точнішого обліку спожитих елементів всією біомасою рослин дійсно більші за господарський винос: по калію на 58–96 кг/га, азоту – на 29–50 кг/га і по фосфору – на 6–9 кг/га, що необхідно враховувати при створенні оптимальних умов мінерального живлення рослин.

Для визначення доз добрив розрахунковими методами часто використовують дані господарського виносу елементів живлення в кг на 1 т або на 1 ц зерна. Показники господарського виносу приблизно характеризують потреби культури в елементах живлення. За даними авторів [14] показники господарського виносу кг на 1 т зерна в 4-х із 12-ти випадках коливалися по азоту від 21,6 до 48,6; фосфору – від 9,4 до 13,3; калію – від 19,9 до 46,6; найвищі показники були в посушливому 1967 р., в якому зібрали найменший урожай зерна – 8,2–10,0 ц/га, в інших 8-ми випадках переважали витрати азоту в межах 23,5–30,3; фосфору – 9,4–11,3; калію 23,1–29,5 кг. У степовій зоні [15] витрати елементів живлення середньо-рослим сортом Одеська 51 на 1 т зерна азоту 27,6–40 кг, фосфору – 9,0–10,9; калію – 19,9–30 кг. Витрати залежали від величини врожаю зерна, найбільші по попереднику – пар. У середньому в Україні витрати на 1 т зерна азоту 26,7 кг, фосфору 9,5, калію 21,1 кг [16]. За довідковими даними господарський винос поживних речовин на 1 т основної продукції пшениці азоту 32, фосфору 11, калію 16 кг [17], а за інформацією [18]



азоту – 19,0, фосфору – 18 і  $K_2O$  – 13. Останні дані по азоту і калію занижені, по фосфору – завищені, підлягають сумніву. Дуже варіюють показники по азоту і, особливо, по калію. Тому найбільша помилка в розрахункових методах доз добрив допускається по калію, бо вміст його в повній стиглості на 30–50 % менший від вмісту у фазах колосіння – цвітіння, і він не відповідає біологічним потребам. Допущенні помилки в розрахунках доз калію виправляють запаси калію в ґрунтах з середньою і підвищеною забезпеченістю.

Наявність таких різниць обумовлює проводити дослідження для установлення точніших результатів для кожної ґрунтово-кліматичної зони, культури, сорту. Високі показники витрат неможна застосовувати в плануванні системи добрив, вони характерні для низьких урожаїв екстенсивних сортів, і для інтенсивних сортів, коли після цвітіння наступають посушливі умови, або стеблестій вилягає від бурі та злив. Щоб варіації в потребах елементів живлення були меншими необхідно ретельніше виконувати всі роботи в дослідках, особливо хімічні аналізи.

Нами установлені витрати елементів живлення на 1 т абсолютно сухого зерна (табл. 32) як за біологічними потребами так і за господарським виносом.

Таблиця 32

**Витрати елементів живлення на формування 1 т зерна, кг  
(середні за 1981–1983 рр.)**

Варіанти	Витрати за біологічними потребами			Витрати за господарським виносом		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
1. Контроль	31,0	12,4	32,9	21,5	10,6	15,6
2. $N_{120}P_{60}K_{30}$	36,1	11,6	31,3	28,5	10,1	16,4
3. $N_{215}P_{180}K_{120}$	37,5	12,3	33,3	29,4	10,8	17,5

З біологічними потребами витрати елементів живлення на одиницю основної продукції порівняно з витратами за господарським виносом більші по азоту на 27–44%, по фосфору – на 14–17, по калію – на 90–111%. Біологічні витрати ближчі до істини, тому що при обліку потреб визначені строки максимального вмісту поживних речовин і охоплена вся рослина, а не тільки зерно і солома в повній стиглості мертвої рослини, як практикується при визначенні господарського виносу. Використання даних господарського виносу в розрахунках доз добрив супроводжується їх заниженнями, значними відхиленнями від біологічних потреб. Але господарський винос важливий для визначення балансу поживних речовин під культурою, в сівозміні.

Отримані нами результати з біологічних потреб зорієнтовані на майбутнє, коли в технології вирощування сільськогосподарських культур буде дійсно повне задоволення потреб рослин в елементах живлення, при цьому результат – в сприятливих погодних умовах гарантований високий урожай. В дослідженнях визначати біологічні потреби необхідно тільки на високоврожайних фонах, так як використовуючи такі вихідні дані, виробник прагне отримувати теж високі врожаї.

## 2.6.5. Співвідношення елементів живлення за фазами розвитку пшениці озимої

В останні роки наряду із визначенням біологічних потреб культури елементах живлення все більше звертається увага на співвідношення між ними [19, 20]. Точне знання потреб і співвідношень набуває актуальності, визначає значний крок уперед в перегляді поглядів на процеси мінерального живлення рослин в фізіології і агрохімії. Дослідження в даному напрямку сприяють збалансованому мінеральному живленню сільськогосподарських культур, отриманню високих урожаїв, ефективному використанню добрив.

У наших дослідженнях, крім установлення кількісних потреб культури в елементах живлення, визначені якісні відміни, які виявляються по співвідношенню між засвоєними елементами.

При визначенні співвідношень застосували метод Журбицького, коли сумарний валовий вміст елементів приймається за 100%, а від нього визначаються частини кожного елемента в %.

Таблиця 33

Співвідношення між елементами живлення, %

Варіанти	Цвітіння – початок формування зерна			Повна стиглість			Максимальні потреби		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль	37,7	16,0	46,3	48,3	19,3	32,4	40,6	16,3	43,1
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	43,3	13,7	43,0	53,3	17,4	29,6	45,5	14,7	39,5
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	43,0	13,7	43,0	52,5	17,2	30,3	45,2	14,7	40,0

Наведені дані показують, що співвідношення по варіантам неоднакові виділяється контрольний варіант, в якому частка азоту менша, а частки фосфору і калію збільшилися відносно варіантів 2 і 3. У фазі повної стиглості в зв'язку з надходженням в рослини після цвітіння азоту і фосфору, і різким зменшенням вмісту калію, на всіх варіантах збільшилися частки азоту на 10–11%, фосфору – 3,3–3,7%, а калію зменшилися на 30–31% проти показників у фазі цвітіння. Співвідношення в максимальних потребах, в які включили вміст калію у фазі цвітіння – початок формування зерна, а азот і фосфор – в повній стиглості, наближаються до співвідношень у фазі цвітіння. Менша частка азоту в контрольному варіанті свідчить про недостачу цього елемента в живленні рослин. Однакові співвідношення на варіантах 2 і 3 з різними дозами добрив відображають збалансованість споживного середовища.

Рослини – саморегульована система, в генетичній пам'яті якої у відповідь на надзвичайну мінливість факторів зовнішнього середовища (світло, тепло, волога, живлення) закладена проста програма, яка визначає інтенсивність протікання фізіологічних процесів в рослині, зокрема на живлення – це константність співвідношень засвоєваних елементів живлення. Співвідношення елементів живлення в рослинах являється спадковою ознакою і названо видовим генетичним співвідношенням [19].

Зменшення на 3–4 одиниці у співвідношенні частки азоту або калію призводить до різкого зменшення урожаю, що і відбулось в нашому досліді на

контрольному варіанті. Ми вважаємо співвідношення на удобрених варіантах в максимальних потребах можна прийняти за зразок: N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O—45,5% : 15,0% : 39,5%, так як рослини вирощували при оптимальних дозах добрив (вар. 2) і при повному забезпеченні елементами живлення (вар. 3). Із наведених даних витікає, що в дослідженнях проявились як зміна співвідношень, так і їх стабільність. Постійність співвідношень характерна для однорідних органів, однакових фаз розвитку, для умов мінерального живлення близьких до оптимальних.

Ми розраховували співвідношення при прийнятих у добривах кількостях діючих речовин, виражених для азоту, фосфору і калію, відповідно N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, і K<sub>2</sub>O. Приймавши за діючі речовини оксиди P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, і K<sub>2</sub>O в живленні рослин припускається роль азоту. Якщо в наших дослідженнях виразити потреби фосфору і калію на елементи P і K подібно азоту, як це пропонують [20], то максимальні потреби N, P, K у кг/га і співвідношення між ними в % будуть мати такі величини:

Варіант 1 – 92,8 + 16,2 + 81,7 = 190,7; співвідношення 48,7 : 8,5 : 42,8;

Варіант 2 – 181,4 + 25,4 + 130,0 = 336,8; співвідношення 53,9 : 7,5 : 38,6;

Варіант 3 – 227,5 + 32,5 + 167,5 = 427,5; співвідношення 53,2 : 7,6 : 39,2;

Середнє співвідношення для двох останніх варіантів – 53,6 : 7,5 : 38,9.

На цих варіантах порівняно із співвідношеннями з використанням діючих речовин у вигляді оксидів фосфору і калію, зросла частка азоту на 8,1, а фосфору і калію – зменшилась на 7,5 і на 0,6 одиниці. Таким чином з урахуванням співвідношення детальніше визначаються потреби рослин в елементах живлення. Співвідношення показує, що азоту потрібно рослинам пшениці озимої в 7,15 рази більше, ніж фосфору, а калію – в 1,4 рази менше. Може доцільно таке співвідношення прийняти за основу в подальших дослідженнях з вивчення доз добрив, а в плануванні в системі удобрення сільськогосподарських культур економніше використовувати дефіцитні фосфорні добрива?

#### 2.6.6. Співвідношення між елементами живлення у фазі цвітіння – початок формування зерна у двох дослідях

У плануванні дослідів ставилась задача перевірити результати, отримані в першому досліді. Для цього порівняли співвідношення в обох дослідях у фазі цвітіння – початок формування зерна (табл. 34).

Таблиця 34

#### Співвідношення між елементами в двох дослідях у фазі цвітіння – початок формування зерна (% від суми)

Варіанти	1974–1976 рр.			1981–1983 рр.		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль	41,6	11,7	46,9	37,7	16,0	46,3
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	42,8	12,3	44,9	43,3	13,7	43,0
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	44,7	13,5	41,8	43,0	13,7	43,3

Дані зі співвідношень на удобрених варіантах при збалансованому мінеральному живленні на диво схожі, результати відтворилися, хоча різниця в часі виконання дослідів складає 7 років. На контрольному варіанті складна ситуація з азотом, його частка менша, особливо в другому досліді, порівняно з удобреними варіантами. Можливо протягом семи років забезпеченість ґрунту доступними сполуками азоту погіршилася, це відбилося на живленні рослин і вони засвоїли менше азоту, а більше калію і фосфору, у співвідношенні в сумі на 6 одиниць (другий дослід). Допускаємо, що в рослинах пшениці активізувались ферментні системи з участю фосфору в напрямку синтезу акцепторів, необхідних для засвоєння азоту.

### 2.6.7. Коефіцієнти використання поживних речовин із добрив

За різницею між біологічними потребами на удобрених варіантах і варіантом без добрив визначили використання поживних речовин із добрив в кг/га і у відносних величинах (табл. 35).

Таблиця 35

#### Використання поживних речовин із добрив

Варіанти	Використання поживних речовин із добрив, кг/га			Коефіцієнт використання, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	88,6	21,1	58,1	73,8	35,2	193,7
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	134,7	37,3	103,3	62,7	20,7	86,1

Установлено, що на варіанті 2 азот використано на 73,8%, на варіанті 3 – 62,7%, фосфор, відповідно, по варіантам на 35,2 і 20,7%. При малій дозі калію (30 кг) рослини додатково (за потребами) засвоїли калію 58,1 кг, у відносних величинах це означає, що калій добрив використано на 100% і додатково 93,7% засвоєно з ґрунту. Наведені значення коефіцієнтів вищі порівняно з даними в літературних джерелах [15, 16], що пояснюється більш точним обліком біомаси рослин, в якій визначено валовий вміст елементів живлення.

Зменшення коефіцієнтів використання фосфору при збільшенні запасів його доступних форм, з підвищенням доз фосфору в удобренні поширене явище [15, 16], яке свідчить про надлишок його порівняно з біологічними потребами. У нашому досліді (вар. 3) доза фосфору 180 кг/га розрахована на приріст урожаю зерна 3 т/га з урахуванням потреб P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12 кг/т і коефіцієнтом використання 20% ( $3 \times 12 \times 100 : 20 = 180$ ), виявилось завищеною від біологічних потреб в 2,86 разу. Враховуючи позиційну малу доступність фосфору у ґрунті, якийсь надлишок у балансі його в Степу і Лісостепу повинен бути. Але вносити його у 2-3 рази більше, ніж виноситься з урожаєм, недоцільно [21, 22].

Основний недолік розрахункових методів – занижені показники коефіцієнтів використання поживних речовин із ґрунту і добрив. Вважаємо можливим прийняття коефіцієнта використання фосфору не менше як 35%, що проявилось на вар. 2, про можливість такої дії підтверджують результати

використання калію. З іншого боку низькі коефіцієнти використання сприяють накопиченню залишків фосфору в ґрунтах з забезпеченістю елементом нижче середньої, що підвищує родючість ґрунту.

### 2.6.8. Повернення в ґрунт органічних і мінеральних речовин

Надземні рослинні рештки, коренева система і її продукти виділення основний матеріал, із якого формується органічна речовина ґрунту. В даному досліді визначена кількість органічних речовин, стерня і корені які залишаються на полі після збирання врожаю зерна і соломи, і в тому випадку, коли на полі, крім стерні і коренів, залишають і солону. Це важливо, так як при розкладанні цих речовин за участю мікроорганізмів в ґрунті утворюється гумус, запаси якого щорічно зменшуються в лісостепу під озимую пшеницею і житом на 0,7 т/га [23].

Таблиця 36

Повернення в ґрунт органічних і мінеральних речовин (середні за 1981–1983 рр.)

Варіанти	Стерня і корені				Солома, стерня і корені			
	т/га	кг/га			т/га	кг/га		
	Органічні речовини	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Органічні речовини	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль	3,18	28,5	5,5	15,5	6,54	43,4	11,2	45,5
2. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	3,89	38,1	7,3	18,5	9,91	72,8	17,6	74,0
3. N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	4,35	49,6	8,4	25,0	11,61	95,3	22,8	98,6

Наведені результати (табл. 36) показують перевагу удобрених варіантів у поверненні в ґрунт органічних і мінеральних речовин. Зі стернею і коренями поступило органічних речовин у ґрунт 3,2–4,4 т/га, при коефіцієнті гуміфікації 0,2 з такої кількості рослинних решток утвориться гумусу 0,6–0,9 т/га, що може компенсувати середні втрати гумусу за вегетацію. З указаними рослинними рештками в ґрунті залишаються мінеральні речовини, також в більшій кількості на варіантах з внесенням добрив. Із трьох елементів живлення найбільше повертається в ґрунт азоту, 28,5–49,6 кг/га, дефіцитного елемента, потім калію – 15,5–25,0 кг/га і найменше фосфору – 5,5–8,4 кг/га, якого рослини і найменше засвоюють. У відносних величинах це складає по азоту 21–30%, по фосфору і калію – 12–16%.

У правій частині таблиці 36 подібні результати представлені для ситуації, коли на полі залишається і солома. Питання використання соломи на добриво тепер набуває практичного значення у зв'язку з нагромадженням у господарствах зернового напрямку лишків її, наявністю зернових комбайнів з подрібнювачами соломи і впровадженням нових методів утримання худоби без підстилки в тваринницьких комплексах.

Удобрення соломою в поєднанні 10 кг мінерального азоту на 1 т соломи сприяє збагаченню ґрунту гумусом, за впливом на родючість ґрунту мало поступається перед гноєм [17].


Кількість органічних речовин, що надходять в ґрунт з урахуванням соломи на варіантах 1–2–3 збільшується в 2,2–2,8–2,9 рази порівняно з кількістю надходження з стернею і коренями. З такої кількості органічних речовин при розкладанні їх у ґрунті протягом трьох років може утворитись гумусу відповідно по варіантам 1,3–2,0–2,3 т/га. Проблема збереження і підвищення вмісту гумусу в ґрунтах України актуальна [23].

При залишенні соломи на полі також збільшується повернення азоту, відповідно варіантам 1–2–3 у 1,5–1,9–1,9 рази,  $P_2O_5$  – в 2,0–2,4–2,7 рази і  $K_2O$  в 2,9–4,0–3,9 рази, ніж надходить із стернею і коренями. В такому разі азоту надходить в ґрунт 43,4–95,3 кг/га, що у відносних величинах від максимальних потреб складає 40–47%, фосфору повертається 29–31 кг/га, у відносних величинах 29–31%, повернення калію таке як і азоту – в межах 45,5–98,6 кг/га, або в % – 46–49.

Результати досліджень показують, що рослини пшениці озимої сформувавши високий урожай зерна, залишають на полі значну кількість органічних речовин, а з ними і елементів мінерального живлення, вилучають із ґрунту тільки ту кількість поживних речовин, яка необхідна для формування зерна. Раніше, іноді, солому і стерню спалювали, при цьому втрачався вуглець, азот, сірка і інші елементи, але цього неможна робити, це вкрай безгосподарське відношення до родючості ґрунту.

Нажаль, у даний час спалювання соломи становиться систематичним явищем. Одна із вітчизняних компаній урочисто здала в експлуатацію 24.10.2012 р. у селищі Турбів на Вінниччині завод із виробництва пресованих брикетів із соломи. Протягом року тут виготовлятимуть 74 тис. тонн біологічного палива. Після збирання врожаю на полях залишається більше 10 млн тонн соломи. Інвестор планує спорудити в аграрних областях держави десять таких підприємств [24].

Немає органічних добрив (гною), мало мінеральних добрив, збираємо з полів солому – чи не заплачуть наші найкращі в світі чорноземи?



## **2.7. Біологічні потреби пшениці озимої в елементах живлення в залежності від способів сівби**

Для уточнення результатів з біологічних потреб пшениці озимої в поживних речовинах дослідження в цьому напрямку продовжили в 1989–1994 рр. При відборі проб рослин для хімічного аналізу на звичайному рядковому посіві з міжряддями 15 см завжди виникають труднощі в пошуку частин рядків з рівномірним розміщенням рослин, часто попадались скупчення кількох рослин в одному пункті, що спричиняло їх не однаковий ріст і продуктивність. Осередки загущеності рослин свідчили про недосконалість сівалки СЗ – 3,6, яка багато років використовувалася на практиці. Тому висновок: потрібно удосконалювати якість посіву, покращити площі кореневого живлення для кожної рослини – це можливий резерв підвищення

врожаю пшениці озимої. Ефект очевидний, але його необхідно підтвердити фактичними результатами.

Дослідження здійснили на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва разом із викладачами – науковцями кафедри рослинництва [25]. Об'єктом досліджень були рослини пшениці двох способів посіву: перший – звичайний рядковий посів сівалкою СЗ – 3,6 з дисковими сошниками, міжряддя 15 см; другий – посів тією ж сівалкою, але з трубчатими сошниками з овальною лобовою поверхнею і прямим кутом входження в ґрунт, які розподіляють насіння смужкою шириною близько 5 – 6 см при міжряддях 9–10 см. Трубчатий сошник діаметром 6 см забезпечує більш рівномірне розосередження насіння в межах смужки на практично ідеальному вирівняному насінневому ложі на однаковій глибині 4–5 см. Перевага смужкового способу сівби перед рядковим полягає в тому, що площа живлення, яка формується сошником нового вигляду, збільшується у три рази. Завдяки цьому рослини краще забезпечуються вологою, поживними речовинами, теплом, світлом, повітрям [26].



**Рис. 20.** Загальний вигляд посіву пшениці озимої в польовому досліді на варіантах рядкового і смужкового способів сівби (фото М. А. Бобра)

Ґрунт – чорнозем типовий глибокий, мало гумусний, слабо структурний, важкосуглинковий на лесі. Вміст гумусу в орному шарі в межах 4,4–4,7%, рухомих форм фосфору (за Чириковим) 13,8, калію 10,3 мг на 100 г ґрунту. Забезпеченість мінеральним азотом на початку вегетаційного періоду низька та середня. Попередники пшениці – зернобобові культури. Сорти пшениці озимої середньорослі: в 1989 р. – Миронівська 808, в 1990–1992 рр. – Харківська 81, в 1993–1994 рр. – Миронівська 61. Норма висіву 5 млн насінин на 1 га.

Для визначення кількості синтезованих органічних речовин і засвоєних основних елементів живлення проби рослин відбирали з площадок 0,1 м<sup>2</sup>, накладаючи рамку 33,3 см × 30 см на два суміжні добре виповнені рядки, на вар. 2 – смужки. Повторність по кожному варіанті посіву трикратна. Ґрунт з

кореневою системою відбирали на площадках з шарів 0–10 см, 10–20 см і так далі до глибини 60 см.

Вміст азоту, фосфору і калію в органах рослин визначили загальноприйнятними методами після мокрого озолення наважок. Середні по рокам результати оброблені статистично різницею методом, в якому суттєвість різниці доказується значенням критерія  $t_{\text{факт.}}$  порівняно з величиною  $t_{\text{теор.}}$ , при 0,95 рівня імовірності. Визначення кількості сухих речовин, утворених в процесі фотосинтезу в рослинах пшениці озимої при різних способах посіву, та засвоєних елементів живлення зроблено в фазі цвітіння – початок формування зерна і в повній стиглості для того, щоб уточнити, підтвердити, що кореневе живлення продовжується і після цвітіння пшениці.

### 2.7.1. Маса сухих речовин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна

Дослідженнями встановлено, що упродовж шести вегетаційних періодів (1989–1994 рр.) від фази кушіння до утворення зернівок рослини пшениці на варіанті смужкового посіву синтезували значно більше сухих речовин в надземних органах порівняно зі звичайним рядковим посівом (табл. 37).

Таблиця 37

#### Маса абсолютно сухих речовин органів рослин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна, г/м<sup>2</sup>

Способи посіву	Роки							Критерій $t_{0,5}$	
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Середнє	факт.	теорет.
<b>Надземні органи</b>									
1. Рядковий	1223	1444	1362	1384	894	1017	1221	-	-
2. Смужковий	1350	1535	1358	1458	1092	1053	1308	-	-
Різниця	127	91	-4	74	198	36	87	3,05	2,57
<b>Корені</b>									
1. Рядковий	196	240	207	201	215	219	213	-	-
2. Смужковий	240	246	246	243	229	236	240	-	-
Різниця	44	6	39	42	14	17	27	3,46	2,57

У наземних органах синтезовано органічних речовин в перерахунку на 1 га 12–13 т ще до утворення зерна. Якщо додати майбутнє зерно (~1/3), то перед нами посів з урожайністю зерна 6–7 т/га. Ми вийшли на високопродуктивну частину поля, що планували за методикою.

Більш рівномірне розподілення насіння в ґрунті при смужковому посіві позитивно вплинуло не тільки на ріст надземних органів, але і на кореневу систему, маса якої теж суттєво збільшилась (табл. 37).

Ріст коренів корелятивно зв'язаний з ростом стебел і листків. В процесі росту змінюється співвідношення надземних органів і кореневої системи. За дослідженнями Кочергіної [27] у фазі сходів маса кореневої системи складала 100%, у фазі кушіння – 57,1%, а в наступні фази маса коренів по відношенню



до надземних частин послідовно зменшилася до 16%. В наших дослідження у фазі цвітіння маса коренів відносно надземних органів (коренебезпеченість) на варіанті рядкового посіву рівнялась 18%, смужкового – 19%, а в повній стиглості – відповідно 12 і 11%.

### 2.7.2. Маса абсолютно сухих речовин органів рослин пшениці озимої у фазі повної стиглості

За станом рослин пшениці у фазу цвітіння часто заключають, що рослини закінчили ріст. Але це не так. Вивчення динаміки сухих речовин в вегетативних органах в репродуктивних період показало, що в перші 10–15 днів після цвітіння в сприятливі за погодними умовами роки в верхніх двох міжвузлях і частково в листках цих ярусів маса сухих речовин збільшується, відбувається процес зміцнення тканин.

Спроби відділити листки з листовими піхвами від стебла в цей час спричиняли злом над вузлом, в зоні інтеркалярного росту, внаслідок чого стебло гине. Для старіших ярусів (нижні три) в ці дні характерне зменшення їх маси, а для колоса – збільшення маси. З початком молочної стиглості у всіх ярусах відбувається зменшення маси сухих речовин за рахунок дихання і переважно в зв'язку з відтоком пластичних речовин з живих ще органів до зернівок. Внаслідок цього в стеблах в кінці вегетації сухих речовин значно менше, ніж було їх у фазу цвітіння (табл. 38).

Таблиця 38

Маса абсолютно сухих речовин органів пшениці озимої у фазі повної стиглості, г/м<sup>2</sup>

Способи посіву	Роки							Критерій t <sub>0,5</sub>	
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Середнє	факт.	теорет.
<b>Стебла та стерня</b>									
1. Рядковий	929	1160	-	1107	801	895	978	-	-
2. Смужковий	1060	1396	-	1384	1027	978	1169	-	-
Різниця	131	236	-	277	226	83	191	5,01	2,78
<b>Корені</b>									
1. Рядковий	194	245	212	185	171	161	195	-	-
2. Смужковий	204	239	223	188	192	177	204	-	-
Різниця	10	-6	11	3	21	16	9	2,57	2,57
<b>Зерно</b>									
1. Рядковий	640	697	-	646	648	551	636	-	-
2. Смужковий	722	751	-	715	749	582	704	-	-
Різниця	82	54	-	69	101	31	68	5,65	2,78

На варіанті звичайного рядкового посіву зменшення маси дорівнювало 243 г/м<sup>2</sup> – 20%, смужкового посіву – на 139 г/м<sup>2</sup> – 11%. Непропорційність

різниці між варіантами обумовлена тим, що при відбиранні проб в два строки нелегко вийти на тотожні за розвитком і структурою рослини.

Коренева система до повної стиглості рослин зменшилась порівняно з першим строком обліку в середньому на 12%. Із порівнянням маси кореневої системи по варіантах видно, що перевага за варіантом смужкового посіву.

За даними Бондаренка [27] маса коренів досягає максимальної величини у фазі колосіння. Після колосіння маса коренів зменшується і, особливо, зменшується показник коренебезпеченості, причиною чого вважаємо появу потужного ростового центру – колоса з зернівками, куди переважно направляються пластичні речовини, у тому числі і вуглеводи, а в корені надходження енергетичних речовин зменшується.

Синтез досить великої біомаси вегетативних органів до цвітіння сприяв формуванню високого врожаю зерна на обох варіантах посіву (табл. 39). Так за 5 років середня біологічна врожайність абсолютно сухого зерна відповідно варіантам 1 і 2 рівнялась 636 і 704 г/м<sup>2</sup>, приріст врожайності від смужкового посіву 68 г/м<sup>2</sup>, суттєвий, отримали очікуваний ефект. Вона обумовлена більшою кількістю рослин на 1 м<sup>2</sup> (427 проти 407), а також кількістю продуктивних стебел на 1 м<sup>2</sup> (759 проти 665).

Складові частини сухої біомаси органів рослин пшениці в повній стиглості на досліджуваних варіантах виявилися близькими (табл. 39).

Таблиця 39

**Складові частини абсолютно сухих речовин в повній стиглості пшениці  
(1989–1994 рр.)**

Спосіб посіву	Одиниця виміру	Загальна маса	Зерно	Стебла (солома)	Стерня	Корені
1. Рядковий	г/м <sup>2</sup>	1809	636	809	169	195
	%	100	35,2	44,7	9,3	10,8
2. Смужковий	г/м <sup>2</sup>	2077	704	970	199	204
	%	100	33,9	46,7	9,6	9,8

На зерно приходить третя частина абсолютно сухих речовин від загальної їх кількості (з урахуванням сухих речовин, стерні і коренів). До формування зерна в рослинах синтезувалось 1173–1373 кг/га сухих речовин, що вказує на масштабність процесу фотосинтезу в рослинах і на необхідність його забезпечення факторами життя.

Традиційно прийнято визначати відношення соломи до зерна, але постає питання яке зерно взяти: при стандартній вологості 14%, чи абсолютно сухе?

За рекомендацією Каюмова [28] потрібно брати абсолютно сухе зерно. Друге питання – маса соломи: з урахуванням стерні чи без стерні, на якій висоті зрізу комбайном ~15 см?

Тому отримаємо кілька результатів співвідношень солома : зерно.

1. Солома зі стернею, зерно при стандартній вологості:  
вар. 1 –  $978 : 725 = 1,35$   
вар. 2 –  $1169 : 802 = 1,46$
2. Солома зі стернею, зерно абсолютно сухе:  
вар. 1 –  $976 : 636 = 1,51$   
вар. 2 –  $1169 : 704 = 1,66$
3. Солома без стерні, зерно абсолютно сухе:  
вар. 1 –  $809 : 636 = 1,27$   
вар. 2 –  $970 : 704 = 1,38$
4. Солома без стерні, зерно при стандартній вологості 14 %:  
вар. 1 –  $809 : 725 = 1,12$   
вар. 2 –  $970 : 802 = 1,21$

Вважаємо важливим для сучасних сортів те, що в усіх чотирьох випадках відношення не перевищує «2», як це було характерним для старих сортів. Для оцінки сорту доцільно брати два останні підходи визначення відношень солома : зерно.

### **2.7.3. Біологічні потреби пшениці озимої в елементах живлення в залежності від способів сівби**

Для визначення біологічних потреб пшениці в основних елементах живлення використали дані з маси сухих речовин надземних органів і коренів та відносний вміст в цих органах азоту, фосфору і калію. Результати хімічного аналізу свідчать, що за хімічним складом органів рослин різниця між варіантами способів посіву була незначною.

Суттєвою різниця була за роками в зв'язку з ґрунтово-кліматичними умовами. Так, в кінці цвітіння – на початку формування зерна в надземних органах вміст азоту був у межах 0,81–1,47%, найменший в 1994 р. і найбільший в 1992 р., показники по фосфору і калію стабільніші, відповідно 0,38–0,48 і 1,40–1,88%. У сухій масі коренів в цей строк вміст азоту дорівнював 0,92–1,41%,  $P_2O_5$  – 0,24–0,34%,  $K_2O$  – 0,61–1,05%.

У повній стиглості відносний вміст поживних речовин в вегетативних органах був в кілька разів менший, ніж в кінці цвітіння і склав: N – 0,42–0,57%,  $P_2O_5$  – 0,13–0,18%,  $K_2O$  – 1,18–1,35%. Вміст азоту в зерні тільки в 1992–1993 рр. перевищував два відсотки (2,16–2,26%), в інші роки його було 1,58–1,77%, інтервал вмісту фосфору 0,76–1,00%, калію 0,48–0,7%.

Показники засвоєних елементів живлення за два строки відображено в таблиці 40.

**Біологічні потреби елементів живлення пшеницею озимою у фазу кінець цвітіння – початок формування зерна та в повній стиглості, кг/га**

Спосіб посіву	Роки	Кінець цвітіння – початок формування зерна			Повна стиглість		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Рядковий	1989	170	53,2	213	178	78,5	119
	1990	162	65,6	222	213	79,7	142
	1991	184	58,9	227	-	-	-
	1992	231	63,5	206	245	81,1	147
	1993	166	50,0	191	200	77,2	147
	1994	173	55,7	204	178	70,1	135
	Середні	181	57,8	211	203	77,3	138
Смужковий	1989	192	58,4	226	200	83,2	133
	1990	195	73,4	233	237	88,1	165
	1991	197	62,8	248	-	-	-
	1992	241	70,1	219	254	87,5	168
	1993	188	58,9	229	218	80,0	192
	1994	183	59,0	212	221	83,1	150
	Середні	199	63,8	228	226	84,4	162
Різниця між середніми значеннями	-	18	6,0	17	23,0	7,1	24,0
t <sub>0,5</sub> факт.	-	4,9	6,5	3,8	5,3	2,6	4,2
t <sub>0,5</sub> теор.	-	2,45	2,45	2,45	2,57	2,57	2,57

Представлені результати показують, що засвоєння основних елементів в більшості випадків досягає високих показників уже в кінці фази цвітіння. У репродуктивний період продовжувалось засвоєння рослинами азоту і фосфору із ґрунту. При цьому рослини додатково засвоїли на першому варіанті азоту 2 кг/га (12%), на другому – 27 кг/га (14%), фосфору відповідно варіантам 1 і 2 – 19,5 кг/га (34%) і 20,6 кг/га (32%). Це показує, що рослини пшениці в період наливу зерна інтенсивніше споживали фосфор порівняно з азотом. Вміст калію навпаки за період формування зерна, зменшився на першому варіанті на 73 кг/га (35%), на другому – на 66 кг/га (29%). За наявності такої динаміки елементів живлення слід заключити, що максимальні біологічні потреби пшениці озимої азоту і фосфору приходяться на повну стиглість, калію – на кінець цвітіння.

Із порівняння середніх значень засвоєних елементів живлення (табл. 40) двох варіантів посіву видно, що на варіанті смужкового посіву розосереджене розміщення насіння в ґрунті забезпечило кращі умови кореневого живлення, рослини до наливу зерна поглинули більше азоту на 18 кг/га, фосфору – на 6 кг/га і калію – на 10 кг/га порівняно з рядковим посівом, що позитивно позначилось на врожайності всієї біомаси, у тому числі, пізніше, і на врожайності зерна. Приріст урожаю зерна від смужкового посіву рівнявся

0,68 т/га і різниця в спожитих елементах N, P, K (23–7,1–17 кг/га) приблизно відповідає половині нормативних затрат цих елементів на 1 т зерна.

Для виявлення відмін між максимальними біологічними потребами пшениці в елементах живлення і їх господарським виносом, коли враховується вміст елементів тільки в зерні і соломі, представлені дані в таблиці 41.

Таблиця 41

**Біологічні потреби і господарський винос поживних речовин в залежності від способів сівби**

Спосіб сівби	Біологічні потреби			Господарський винос		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>кг з 1 га</b>						
1. Рядковий	203	77,3	211	172	67,8	115
2. Смушковий	226	84,4	228	192	74,0	134
<b>кг на 1 т зерна</b>						
1. Рядковий	31,9	12,2	33,2	27,0	10,7	18,0
2. Смушковий	32,1	12,0	33,4	27,3	10,5	19,0

Найбільша різниця між біологічними потребами і господарським виносом в кг/га спостерігається по калію, його менше в господарському виносі на 41–45%. Різниця обумовлена відтоком калію в ґрунт (~35%) в період наливу зерна і частиною калію, яка залишилася в поживно-корових залишках. Також менший господарський винос азоту на 15% і фосфору – на 12%. За нашими результатами показники господарського виносу на 1 т зерна вищі від показників, розроблених ученими для Лісостепу: N – 24,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 8,9; K<sub>2</sub>O – 18,1 [29].

Дані з біологічних потреб N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O значно більші і вони точніше відображають особливості живлення пшениці. Розбіжності показують, що при плануванні отримання високих урожаїв зерна пшениці слід в розрахунках норм добрив використовувати більш точні результати з біологічних потреб культури в елементах живлення. Різниця між варіантами в затратах поживних речовин на формування 1 т зерна не значні. Слід врахувати, що в досліді не застосовувалися добрива, ґрунт недостатньо був забезпечений доступним азотом. Про скрутні умови мінерального живлення дещо загущеного посіву пшениці свідчить середня продуктивність колосів – 0,93–0,96 г зерна.

При створенні кращих умов живлення за рахунок добрив, особливо азотних на даному ґрунті рослини пшениці менше засвоюють калію і фосфору, як це видно із порівняння співвідношень між діючими речовинами N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O в попередньому досліді. Так, в досліді зі способами посіву співвідношення в біологічних потребах було таким:

рядковий посів – 41,3 : 15,7 : 43,0;

смушковий посів – 42,0 : 15,7 : 42,3, у попередньому досліді: контроль, без добрив – 40,6 : 16,3 : 43,1;

N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> – 45,8 : 14,7 : 39,5;

N<sub>215</sub>P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> – 45,2 : 14,8 : 40,0.

Ці результати відображають схожість співвідношень на варіантах різних способів посіву і контрольному варіанті попереднього дослід, хоча досліді проведені неодноразово, розрив по території ~3 км, в часі – 10 років. Схожість обумовлена в обох випадках низьким вмістом мінерального азоту в ґрунті. На удобрених варіантах N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> (оптимальні дози) і N<sub>215</sub>P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> (дози на повне задоволення потреб) добрива забезпечили збалансоване кореневе живлення і по близькому до середнього результату співвідношень – 45,8 : 14,7 : 39,5 у співвідношенні підвищилась частка азоту на 4,5 одиниці (45,8–41,3), але зменшилися частки калію на 3,5 (43–39,5) і фосфору на 1 (15,7–14,7). Співвідношення в біологічних потребах вираховане по кількості поживних речовин в кг/га автоматично переходить при розрахунках на 1 т зерна.

Передбачаємо, що в досліді з пізнім позакореневим підживленням, яке підвищує вміст білка і клейковини в зерні пшениці, біологічні потреби азоту на 1 т зерна перевищать 32 кг, а частка азоту у співвідношенні підвищиться до 45,%. Вважаємо доцільним звернути увагу на методи визначення співвідношень між елементами в органах рослин, часто приймають за одиницю азот або фосфор. Наприклад, в роботі [30] у всіх варіантах за одиницю прийнято азот і відносно неї визначені частки фосфору і калію, які поступово збільшуються при постійній частині азоту, значимість елементів ніби затінюється (табл. 42).

Таблиця 42

**Співвідношення між N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O в зерні ячменю, визначені двома методами**

Вміст у ґрунті, мг/100 г ґрунту			Урожай ячменю, ц/га	Винос, кг/га			Співвідношення при N = 1			Співвідношення від суми NPK = 100%		
N- O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2,1	4,4	9,7	29,3	73	25	43	1	0,3	0,6	51,8	17,7	30,5
2,4	6,6	9,0	32,9	83	33	72	1	0,4	0,9	44,1	17,6	38,3
2,6	8,9	10,0	39,1	96	40	105	1	0,4	1,1	39,8	16,6	43,6
3,2	12,3	10,5	36,1	109	52	135	1	0,5	1,2	36,8	17,6	45,6

А як положення з вмістом білка в зерні? Співвідношення, визначені за методом Журбицького, показують процес зниження частини азоту в зерні, а значить і білка, найважливішого компонента рослинної поживної продукції, при переході від першого до останнього варіанта, при одночасному підвищенні частки калію і майже стабільній частині фосфору.

**2.7.4. Повернення органічних і мінеральних речовин у ґрунт**

Серед багатьох показників родючості ґрунту найбільшу увагу заслуговують ті, що найбільше впливають на врожай сільськогосподарських культур і, які можна регулювати агротехнічними заходами – це вміст гумусу та рухомих форм поживних речовин, кислотність, фізичні властивості ґрунтів.

Гумус відіграє важливу роль в ґрунтоутворенні завдяки участі у кругообігу та акумуляції значної частини зольних елементів. Велике значення органічних речовин ґрунту в забезпеченні рослин азотом, фосфором, сіркою і рядом мікроелементів [31].

Для можливого обліку поповнення органічних і мінеральних речовин нами визначено повернення їх у ґрунт після збирання врожаю. За середніми даними із двох варіантів посіву господарський винос поживних речовин рівнявся: N – 182, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 71, K<sub>2</sub>O – 125 кг/га. Без внесення добрив в даному досліді (агротехнічні умови близькі до виробничих) фактично відображається від’ємний баланс поживних речовин, виснаження ґрунту, чого неможливо допускати, піклуючись про збереження родючості ґрунту. Наведено два варіанти повернень: 1 – зі стернею і кореневою системою, 2 – повернення всіх рослинних решток – солома, стерня, корені (табл. 43).

Таблиця 43

### Повернення органічних і мінеральних речовин у ґрунт

Варіанти посіву	Стерня, корені, т/га	Елементи живлення, кг/га			Солома, стерня, корені, т/га	Елементи живлення, кг/га		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Рядковий	3,8	32,4	5,2	25,0	11,9	66,3	15,7	94,8
2. Смушковий	4,4	34,8	5,7	28,1	14,1	70,7	18,6	101,6

При відчуженні з поля зерна і соломи на ґрунт припадає відповідно варіантом 1 і 2, 3,8 і 4,4 т/га органічних решток, з яких 1/5 частина перейде в гумус (0,76 і 0,88 т/га), що забезпечить бездефіцитний баланс гумусу. Якщо з поля зібрали тільки зерно, то положення з надходженням рослинних решток краще – на полі їх може залишитись 11,9 і 14,1 т/га. Для одного поля надто багато. Можна висоту зрізу стебел підвищити до ~ 35 см, тоді приблизно 40 % маси соломи залишиться на полі у вигляді високої стерні, іншу частину соломи можна застосувати на другому полі, або використати для приготування компостів, чи на підстилку тваринам.

Мінеральних речовин повертається теж значна кількість – азоту зі стернею і коренями рівно біологічним витратам на 1 т зерна, фосфору – близько половини. Залишаючи на полі всі рештки, крім зерна, величини повернення зростають більш ніж у два рази (табл. 43). Найбільше повертається в ґрунт калію, «вільного» елемента, який в рослинах немає міцних зв’язків з органічними сполуками.

Визначення балансу калію в рослинах складніше, ніж азоту або фосфору. Головна причина в тому, що значна частина калію (35–50 %) після цвітіння злакових втрачається, в зв’язку з цим результати хімічних аналізів нестабільні. Ми визначили приблизний баланс калію, прийнявши величину втрат 40 % від біологічних потреб, а вміст калію в зерні 0,50 %. За двома цими показниками в рослинні рештки не включили відповідно варіантам 1 і 2 116,2 і 126,4 кг/га калію. Залишок на полі калію в соломі, стерні, кореневій системі загалом склав 94,8 і 101,6 кг/га, а з урахуванням раніше втраченого калію в ґрунт повертається 179,2 і 192,8 кг/га, або 85 % від біологічних потреб, азоту ж повертається в середньому 32 %, а фосфору 21 %. Таке можливе надходження органічних і мінеральних речовин сприятиме збереженню родючості ґрунту і поліпшенню в ньому балансу гумусу.

## Висновки

1. Біологічні потреби зростають зі збільшенням синтезу маси вегетативних органів при оптимальній густоті стеблестою (400–600 шт/м<sup>2</sup>). Під впливом добрив синтез органічних речовин підвищується від сходів до воскової стиглості. Від маси вегетативних органів залежить урожай основної продукції.

2. При рівні врожаю зерна ~57–69 ц/га біологічні потреби азоту, фосфору, калію кг/га суттєво більші від господарського виносу як в кг з 1 га, так і в кг на 1 т зерна і рівняються по азоту 215–228 кг/га, по фосфору 74–81, по калію – 201–220 кг/га. Найбільші різниці порівняно з господарським виносом по калію і азоту, менші – по фосфору.

3. При зрівноваженому забезпеченні елементами мінерального живлення вважаємо оптимальним співвідношенням в біологічних потребах N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O як 45,3 : 14,7 : 40,0, або N : P : K як – 53,5 : 7,6 : 38,9. При недостатньому забезпеченні ґрунту доступним азотом у співвідношенні зменшується частка азоту і збільшуються частки калію і фосфору. Незважаючи на великі різниці в нормах добрив співвідношення стабільні, проявляється вибіркова здатність рослин пшениці, що генетично обумовлена. Співвідношення в засвоєних елементах живлення краще визначати в % від суми елементів, яку приймають за 100%. При розрахунку норм добрив на запланований приріст врожаю бажано використовувати дані біологічних витрат елементів на 1 т зерна.

## Список літератури до другого розділу

1. Петербургский А.В. Агрoхимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М. : Россельхозиздат, 1971. – 334 с.
2. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М. : Изд. АН СССР, 1963. – 294 с.
3. Михайлов Н.Н. Определение потребности растений в минеральных удобрениях / Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер. – М. : Колос, 1973. – 256 с.
4. Афендулов К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афендулов, А.И. Лантухова. – М. : Колос, 1973. – 240 с.
5. Станков Н.З. Корневая система полевых культур / Н.З. Станков. – М. : Колос, 1964. – 280 с.
6. Агрономическая химия / под ред. А.Г. Шестакова. – М. : ГИСХЛ, 1954. – 431 с.
7. Никитишен В.И. Диагностика минерального питания озимой пшеницы по химическому составу листьев / В.И. Никитишен // Агрoхимия. – 1961. – № 1. – 44 с.
8. Чуб М.В. Корневая система озимой пшеницы при внесении удобрений / М.В. Чуб, Н.Н. Опара // Агрoхимия. – 1975. – № 4. – С. 86–89.
9. Лясковский Г.М. Об Исследования по физиологии и биохимии растений / Г.М. Лясковский, С.Н. Сергиенко, В.Н. Шередека // Тр. Харьк. СХИ, т. 78 (115). – К., 1969.
10. Носатовский А.И. Пшеница. Биология / А.И. Носатовский. – 2-е изд., доп. – М. : Колос, 1965. – 563 с. : ил.



11. Горшков П.А. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на формирование урожая озимой пшеницы и его качество / П.А. Горшков, В.М. Макаренко // *Агрохимия*. – 1970. – № 6. – С. 41.
12. Пшеница / Кол. авторів. – К. : Урожай, 1977. – 428 с.
13. Нечипорович А.А. Фотосинтез и некоторые принципы применения удобрений как средства оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений / А.А. Нечипорович // *Агрохимия*. – 1971. – № 1. – С. 3–13.
14. Юркин С.Н. Влияние почвенно-климатических условий и удобрений на расход основных элементов питания урожаем пшеницы / С.Н. Юркин, Е.А. Пименов, Н.Б. Макаров // *Агрохимия*. – 1978. – № 8. – С. 15.
15. Гармашов В.Н. Вынос азота, фосфора и калия с урожаем полукарликовых сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий минерального питания / В.Н. Гармашов, Г.К. Яценко, Ю.А. Калус, А.Н. Селиванов // *Агрохимия*. – 1986. – № 10. – С. 39–53.
16. Козлов М.В. Агрохімічне забезпечення високопродуктивних технологій вирощування зернових культур / М.В. Козлов, А.А. Плішко. – К. : Урожай, 1991. – 232 с.
17. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / за ред.: П.О. Дмитренко, М.К. Крупського, І.Г. Демиденка. – 3-тє вид. – К. : Урожай, 1975. – 344 с.
18. Довідник працівника агрохімслужби / Б.С. Носко, А.О. Христенко, М.В. Лісовий [та ін.]; за ред. Б.С. Носка. – 2-ге вид., переб. і доп. – К. : Урожай, 1991. – 264 с.
19. Лавриченко В.М. Соотношение элементов питания в растениях как видовое генотипическое явление / В.М. Лавриченко, З.И. Журбицкий // *Агрохимия*. – 1976. – № 9. – С. 135–141.
20. Журбицкий З.И. Определение потребности растений в питании и удобрении по соотношению NPK / З.И. Журбицкий, В.М. Лавриченко ; ВНИИТЭИСХ. – М., 1982. – 64 с.
21. Захарченко І.Г. Основні питання вивчення родючості ґрунтів в інтенсивних спеціалізованих сівозмінах / І.Г. Захарченко // *Землеробство : респ. між від. тем. наук. зб.* – К. : Урожай, 1980. – Вип. 51. – 112 с.
22. Загорча К.Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах / К.Л. Загорча. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 288 с.
23. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / В.В. Медведєв, Г.Я. Чесняк, Т.М. Лактіонова [та ін.] ; за ред. В.В. Медведєва. – К. : Урожай, 1992. – 248 с.
24. Скрипник В. Завод з виробництва палива розпочав роботу на Вінниччині / В. Скрипник // *Голос України*. – 2012. – № 202. – С. 8.
25. Бобро М.А. Накопичення органічних речовин і винос елементів живлення озимою пшеницею в залежності від способів посіву / М.А. Бобро, Г.Ф. Ольховський, О.В. Чигрин [та ін.] // *Вісник ХДАУ : зб. наук. пр. / Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва*. – Х. : ХДАУ, 1997. – С. 4–12.
26. Огурцов Є.М. Соя в Східному Ліссестепу України / Є.М. Огурцов ; за ред. М.А. Бобро. – Х., 2008. – 270 с.
27. Физиология сельскохозяйственных растений : в 12 т. / Ред. коллегия ; отв. ред. П.А. Генкель. – Москва : Изд-во МГУ, 1969. – Том IV. Физиология пшеницы. – 555 с.
28. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев / М.К. Каюмов. – М. : Россельхозиздат, 1977. – 187 с.
29. Удобрення польових культур при інтенсивних технологіях вирощування / Б.С. Носко, В.Ф. Сайко, Г.Р. Пікуш [та ін.] ; за ред. А.Я. Буки, Г.Г. Дуди. – К. : Урожай, 1990. – 208 с.
30. Носко Б.С. Поглощение фосфора растениями из почв с различным фосфатным уровнем / Б.С. Носко // *Агрохимия*. – 1985, № 7 – С. 26.
31. Оптимизация питания и продуктивность сельскохозяйственных растений / ред. коллегия: С.И. Тома, Э.Н. Кирилова, С.Г. Великсар ; ред. С.И. Тома. – Кишинев : Штиинца, 1982. – С. 76–95.

### Розділ 3. РОЗПОДІЛ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПО ОРГАНАМ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ЇХ РЕУТИЛІЗАЦІЯ В ПРОЦЕСІ НАЛИВУ ЗЕРНА



#### 3.1. Накопичення сухих речовин в органах рослин пшениці озимої в залежності від норм добрив

У попередньому розділі показані біологічні і господарські потреби елементів кореневого живлення пшеницею при рівні врожаю зерна біля 30 ц/га, і високих урожаях зерна – 60–70 ц/га. Для поглибленого уявлення, як формуються різні рівні врожаїв необхідно мати інформацію про масу органів рослин пшениці, розподіл елементів живлення по органах рослин пшениці і їх використання на формування зерна [1]. Для цього необхідні результати обліку маси органів (сухих речовин) та вмісту в них елементів живлення.

Дія добрив починається при проростанні насіння, і вже у фазі кущіння було відмічено суттєву різницю в накопиченні сухих речовин: на контрольному варіанті за середніми даними за три роки (1982, 1983, 1985) 14,8 г на 100 рослин, на удобрених варіантах – 27,7 і 38,8 г, або більше на 87 і 162%. На удобрених варіантах інтенсивніше росли головні стебла, а особливо, стебла кущіння, які за масою сухих речовин перевищували показники контрольного варіанта в 5–12 разів. У період найбільшого інтенсивного росту – вихід в трубку – колосіння частина стебел кущіння випала, але їх коренева система, зв'язана з вузлом кущіння, продовжувала забезпечувати функціонуєчі стебла водою і поживними речовинами. На удобрених варіантах синтез органічних речовин на 100 рослин в середньому за три роки перевищував контроль на 55% і 78%, що сприяло формуванню високого врожаю зерна (табл. 23).

Маса органів рослин пшениці (суха речовина) перед наливом зерна за варіантами дослідів виявилася різною (табл. 44).

На дану фазу росту три зародкові листки уже відмерли, тому в таблиці представлені п'ять ярусів стеблових листків і відповідних до них п'ять ярусів міжвузлів. Для всіх варіантів характерне збільшення маси органів від нижнього ярусу до верхнього. Так, маса листків на варіантах 1–2–3 збільшилася в 4–5,2–6,5 рази, міжвузлів – у 3,6–3,3–2,6 рази. Не завжди міжвузля і листки п'ятого ярусу мали найбільшу масу. У посушливих умовах в другій половині травня ріст органів п'ятого ярусу гальмується.

За даними Овчиннікова [2] з підвищенням ярусу листка збільшується активність його меристеми, ембріональна тканина кожного наступного листка забезпечується все більшою кількістю асимілятів, які виробляються все більшою листковою поверхнею. З підвищенням ярусу листка збільшується кількість клітин, а розміри їх зменшуються, і чим вище ярус листка, тим у більшому ступені розміри самого листка обумовлені кількістю клітин, а не їхньою величиною. Процеси ділення і розтягування клітин не однакові в листках різних ярусів.

**Маса сухих речовин в органах головних стебел пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна в залежності від норм добрив, г на 100 стебел (середні за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Органи рослин	Варіанти			Різниця порівняно з контролем	
	Контроль	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>
1-і листки	3,67	4,53	3,73	0,86	0,06
2-і листки	5,27	8,37	8,70	3,10	3,43
3-і листки	9,47	12,40	14,00	2,93	4,59
4-і листки	13,97	17,40	18,13	3,43	4,16
5-і листки	18,20	23,33	24,23	5,13	6,03
Сума	36,61	66,03	68,79	15,45	18,21
1-і міжвузля	7,03	10,57	12,77	3,54	5,74
2-і міжвузля	12,93	16,83	22,86	3,90	9,93
3-і міжвузля	16,96	21,13	22,60	4,17	5,64
4-і міжвузля	22,76	26,76	27,26	4,00	4,50
5-і міжвузля	24,93	34,50	33,63	9,57	8,70
Колоси	29,00	41,86	40,58	12,86	11,58
Зернівки	6,53	8,70	10,70	2,17	4,17
Сума	120,14	157,19	171,02	40,21	50,26
Загальна сума	156,75	223,22	239,81	66,5	83,6

Під впливом добрив маса коренів на удобрених варіантах (2 і 3) збільшилася на 13–12% (табл. 22). Надземні органи краще реагували на внесені добрива: маса сухих речовин листків головних стебел на варіанті 2 збільшилась на 29 г – 80%, на варіанті 3 на 32 г – 88%; збільшилася також маса сухих речовин міжвузлів і колосів (за сумою) на варіанті 2 на 37 г – 31%, на варіанті 3 – на 51 г – 42%.

Наведені результати показують, що оптимізація умов мінерального живлення сприяє переважно кращому росту головного фотосинтетичного органу рослини – листка. Збільшення маси сухих речовин в листках, міжвузлях і колосах обумовило зростання маси всього головного стебла на варіантах 2 і 3 відповідно на 43% і 53%.

Ще сильніше вплинули добрива на процес кушіння пшениці. Коефіцієнт продуктивного кушіння на контрольному варіанті рівнявся 1,1, на удобрених N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> і N<sub>215</sub>P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> відповідно 1,5 і 1,7. Слід відмітити, що визначення кушіння у фазі цвітіння, коли кілька рослин зрослись в «кущ», пов'язано з труднощами, через які можуть бути помилки, так як в групу вторинних стебел можуть попасти головні стебла. Спостерігається велика різниця між вторинними стеблами за величиною, так що говорити про синхронний їх розвиток в даних ґрунтово-кліматичних умовах немає підстави. Результати аналізу органів стебел кушіння наведено в таблиці 45.

За синтезованою масою сухих речовин в органах стебел кушіння по ярусам спостерігається така ж закономірність як і в головних стеблах. Варіанти із застосуванням добрив (2 і 3) по масі листків переважають контрольний

варіант відповідно на 84% і 155%, а за сумарною масою міжвузлів і колосів – на 107% і 150%. Якщо на головних стеблах добрива сильніше впливали на приріст маси листків, то на стеблах кущіння спостерігається майже однакова дія добрив на приріст маси листків і міжвузлів. Вирівняний ефект пояснюється зменшенням висоти стебел кущіння.

Таблиця 45

**Маса сухих речовин в органах стебел кущіння пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна в залежності від норм добрив, г на 100 стебел (середні за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Органи рослин	Варіанти			Різниця порівняно з контролем	
	Контроль	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>
1-і листки	0,63	2,77	3,97	2,14	1,51
2-і листки	3,80	5,20	8,10	1,40	4,30
3-і листки	5,27	9,40	12,23	4,13	6,96
4-і листки	6,27	11,97	14,43	5,70	8,16
5-і листки	6,63	12,23	18,80	5,60	12,17
Сума	22,60	41,57	57,53	18,97	33,10
1-і міжвузля	2,60	6,93	8,87	4,33	6,27
2-і міжвузля	6,20	11,07	14,60	4,87	8,10
3-і міжвузля	6,53	12,30	14,83	5,77	8,30
4-і міжвузля	6,37	14,47	17,13	8,10	10,76
5-і міжвузля	5,33	9,93	14,17	4,60	8,84
Колоси	11,20	24,50	26,20	13,30	15,00
Зернівки	1,53	3,20	3,40	1,67	1,87
Сума	39,76	82,40	99,20	42,64	59,44
Загальна сума	62,36	123,97	156,73	61,61	92,54

У цілому різниця в синтезі органічних речовин в стеблах кущіння між контрольним варіантом і удобреними (2 і 3) складає відповідно 61,6 г (99%) і 94,4 г (151%). Загальна сума мас сухих речовин в органах головних і вторинних стебел на 100 рослин на контрольному варіанті склала 219 г, на варіанті 2 – 347, на варіанті 3 – 398 г, порівняно з контрольним на удобрених варіантах більше на 58,5% і на 82%. Наведені дані відображають в деталях різні «запаси» органічних речовин на варіантах досліду перед наливом зерна, які обумовили різні рівні врожаїв зерна, що було показано в попередньому розділі (табл. 30).

В цих дослідах застосовано основне добриво до посіву, одноразове внесення. При непромивному режимі ґрунту основне добриво забезпечує непереривне, постійне живлення рослин, що сприяє реалізації їх генетичного потенціалу. Внесення добрив в роздріб, в кілька підживлень має ризики. Підживлення може запізнитись, наступить розрив в живленні і це негативно позначиться на рості рослин.

### 3.2. Вміст основних елементів мінерального живлення в органах рослин пшениці і співвідношення між ними

Крім результатів нагромадження сухих речовин, вважаємо необхідним розглянути вміст елементів мінерального живлення в органах стебел, перед наливом зерна, з метою спрощення порівняння результатів хімічного аналізу варіанти зближені і позначені цифрами: 1 – контроль; 2 –  $N_{120}P_{60}K_{30}$ , 3 –  $N_{215}P_{180}K_{120}$ . В органах стебел усіх варіантів досліду вміст елементів мінерального живлення підвищується від першого до п'ятого ярусу. У листках він більший, в міжвузлях – менший, що відображає функціональну активність органів різних ярусів (табл. 46).

Таблиця 46

**Вміст елементів живлення в головних стеблах у фазі цвітіння – початок формування зерна в % на абсолютно суху речовину (середні значення за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Органи стебла	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Листки									
1-і	0,64	0,55	0,68	0,17	0,17	0,35	1,16	1,15	1,49
2-і	0,92	1,10	1,29	0,29	0,27	0,40	1,79	2,04	2,66
3-і	1,24	1,73	1,88	0,45	0,37	0,50	2,24	2,35	2,79
4-і	1,74	1,90	2,21	0,58	0,58	0,54	2,33	2,48	2,76
5-і	1,78	2,32	2,54	0,58	0,52	0,58	1,89	1,90	2,50
Міжвузля									
1-і	0,33	0,39	0,64	0,15	0,15	0,23	1,04	0,86	1,14
2-і	0,33	0,36	0,50	0,20	0,15	0,29	1,14	0,85	1,36
3-і	0,38	0,41	0,65	0,27	0,23	0,37	1,29	1,24	1,72
4-і	0,65	0,73	1,10	0,40	0,35	0,40	1,55	1,68	2,10
5-і	1,27	1,49	2,21	0,72	0,62	0,65	1,67	1,61	1,83
Колоси	1,43	1,49	1,86	0,58	0,52	0,58	1,29	1,33	1,34
Зернівки	3,54	3,46	3,64	1,10	1,20	1,20	1,36	1,33	1,39

Під впливом добрив збільшився вміст азоту в усіх органах. Вміст фосфору збільшився в листках і міжвузлях стебел третього варіанта. Спостерігались випадки зменшення концентрації фосфору (вар. 2 і 3), що пояснюється накопиченням більшої маси органічних речовин порівняно з контрольним варіантом. Вміст калію підвищився в листках удобрених варіантів і міжвузлях варіанта 3. У зернівках (зародках) маємо високий вміст N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O порівно з умістом їх в зерні в повній стиглості. Результати аналізів органів стебел кушіння подібні до розглянутих.

В літературі є різні твердження відносно взаємодії азоту і фосфору в живленні рослин. У наших дослідженнях без винятків виявлено позитивний зв'язок між азотом і фосфором, хоча азоту завжди в рослинах більше ніж

фосфору. Коефіцієнти кореляції між вмістом азоту і фосфору в зелених органах рослин пшениці завжди перевищували 0,90.

### 3.2.1. Співвідношення між елементами мінерального живлення в органах рослин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна

Вміст елементів мінерального живлення в органах пшениці деталізує хімічний склад стебел, який пов'язаний з функціями органів, при цьому підвищується точність досліджень, бо кожний сусідній орган зверху чи знизу можна вважати як контрольний. Ще глибше розкриває властивість рослин визначення співвідношень між засвоєними елементами живлення. В агрохімічній літературі поширений метод визначення співвідношень, коли за одиницю приймають фосфор або азот і відносно цієї одиниці визначають частку двох інших елементів. Недолік цього методу – недостатньо висвітлюється значимість елементів в живленні рослин.

Журбицький З.І. [3] повідомляє, що в даний час прийнято знаходити співвідношення за формулою  $N+P+K=100\%$ . За 100% приймають суму відносного або валового вмісту елементів і від неї визначається частка кожного елемента у %. За цим методом нами визначені співвідношення між елементами в органах стебел пшениці, результати представлено в таблиці 47.

Зауважимо, що листки перших двох ярусів у фазі цвітіння вже були сухими, тому за хімічним складом вони відрізняються від живих листків, у співвідношенні між елементами можуть бути відхилення від істини.

Таблиця 47

#### Співвідношення між N:P:K в органах головних стебел пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна (у частках від 100%)

Органи стебла	Контроль			N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>			N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Листки									
1-і	38,1	4,5	57,4	34,9	4,8	60,3	33,0	7,3	59,7
2-і	36,3	5,1	58,6	37,7	4,1	58,2	35,2	4,7	60,1
3-і	37,6	5,9	56,4	45,2	4,2	50,5	42,6	4,9	52,5
4-і	44,3	6,4	49,3	46,1	4,2	49,7	46,6	5,1	48,4
5-і	49,6	7,0	43,5	56,2	5,5	38,3	52,3	5,1	42,6
Міжвузля									
1-і	25,9	5,2	69,0	33,3	5,6	61,1	38,1	5,8	56,1
2-і	24,0	6,4	69,6	31,7	5,8	62,5	34,1	6,8	59,1
3-і	24,1	7,6	68,3	32,0	5,9	62,1	35,4	6,6	58,0
4-і	31,8	8,1	60,1	31,9	6,7	61,4	36,1	6,8	57,1
5-і	42,7	10,6	46,7	50,0	9,1	40,9	55,2	7,1	37,8
Колоси	52,0	9,1	39,0	52,8	8,2	39,0	57,8	7,8	34,4
Зернівки	68,7	9,3	22,0	68,1	10,2	21,7	68,5	9,8	21,7

Дані таблиці 47 показують перевагу у всіх органах калію, на другому місці – азот, на третьому – фосфор. Упродовж вегетації азот і калій міняються місцями. У співвідношеннях повторюються ті особливості, які були характерними для вмісту елементів у %, але відміни між органами і варіантами проявились дещо чіткіше. У листках і міжвузлях під впливом добрив зросли частки азоту, що підкреслює особливу важливість N в молодих органах, де відбувається інтенсивний синтез органічних речовин. За часткою азоту в листках і міжвузлях органи стебел пшениці контрольного варіанта явно поступаються відповідним показникам удобрених варіантів, що відображає недостачу азоту в ґрунті і це проявилось в 10 позиціях. Але в цих органах збільшилась частка фосфору. Може в такому випадку відбулася мобілізація ферментів, які містять фосфор, для покращення засвоєння азоту?

Співвідношення в органах різних ярусів неоднакові. Спостерігається зростання часток азоту і фосфору в органах стебла знизу вгору (3–5 яруси). Міжвузля, як провідні системи, виділяються більшою часткою фосфору і меншою азоту порівняно з листками. У зернівках, які почали формуватися, найбільші частки азоту і фосфору, і найменші калію.

Незважаючи на великі відміни між варіантами в забезпеченні рослин елементами мінерального живлення, особливо виділяється в цьому відношенні третій варіант, в якому майже в три рази більше від біологічних потреб внесли фосфору ( $P_2O_5$ ), частки P у співвідношенні майже однакові з показниками другого варіанту.

Якщо взяти до уваги співвідношення по варіантам окремо в листках і окремо в міжвузлях (табл. 47), то по цим блокам вони схожі. Різні умови мінерального живлення суттєво не змінили співвідношення між елементами, мінерального живлення, проявилась вибіркова здатність кореневої системи в засвоєнні елементів живлення, обумовлена генетичною програмою, це значить, що співвідношення між елементами живлення в рослинах даного виду в адаптованих (нормальних для росту і розвитку рослин) умовах не залежить від ґрунтово-кліматичних умов сорту, агротехніки [3].

### **3.2.2. Валовий вміст елементів живлення і співвідношення в органах стебла пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна в залежності від норм добрив, у мг на 100 стебел (середні дані за 1982, 1983, 1985 рр.)**

На підставі даних з маси сухих речовин в органах стебла пшениці і відносного вмісту в них елементів живлення визначили валовий уміст їх, як стартовий «запас» перед наливом зерна. Результати (табл. 48) по варіантам зближені, як це було прийнято в попередній таблиці.

Вражає строкатість результатів, але спостерігається і системність. Валовий вміст N,  $P_2O_5$  і  $K_2O$  збільшується в органах від першого до 5-го ярусу.

**Валовий вміст елементів мінерального живлення в органах головних стебел пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна в залежності від норм добрив в мг на 100 стебел (середні дані за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Органи стебла	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Листки									
1-ї	25	25	25	6	8	13	43	52	56
2-ї	49	92	112	15	23	34	94	171	231
3-ї	117	215	263	43	46	70	212	291	390
4-ї	243	331	401	81	101	98	326	432	500
5-ї	324	541	615	106	121	141	344	443	606
Сума	757	1204	1416	251	299	356	1019	1389	1783
Міжвузля									
1-ї	23	41	82	11	16	29	73	91	146
2-ї	43	61	114	26	25	66	147	143	311
3-ї	64	87	147	46	49	84	219	262	389
4-ї	148	195	300	91	94	109	352	450	573
5-ї	317	514	743	180	214	219	416	556	615
Колоси	415	624	755	168	218	235	374	557	544
Сума	1010	1522	2141	522	616	742	1581	2059	2578
Зернівки	231	301	390	72	104	128	89	116	149

За сумарним умістом елементів переважає калій, на другому місці – азот, на третьому – фосфор. За сумами установили більшу кількість елементів в міжвузлях ніж в листках, але в жодному ярусі не виявили великого накопичення елементів, яке б відповідало терміну «запас», який дуже часто застосовується в літературних джерелах, тому слово «запас» взяли лапки.

Найбільша кількість поживних речовин в молодих органах – 3–5-й яруси. Валовий вміст відображає неоднорідність органів за хімічним складом, різниці суттєві, що необхідно враховувати при відборі зразків рослин для хімічного аналізу.

Відчутний вплив добрив на накопичення як сухих речовин в органах стебла пшениці, так і елементів живлення. За сумарним умістом в листках варіантів 2 і 3 накопичилось більше азоту на 59 і 87%, фосфору – на 19 і 42%, калію – на 36 і 75%; в міжвузлях азоту більше на 51–112%, фосфору – на 18–42% і калію – на 30–63%.

Вважаємо доцільним надати інформацію про співвідношення між елементами за валовим їх умістом у цілих стеблах, коли фосфор і калій представлені оксидами, і другий варіант – поживні речовини позначені N, P, K (табл. 49).



**Співвідношення між елементами живлення за валовим їх умістом в стеблах  
пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зерна,  
у % від суми елементів**

Варіанти	Вміст елементів, мг на 100 стебел		Співвідношення			Вміст елементів, мг на 100 стебел (в перерахунку на елемент)		Співвідношення		
	елементи	сума	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	елементи	сума	N	P	K
Контроль без добрив	N – 1767					N – 1767				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 773	5140	34,4	15,0	50,6	P – 337	42,62	41,5	7,9	50,6
	K <sub>2</sub> O – 2600					K – 2158				
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	N – 2726					N – 2726				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 915	7089	38,5	12,9	48,0	P – 399	59,86	45,5	6,7	47,8
	K <sub>2</sub> O – 3448					K – 2861				
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	N – 3557					N – 3557				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 1098	9016	39,5	12,2	48,3	P – 479	76,55	46,5	6,3	47,2
	K <sub>2</sub> O – 4361					K – 3619				

Результати співвідношень між елементами живлення показують явні відставання контрольного варіанта в засвоєнні азоту порівняно з удобреними. На відміну від удобрених в стеблах цього варіанта накопичилось більше фосфору і калію, а в стеблах удобрених зросла частка азоту і зменшились частки фосфору і калію.

Співвідношення, визначені від суми N+P+K виявили значно більшу частку азоту (на 18–20%), і зменшення частки фосфору в 1,9 рази, що точніше відображає потреби рослин пшениці в основних елементах живлення. Зазначимо, що і при такому методі обчислень співвідношень різниці між варіантами збереглися.

Дані по азоту дозволяють заключити, що хімічний склад рослин при внесенні добрив змінюється в бік того елемента, якого мало в ґрунті. Співвідношення між елементами на удобрених варіантах майже однакові, що свідчить про досягнуте, збалансоване кореневе живлення рослин пшениці, при якому відношення N:P у межах 6,8–7,4.

За результатами валового вмісту елементів живлення в окремих органах або в цілих стеблах визначили вміст елементів в одному стеблі перед наливом зерна, на контрольному варіанті в міліграмах він був таким: N – 17,7; P – 3,4; K – 21,6; на варіанті 2 – відповідно – 27,3–4,0–28,6; на варіанті 3 – 35,6–4,8–36,2.

У накопиченні сухих речовин в стеблах кушіння різниця між контрольним варіантом і удобреними виявилась більшою порівняно з різницею між головними стеблами, що пояснюється меншим продуктивним кушінням і гіршим ростом рослин (табл. 50).

**Маса сухих речовин і валовий уміст елементів мінерального живлення в стеблах  
кущіння у фазі цвітіння – початок формування зерна  
(середні значення за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Варіанти	Маса сухих речовин, г/100 рослин	Валовий уміст елементів, мг на 100 рослин			Співвідношення в % від суми елементів		
		N	P	K	N	P	K
Контроль	63,3	520	92,5	723	38,9	6,9	54,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	126,9	1257	161,1	1502	43,1	5,5	51,4
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	164,7	2146	260,1	2119	47,4	5,8	46,8

Відміни між варіантами в хімічному складі органів такі ж, які були характерні для головних стебел.

### 3.3. Ряди вмісту макро- і мікроелементів в ґрунті і в органах рослин пшениці залежно від добрив

Як відомо, рослини здатні поглинати з ґрунту майже всі хімічні елементи періодичної системи, але фізіологічно та біохімічно необхідними є лише частина відомих елементів – усього 19 макро- і мікроелементів [4]. Питання розподілу цих елементів живлення по органах вирощуваних рослин, а разом з тим і вплив такого розподілу на врожайність та якість продовольчої продукції є актуальним, але ще залишається без переконливої відповіді. Сказане спонукало дослідити закономірності надходження з ґрунту (чорнозем типовий) та локалізації в органах найважливішої продовольчої рослини, якою є пшениця озима, ряду елементів, які споживаються переважно у формі катіонів [5]. Серед досліджених елементів особливу увагу було приділено важким металам (ВМ), серед яких є біогенні мікроелементи (Zn, Cu, Mn, Co) і біоцидні забруднювачі ґрунтів, рослинної продукції біосфери в цілому (Pb, Cd та ін.) [6].

Мета досліджень – порівняти вміст біогенних та абіогенних елементів, зокрема важких металів в озимій пшениці на різних за поживним режимом варіантах чорнозему типовому саме в екологічному аспекті, який актуалізувався за сучасних умов землегосподарювання, ускладнених проблемами охорони природного навколишнього середовища. Розподіл елементів зумовлений фізіологічними функціями органів (листки – фотосинтез, транспірація, відтік пластичних речовин, стебла – рух поживних речовин і метаболітів, води, забезпечення тургору тощо), а з іншого боку надає достовірну інформацію для контролю точності аналізів через порівняння результатів аналізу сусідніх органів. Отримані результати удосконалюють існуючі методи діагностування режиму живлення вирощуваних рослин.

Об'єктом досліджень були зразки чорнозему типового глибокого важкосуглинкового з ділянок варіантів польового досліду: 1) неудобрений контроль; 2) N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>90</sub> – рекомендовані норми добрив; 3) N<sub>208</sub>P<sub>132</sub>K<sub>140</sub> – норми розраховані на повне забезпечення потреб пшениці озимої в головних елементах живлення. На цих же ділянках були відібрані зразки пшениці у фазі

цвітіння – початок формування зерна. Уміст хімічних елементів визначили методом атомно-емісійного аналізу амонійно-оцтової витяжки із проб ґрунту та солянокислого розчину золи рослин з використанням індукованої плазми на кафедрі агрохімії МДУ ім. М.В Ломоносова за участю І.А. Соловйова (1986 р.).

Головні стебла рослин пшениці були розділені на органи в такому порядку: 5-ті листки представлені верхніми листками на стеблі (п'ятий ярус); 4-ті листки розташовані нижче п'ятих, 3-ті нижче четвертих; 2 нижніх яруси листків об'єднали, вони втратили на цей час свої функції, проте вміщували у відповідній кількості поглинуті поживні елементи. Синхронно листкам були відібрані міжвузля за ярусами зверху донизу. Листки для аналізу виділяли с листковими піхвами, тож міжвузля є складовою частиною стебел, яким притаманні провідна і транспортуюча фізіолого-біохімічні функції. Прискіпливу увагу приділено концентрації і розподілу хімічних елементів в органах рослин пшениці озимої у фазі цвітіння – початок формування зернівок, коли ріст у висоту закінчується і наближається до завершення накопичення органічних речовин у вегетативних органах [7]. Інформація про розподіл елементів по органам є важливою для діагностики функціонального їх призначення, а отже, й складання нормативів забезпечення вирощуваних рослин елементами живлення, у тому числі й з урахуванням процесу реутилізації окремих елементів при формуванні зернівок, від чого безумовно залежить і біологічна якість продовольчої продукції.

Таблиця 51

**Розподіл хімічних елементів по органах пшениці озимої у фазі цвітіння (5, 4, 3, 2, 1 листки і міжвузля) та в повній стиглості (зернівки) на різних за поживним режимом варіантах чорнозему типового (К<sub>0</sub> – контроль без добрив; У<sub>д</sub> – N<sub>208</sub>P<sub>132</sub>K<sub>140</sub>), мг/кг (Са–Сг), мкг/кг (Pb, Со, Cd) на суху речовину**

Органи	Варіанти	Са	Mg	Al	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Со	Cd	
Листки	5	К <sub>0</sub>	3800	800	43	47	25	16	8	4	4,5	4,7	400	80	24
		У <sub>д</sub>	5300	1470	59	68	59	42	8	3	3,3	3,9	440	40	32
	4	К <sub>0</sub>	2900	410	58	68	18	14	2	3	3,3	6,7	400	80	8
		У <sub>д</sub>	5200	1430	55	69	52	34	5	4	4,1	5,1	440	120	60
	3	К <sub>0</sub>	3200	440	93	76	26	14	3	3	4	13	480	40	4
		У <sub>д</sub>	4600	1070	92	64	40	30	3	5	2,7	3,3	360	100	40
2-1	К <sub>0</sub>	5200	800	773	470	106	20	2	4	5	16	280	120	8	
	У <sub>д</sub>	470	850	468	163	49	35	3	5	5	10	400	40	16	
Колоси	К <sub>0</sub>	1000	800	36	62	20	9	16	5	6,9	14	240	80	4	
	У <sub>д</sub>	1300	1000	58	70	28	13	21	4	5,6	6,7	360	280	4	
Міжвузля	5	К <sub>0</sub>	800	700	26	39	31	7	18	6	4,3	7	280	80	28
		У <sub>д</sub>	1300	960	29	41	50	15	17	4	4,8	5	320	120	24
	4	К <sub>0</sub>	700	620	22	22	32	14	9	6	2,8	3	160	40	20
		У <sub>д</sub>	1200	930	26	26	40	12	8	5	3,4	1,6	160	40	8
	3	К <sub>0</sub>	600	210	26	23	14	5	2	4	3,4	3,6	160	160	4
		У <sub>д</sub>	700	520	26	20	19	7	4	4	2,7	1,4	240	80	20
2	К <sub>0</sub>	800	200	32	24	15	4	2	4	3,4	3	160	240	4	
	У <sub>д</sub>	600	280	34	19	10	6	1	3	3,1	0,7	80	360	28	
Зернівки	К <sub>0</sub>	350	1275	15	28	38	4	24	6	1,6	0,1	60	120	2	
	У <sub>д</sub>	450	1150	16	36	47	5	21	4	1,6	0,2	80	40	2	

Уміст елементів кореневого живлення в досліджуваних органах пшениці наведено в таблиці 51. У хаотичності даних при ретельному перегляді виявляються очевидні закономірності. Так, починаючи з нижніх міжвузлів (по яким під впливом кореневого тиску, транспірації – рух ксилемою – надходять у верхні органи вода і поживні речовини), чітко нарастають концентрації (від нижніх до верхніх міжвузлів), досягаючи максимуму в колосах. У фотосинтезуючих органах – листках п'ятого і четвертого ярусів уміст поглинутих елементів наближається до їх умісту в колосах. Але в листках третього ярусу (з меншим інтенсивним забарвленням і сповільненою енергією фізіолого-біохімічних процесів) фіксується акумуляція елементів з невизначеними фізіологічними функціями (Al, Pb, Cr), яка наростає у листках першого – другого ярусів – у фазі цвітіння вони вже пожовтіли, а до вказаних багатовалентних елементів додалися Ca, Fe, що пов'язано з неможливістю їх переміщення з цих органів. Рівномірним виявився розподіл по органах Cu, Ni, а найменші концентрації притаманні Co і Cd.

На варіантах агрохімічного окультурювання чорнозему ( $N_{208}P_{132}K_{140}$ ) у досліджуваних органах пшениці явно оптимізувався (підвищився) вміст таких біогенних елементів, як Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Sr на тлі зменшення кількості забруднювальних елементів – Cz, Ni, Pb, Cd. Таке удобрювальне корегування хімічного складу продовольчої продукції (підвищення в зернівках умісту фізіологічно значущих Ca, Mg, Fe, Mn) отримує високі екологічні оцінки.

Підвищення врожайності сільськогосподарських рослин на варіантах агрохімічного окультурювання чорнозему типового підтверджує добре відомий факт, що вирощувані рослини у переважній більшості стикаються за деякими винятками саме з дефіцитом поживних елементів у ґрунті. Відомо, що 98 % біоелементів знаходяться у ґрунті в складі біорешток, гумусу, важкорозчинних сполук, мінералів. За звичай рослини поглинають з ґрунту різні елементи або з фонду обмінно-поглинутих катіонів, або з розчинних мінеральних солей, при чому поглинають вибірково, суто фізіологічно. Однак, і поглинання фізіологічно непотрібних елементів (у разі надмірних концентрацій рухомих форм у ґрунті) на сьогодні є доказовим фактом. Це є підставою для того, щоб вважати хімічний склад рослин індикатором геохімічної специфіки тих чи інших ландшафтних екосистем, у нашому випадку – чорноземно-степових [5].

Таблиця 52

**Ряди елементів за зменшенням їх умісту в чорноземі типовому та в органах пшениці озимої (К<sub>о</sub> – контроль без добрив, У<sub>д</sub> -  $N_{208}P_{132}K_{140}$ , на запланований урожай 60 ц/га)**

Варіант	Ряди	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ґрунт	К <sub>о</sub> + У <sub>д</sub>	Ca	Mn	Al	Mg	Fe	Sr	Ni	Pb	Cu	Zn	Cr	Co	Cd
Листки	К <sub>о</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Sr	Cr	Zn	Cu	Ni	Pb	Co	Cd
Листки	У <sub>д</sub>	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Sr	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Co	Cd
Стебла	К <sub>о</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Sr	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
Стебла	У <sub>д</sub>	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Sr	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Co	Cd
Зерно	К <sub>о</sub>	Mg	Ca	Mn	Fe	Zn	Al	Cu	Sr	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
Зерно	У <sub>д</sub>	Mg	Ca	Mn	Fe	Zn	Al	Cu	Sr	Ni	Cr	Pb	Co	Cd

За нашими даними (табл. 52) є певна закономірність в узгодженні хімічного складу рослин пшениці озимої з умістом рухомих форм хімічних елементів на різних за поживним режимом варіантах чорнозему типового.

Так, усі елементи, виявлені ацетатним розчином у чорноземі, надійшли в рослини пшениці, зокрема й ті, що не входять до згаданих вище фізіологічно вкрай необхідних елементів. Це такі елементи, алюміній і стронцій (не включено, що вони є потрібними рослинам), нікель, хром, свинець, кадмій. Безумовно, що повного збігу рядів умісту хімічних елементів у ґрунті і органах пшениці не варто було очікувати (це добре відомо в літературі). Проте, на однакових місцях у рядах (ґрунтовому і рослинних) виявилися такі метали, як Sr, Co, Cd.

Показово, що запитаний рослинами фотосинтетично активний Mg, займаючи у чорноземі четверте місце у зерні пшениці вийшов явно на перше, а в інших органах стабільно посів друге місце. Не менш знаковим виявилось переміщення такого важливого для рослин елемента, як залізо, з п'ятої позиції у ґрунті на четверте-третє місце в органах пшениці. При зближених концентраціях в органах пшениці заліза та алюмінію, вони були здатні мінятися місцями – так на удобреному варіанті залізо в стеблах і листках посідає третє місце, а алюміній переміщується на четверте, на контролі – навпаки, алюміній знаходиться на третьому місці. У зерні ж залізо поступається третім місцем марганцю, а алюміній переходить на шосте місце (після цинку) як на контрольному, так і на удобреному варіантах, отже між алюмінієм і залізом можуть існувати конкурентні взаємовідносини.

Серед інших досліджених нами елементів слід відмітити значну проникаючу здатність у рослини пшениці хрому – з 11 місця у ґрунтовому ряду цей важкий метал посів в органах рослин сьоме місце. Останні три місця в рослинних рядах були стабільно зайняті свинцем, кобальтом і кадмієм. Якщо два останні елементи в органах рослин зайняли такі ж місця, як і в ґрунті, то свинець перемістився із восьмого місця у ґрунті на 11 – у пшениці. Цинк, нікель і мідь мали зближені концентрації в органах пшениці, тож точно визначити їхні позиції в органах пшениці було методично ускладненим.

Порівняння двох останніх рядів (зерно) підтверджує наявність значних коректив у розміщенні хімічних елементів у зерні проти їх порядку, як у вегетативних органах, так і в ґрунті. Перед усім, вражає абсолютно однакова послідовність елементів у зерні пшениці, вирощеній на двох альтернативних поживних фонах – голодному контролі і агрохімічно окультуреному варіанті чорнозему, повністю забезпеченому головними елементами живлення (азотом, фосфором і калієм). Показано при цьому, що магній посів стабільно перше місце, посунувши кальцій на друге. Проте, четверте і п'яте місця зайняли відповідно абсолютні мікроелементи марганець, залізо, цинк. Мідь (також вкрай потрібний для наливу зерна мікроелемент) поступилася своїм шостим місцем алюмінію, що ставить на порядок денний питання про біогенність алюмінію для злаків. Восьме і дев'яте місця посіли відповідно стронцій і нікель (не виключено, також біогенні мікроелементи), а останні чотири місця зайняли

важкі метали, відповідно хром, свинець, кобальт і кадмій. Із них лише кобальт є явно біогенним мікроелементом, а інші важкі метали входять до групи небезпечних забруднювачів ґрунтів, продовольчої продукції, біосфери в цілому. Їх мінімальні концентрації в органах пшениці, перед усім у зерні, надають підстави для високих оцінок екобезпечності пшеничної продукції, що вирощується як на голодних, так і оптимально удобрених агрохімічних фонах чорнозему типового. По жодному з ВМ (Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) ми не зафіксували перевищення параметрів ГДК, визначених для зерна пшениці [8]. При цьому помічена значна проникність у рослини пшениці катіонів Al, Sr, фізіологічні функції яких та участь у біохімічних реакціях рослинного організму є далекі від повної ясності.

Таблиця 53

**Вміст хімічних елементів в життєвих органах (суха маса) пшениці озимої на чорноземі типовому важкосуглинковому**

Варіант	Орган	Фаза	мг/кг										мкг/кг		
			Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
Контроль	Ст	Цв	1700	450	56	51	26	13	7	4	3,3	6,8	120	80	4
	К		1000	800	36	62	20	9	16	5	6,6	13,6	240	80	4
N <sub>208</sub> P <sub>132</sub> K <sub>140</sub>	Ст		2900	790	66	78	44	21	6	3	3,3	6,1	280	160	24
	К		1300	1000	58	70	28	13	21	4	5,6	6,7	360	280	4
Контроль	З	Пс	350	1275	15	28	38	4	24	6	1,6	0,1	60	120	2
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>			450	1185	17	40	46	4	21	5	1,0	0,2	40	80	2
N <sub>208</sub> P <sub>132</sub> K <sub>140</sub>			450	1150	16	36	47	5	21	4	1,6	0,2	80	40	2

Ст – стебло, К – колос, З – зернівка, Цв – цвітіння, Пс – повна стиглість

Дані врожайності зерна та соломи і вмісту хімічних елементів в основній та побічній продукції надали підстави для розрахунку господарського виносу цих елементів з ґрунту (табл. 54).

Таблиця 54

**Господарський винос хімічних елементів зерном і соломною пшениці озимої**

Варианти	Врожай, ц/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Al	Ni	Cr	Cd	Pb	Sr
		кг/га						г/га									
КОНТ-роль	24,8	52,9	26,0	38,1	5,3	4,3	235	153	64	34	1,0	284	15	22	0,07	0,23	57
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	43,2	125,8	42,4	69,4	10,8	9,0	329	308	97	40	1,6	372	18	28	0,04	0,79	106
N <sub>208</sub> P <sub>132</sub> K <sub>140</sub>	58,7	180,9	63,4	97,4	13,9	9,9	479	397	139	56	0,5	481	34	58	0,05	0,75	121

Винос сірки зерновими культурами – 10–15 кг/га

Ці дані відображають орієнтовні фізіолого-біохімічні потреби в макро- і мікроелементах пшениці озимої – найважливішої продовольчої культури. Наведені в таблиці 54 потреби пшениці як в макро- так і в мікроелементах явно зростають і підвищенням врожаю зерна на варіантах застосування в

удобрювальних тукоsumішах класичного набору біогенних макроелементів (одних лише NPK без добавок мікроелементів).

Це виявлений нами факт, який необхідно враховувати в системі застосування добрив на чорноземах під запрограмований урожай як пшениці озимої, так і інших важливих сільськогосподарських культур.



### **3.4. Реутилізація пластичних речовин і елементів мінерального живлення із вегетативних органів і колосів у період наливу зерна**

Знання біологічних особливостей росту рослин, потреб в елементах живлення, динаміки внутрішніх процесів можуть стати основою для пошуку засобів впливу на формування величини врожаю і його якості. Необхідно розширити і поглибити наші знання про рух органічних і мінеральних речовин на рівні цілої рослини у природному середовищі [8].

#### **3.4.1. Реутилізація пластичних речовин у період наливу зерна**

У попередніх розділах відмічено, що чим кращі умови мінерального, повітряного живлення і забезпечення вологою тим інтенсивніший ріст рослин пшениці і тим більше в них синтезується органічних речовин – основний резерв для формування зерна. За результатами маси сухих речовин ми запланували установити як використовуються пластичні речовини різних органів на створення зерна. По цьому питанню поки що є обмежена кількість результатів [9,10,11], що пов'язано зі складністю досліджень, крім того досліди проведено з пошкодженням рослин.

Рослина – живий об'єкт, в якому постійно відбувається ріст і рух речовин, і тому, взявши за відправну точку початок відтоку пластичних речовин в колос фази цвітіння, буде визначено значний їх відтік, але з великою похибкою, тому що після цвітіння рослини пшениці ще ростуть. Для отримання точніших результатів проби рослин слід відбирати раніше фази цвітіння і кілька разів після цвітіння. Важливо при цьому установити максимальний уміст сухих речовин в різних органах, а в повній стиглості він завжди менший.

У наступних роках (2005, 2006, 2013) в цьому напрямку здійснили дослідження в тих же ґрунтово – кліматичних умовах. Об'єктом досліджень були середньорослі сорти пшениці Харківська 81, у 2013 р. Елегія. Сорти вирощували в умовах близьких до виробничих після зернобобових культур.

Для аналізів проби рослин відбирали з площадок  $0,25 \text{ м}^2$  у двократній повторності на добре виповнених рядках. Густота рослин на ділянках  $\sim 400 \text{ шт/м}^2$ , продуктивних стебел –  $550\text{--}600 \text{ шт/м}^2$ , біологічна врожайність зерна  $\sim 600 \text{ г/м}^2$ .

Перший відбір проб зроблено в кінці фази виходу в трубку, коли колос знаходився у піхві верхнього листка. Маса листків разом з листковими піхвами, міжвузлів наведені в послідовності їх утворення на стеблі, тобто нумерація їх іде від старших органів до молодших.

Результати обліку сухих речовин в органах стебел пшениці озимої в різні фази представлені в таблиці 55.

Таблиця 55

**Динаміка маси органів пшениці в грамах абсолютно сухої речовини на 100 стебел (середні дані за 2005–2006 рр.)**

Органи стебел	Фази росту						Зменшення маси	
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	г	%
Листки								
1-і	<b>6,2</b>	3,9	2,7	1,4	1,4	1,4	4,8	77,4
2-і	<b>8,6</b>	6,0	5,5	5,4	4,9	4,7	3,9	45,3
3-і	<b>14,4</b>	13,1	13,0	11,8	11,4	10,6	3,8	26,4
4-і	<b>20,2</b>	20,1	18,1	17,1	16,9	15,1	5,1	25,2
5-і	21,2	<b>25,8</b>	24,8	24,5	22,2	20,4	5,4	20,9
Міжвузля								
1-і	10,2	<b>10,8</b>	8,3	8,1	6,7	5,5	5,3	49,1
2-і	16,4	17,0	<b>17,2</b>	16,4	15,2	13,9	3,3	19,2
3-і	13,7	23,4	24,6	<b>26,8</b>	25,5	18,3	8,5	31,7
4-і	3,9	31,9	34,0	37,7	<b>40,9</b>	28,4	12,5	30,6
5-і	0,3	15,1	21,2	28,3	<b>30,9</b>	24,6	6,3	20,4
Колоси	7,6	30,5	31,1	38,9	<b>42,4</b>	32,3	10,1	23,8
Сума	122,7	197,6	200,5	216,4	218,4	175,2	69	-
Зерно	-	-	3,6	31,3	73,0	114,6	-	-

Вегетативні органи закінчують ріст у різні строки – нижніх ярусів раніше, верхніх – пізніше, що узгоджується з даними А.І. Носатовського. Для листків першого–четвертого ярусів максимум сухих речовин припав на кінець фази виходу в трубку, але вважаємо, що це окремий випадок, імовірно, максимальна маса, особливо першого–другого листків припадала на ранні дати, коли вони забезпечували ріст верхніх органів. У листках п'ятого ярусу найбільша маса сухих речовин припала на фазу колосіння. Спостерігалися випадки збільшення маси листків двох верхніх ярусів (на 10–15%) й у фазу формування зерна, можливо за рахунок стовщення клітинних стінок [12].

Міжвузля (частина стебла) виділені без листкових піхв, як несуча, транспортна, і частково фотосинтетична система. Хоча за методикою відбору проб для вивчення хімічного складу листкові піхви рекомендовано залишати на міжвузлях [13]. Але листкові піхви на живих рослинах зелені, багаті на хлорофіл, фотосинтетично активніші ніж міжвузля і за вмістом азоту, фосфору, калію ближче до листкових пластинок. Разом із цим на міжвузлях чіткіше можна виявити властивості окремого стебла.

Із наведених у таблиці 55 бачимо, що міжвузля досягли максимальної маси пізніше, ніж листки, так перші з сформувалися в час колосіння, другі – у фазі цвітіння, треті – у фазі формування зерна. Звертаємо увагу на міжвузля четвертого, п'ятого ярусів і колоса, які в кінці фази вихід у трубку інтенсивно росли, а їх ріст відбувався, як інших міжвузлів, за участю регуляторів росту і притоку асимілятів із третього–п'ятого листків. Маса четвертих міжвузлів до



завершення росту збільшилася в 10,5 рази, а ріст міжвузлів п'ятого ярусу тривав до молочної стиглості і їх маса збільшилася майже в сто разів. Тому, твердження, що рослини пшениці озимої закінчують ріст у фазі цвітіння сумнівне, підлягає уточненню. За винятком п'ятих листків і міжвузлів, маса яких у посушливу погоду може бути меншою від маси органів попереднього ярусу, для всіх інших органів характерне збільшення їх розмірів і маси знизу доверху. Така особливість росту органів стебла пов'язана з ростом коренів. Дослідженнями Бондаренка [14] виявлено, що коренева система пшениці озимої інтенсивно росте в період виходу в трубку, впливає на ріст стебла і досягає найбільшої маси у фазах колосіння – молочна стиглість.

Максимальної інтенсивності фотосинтез досягає незадовго до зупинки росту листків. Коли лист досягає приблизно 1/2 свого кінцевого розміру продукція його фотосинтезу починає перевищувати свої потреби і лист перетворюється в донора асимілятів [4]. Після закінчення росту всіх листків починається старіння хлоропластів і в листках верхніх ярусів. Початкові елементи деструкції хлоропластів у верхньому листку спостерігаються навіть у період цвітіння. З початком старіння відбувається зміна балансу фітогормонів у листку – зменшується вміст гібберлінів, ауксину і цитокінінів, які сприяли синтетичній направленості обміну речовин, і збільшується кількість гормонів старіння – абсцизової кислоти та етилену. Поступове зниження основної функції листка призводить до активації гідролітичних процесів в клітинах і листок постачає в молоді органи продукти гідролізу полімерів клітин у формі цукрів, амінокислот, нуклеїнових кислот та інших сполук. Нагромадження крохмалю і геміцелюлоз в зернівках відбувається не лише за рахунок цукрів, які утворюються в листках в процесі фотосинтезу, а також і за рахунок розчинних вуглеводів, які утворюються з клітковини і геміцелюлоз, що містяться в клітинних оболонках листків і стебел. Отже формування врожаю зерна супроводжується зменшенням маси листків і стебел [10, 11].

Старіння починається з нижніх листків і поступово поширюється на верхні, здійснюється упорядковано під контролем внутрішніх факторів. Зовнішні його ознаки: втрата хлорофілу, води, пожовтіння верхнього кінчика листа, яке потім поширюється до вузла, лист висихає, стає крихким. Потім відмирають листові піхви і останніми – міжвузля.

У таблиці 55 були відмічені приблизні строки зупинки росту окремих ярусів листків і міжвузлів за значеннями максимальних величин сухих речовин. Деякий час маса органів зменшується повільно, такий їх стан вважається стаціонарним, генетично обумовленим.

Кількість відтікаючих пластичних речовин умовно визначена як різниця між максимальними значеннями, які відмічені рискою і мінімальними в повній стиглості, виражені в грамах і у відсотках на 100 головних стебел. Зменшення маси нижніх двох листків пов'язане як з реутилізацією пластичних речовин, так і можливими втратами під впливом погодних умов, особливо з листових пластинок після закінчення листками своїх функцій. Допускаємо деяку втрату маси на дихання тканин усіх органів. Більш точно відтік речовин визначено для

листіків трьох верхніх ярусів, які були діючими в період утворення зерна. Ці листки виконували головну роль у формуванні зерна, вони віддали пластичних речовин в перерахунку на суху речовину 20–26%, крім того вони забезпечували функції відповідних їм міжвузлів. Загальна сума реутилізованих речовин з цих листків дорівнювала 14,3 г в розрахунку на 100 стебел. Процес зерноутворення супроводжувався використанням складових компонентів спочатку листків, пізніше – міжвузлів, оскільки по їхніх провідних системах рухалися поживні речовини із листків до колоса. Віддача поживних речовин міжвузлями відбувалася в тій самій послідовності, як це було характерно для листків – від нижнього ярусу до верхнього. Останніми втрачають функції міжвузля п'ятого ярусу і колоси, коли зернівки досягли повної стиглості і припинився зв'язок з материнським стеблом.

Кількість реутилізованих речовин із міжвузлів значно більша порівняно з показниками для листків, знаходилася в межах 3,3–12,5 г, у середньому з усіх міжвузлів і колоса відтік склав 29%. Найбільше продуктів гідролізу відійшло із міжвузлів третього, четвертого ярусів і колоса, дещо менше із верхнього ярусу (колосоносного стрижня). Помітно, що п'ятий ярус листків і міжвузлів уступає попередньому, можливо тому, що зернівки завершують налив раніше від закінчення перерозподілу пластичних речовин із цих органів (табл. 56).

Таблиця 56

**Частки участі окремих органів стебла в забезпеченні зернівок пластичними речовинами за рахунок реутилізації**

Одиниці виміру відтоку речовин	Листки			Міжвузля					Колоси	Корені	Сума
	3-і	4-і	5-і	1-і	2-і	3-і	4-і	5-і			
<b>2005–2006 рр.</b>											
г/100 стебел	3,8	5,1	5,4	5,3	5,3	8,5	12,5	6,3	10,8	6,4	69,4
%	5,5	7,4	7,8	7,6	7,6	12,2	18,0	19,1	15,6	9,2	100
<b>2013 р.</b>											
г/100 стебел	5,9	6,7	7,6	6,3	6,7	7,5	7,2	6,0	11,9	6,4	72,2
%	8,2	9,3	10,5	8,7	9,2	10,4	10,0	8,3	16,5	8,9	100

Допускаємо, що частина пластичних речовин надходить в зернівки також із коренів. Коренева система забезпечує рослину не тільки елементами мінерального живлення, водою, але виконує і синтетичні функції. У пасоці рослин виявили амінокислоти, аміді, органічні кислоти, фосфорорганічні ефіри, нуклеїнові кислоти, цитокініни, гібереліни, сірковмісні сполуки ті інші.

За період від цвітіння до повної стиглості маса сухої речовини коренів зменшилась на 26 г/м<sup>2</sup> або на 10,5%, в перерахунку на 100 стебел зменшення дорівнює 6,4 г.

Сумарна реутилізація пластичних речовин із міжвузлів і колоса склала 48,7 г, з урахуванням відтоку із листків 63,0 г (без нижніх двох листків), а якщо врахувати можливу участь кореневої системи, то кінцевий результат складе 69,4 г, абсолютно сухого зерна із 100 колосів отримано 114,6 г, значить більше половини маси зерна (60,6%) утворилося за рахунок перерозподілу пластичних речовин з органів стебла і коренів, інша частина – 39,4% – створена поточним фотосинтезом і кореневим живленням.

Повторними дослідженнями у 2013 р. підтвердилися раніше отримані результати. Маса сухого зерна з такої ж кількості колосів дорівнювала 107,4 г, а загальний відтік пластичних речовин (при виключенні перших двох листків) склав 72,2 г (табл. 56). Ця сума забезпечила утворення 67 % маси зерна. У 2013 р. за сухої погоди маса стебел виявилася меншою, а відтік пластичних речовин був більшим. Дані таблиці 56 відображають, що більша участь у формуванні зерна прийшла на міжвузлі третього-четвертого ярусів, листки – четвертого–п'ятого ярусів і колоси. У цілому ж всі органи стебла причетні до формування зерна. Наведені результати схожі з даними Горшкова, Макаренка.

Таким чином нагромадження сухих речовин у листках в більшості випадків завершується у фазі цвітіння. У наступні фази маса листків поступово зменшується. Міжвузля завершують ріст у різні строки, нижні яруси раніше, два верхні і колос у молочній стиглості. При наливі зерна маса листків зменшується на 20–26%, міжвузлів – на 20–31%. Найбільший відтік пластичних речовин відбувається із міжвузлів і листків третього-п'ятого ярусів і колосів. Орієнтовно 60,6–67,0% маси зерна утворюється за рахунок реутилізації пластичних речовин із органів стебла.

### **3.4.2. Відносний і валовий вміст азоту в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна**

У доповнення до динаміки пластичних речовин і їх реутилізації проведено дослідження динаміки вмісту загального азоту в органах пшениці, якому належить особлива роль в біосфері у зв'язку з тим, що він є обов'язковим компонентом всіх білків протоплазми, нуклеїнових кислот, амінокислот та інших речовин.

Велику низку публікацій присвячено питанню вмісту азоту в процентах у рослинах пшениці. Мало дослідженою залишається проблема визначення валового вмісту в окремих органах і, особливо, відтік його в зернівки [10, 11].

Об'єктом досліджень були переважно головні стебла середньорослого сорту як більш вирівняні за масою порівняно зі стеблами кушіння. Сорт – Харківська 81, продуктивність головного колоса після зернобобового попередника була в межах 1,1–1,2 г, що більше за продуктивність колоса у виробничих умовах (~1,0 г), кількість зерен у колосі ~30 шт.

Листки для аналізу відбирали разом з піхвами, звільнивши від них міжвузля як несучі і провідні органи стебла. Уміст основних елементів живлення в органах рослин пшениці на абсолютно суху речовину визначено

після мокрого озолення, азот і фосфор – колориметричним методом, калій на полуменевому фотометрі.

Результати визначення вмісту загального азоту (N) в сухій речовині органів стебел пшениці озимої (табл. 57) засвідчили, що для листків і міжвузлів, які сформувалися в кінці фази виходу в трубку, характерне підвищення концентрації N знизу вгору за ярусами, які позначені за часом їх появи. У листках N більше в 1,5–3 рази ніж у відповідних їм міжвузлях, за винятком п'ятого міжвузля, а також колоса, що ще не закінчили ріст.

Таблиця 57

**Динаміка вмісту загального азоту в органах рослин озимої пшениці  
(у % на абсолютно суху речовину)**

Органи стебел	Фази росту					
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість
Листки						
1-і	0,83	0,76	0,80	0,78	0,75	0,70
2-і	1,01	0,69	0,69	0,65	0,62	0,64
3-і	1,37	1,11	1,07	0,97	0,65	0,47
4-і	1,74	1,36	1,32	1,32	0,91	0,45
5-і	2,09	1,88	1,60	1,54	1,23	0,49
Міжвузля						
1-і	0,35	0,33	0,34	0,34	0,30	0,20
2-і	0,34	0,27	0,26	0,23	0,20	0,19
3-і	0,64	0,29	0,29	0,28	0,19	0,17
4-і	1,65	0,50	0,50	0,37	0,23	0,19
5-і	2,73	1,44	1,27	0,86	0,58	0,29
Колоси	2,65	1,31	1,27	0,97	0,67	0,34
Зерно	–	–	3,65	2,40	2,25	1,90

У наступні фази відносний уміст N поступово зменшувався у зв'язку з його перерозподілом у зернівки. Темпи зменшення N досить значні. Так, для п'ятих листків (наймолодших) різниця за містом N у фазі цвітіння і в повній стиглості відповідала 1,60%, за одну добу періоду наливу зерна (35–40 днів) зменшувалася на 0,05–0,04%.

Складові частини кожного ярусу стебла за вмістом N суттєво різняться між собою. Наприклад, у фазі формування зерна відносний уміст N в % у листових пластинках, піхвах, в відповідних до них міжвузлях за ярусами був таким:

3-й ярус – 1,14 % – 0,49 – 0,28%;

4-й ярус – 1,78 % – 0,74 – 0,37%;

5-й ярус – 2,33 % – 1,19 – 0,97%.

Наведені результати свідчать, що показник вмісту N зростав з підвищенням ярусу, а за фазами росту, як було відмічено вище, зменшувався в усіх ярусах. Головна властивість: за вмістом N немає однакових органів, а вміст цього елемента в живих рослинах динамічний, змінюється кожен день, що

необхідно враховувати під час листкової діагностики мінерального живлення подібних рослин.

Для пізнання внутрішніх процесів важливе значення має валовий вміст N в різних органах і його відтік (реутилізація) в зернівки. Вміст валового N визначено на підставі маси сухих речовин в органах і вмісту в них N в %.

Валовий вміст – це своєрідний резерв N в рослині, його іноді називають «запасом», але в колосових злакових немає особливого місця для збереження N, за винятком ендосперму зернівки.

Результати визначення валового вмісту N (табл. 58) показують, що найменший вміст його в листках – 1–2-го ярусів, які завершили свої функції у фазі виходу в трубку. У зелених листках, 3–5-го ярусів, вміст N більший від 3 до 10 разів ніж у нижніх листках.

Таблиця 58

**Динаміка вмісту валового азоту в органах рослин озимої пшениці,  
мг на 100 стебел**

Органи стебел	Фази росту						Відтік	
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	мг	%
Листки								
1-і	<b>51,5</b>	29,6	21,6	10,9	10,5	9,8	41,7	81
2-і	<b>86,9</b>	41,4	38,0	35,1	30,4	30,1	56,8	65
3-і	<b>197,3</b>	145,4	139,1	114,5	73,0	49,8	147,5	75
4-і	<b>358,3</b>	273,4	237,6	225,7	153,8	68,0	290,3	81
5-і	443,1	<b>485,0</b>	396,8	377,3	273,1	100,0	385,0	79
Сума	1137,1	974,8	833,1	763,5	540,8	257,7	921,3	–
Міжвузля								
1-і	<b>35,7</b>	35,6	28,2	27,5	20,1	11,0	24,7	69
2-і	<b>55,8</b>	45,9	44,7	37,7	30,4	30,4	26,4	47
3-і	<b>87,7</b>	67,9	71,3	75,0	48,5	31,1	56,6	65
4-і	64,4	159,5	<b>170,0</b>	139,5	94,1	54,0	116,0	68
5-і	8,2	217,4	<b>269,2</b>	243,4	179,2	71,3	197,9	74
Колоси	201,4	<b>399,6</b>	395,6	377,3	284,1	109,8	290,0	73
Сума	453,2	925,9	978,4	900,0	626,0	307,0	711,6	–
Зерно	–	–	131,4	751,2	1642,5	2177,4	–	–

Як для листків, так і для міжвузлів характерне збільшення вмісту N з підвищенням ярусу, за винятком фази вихід у трубку, коли не всі органи були сформовані. Найбільш багаті на валовий вміст N були колоси, листки 5-го і 4-го ярусів.

Процес формування зерна супроводжується старінням вегетативних органів, яке запрограмоване напевне ядерними генами. Регульований розпад білка в листках настає ще до появи помітних ознак старіння, при цьому втрачається хлорофіл, зменшується вміст нуклеїнових кислот. У результаті деградації білка утворюються транспортні форми N, зокрема, аспарогін і глютамін, які переміщуються із листкових тканин по флоемі в інші частини рослин [15].

У наших дослідженнях у живих зелених листках 3–4-го ярусів відтік N почався від фази виходу в трубку, у листках 5-го ярусу зменшення вмісту N почалося від фази колосіння. У 5-х міжвузлях і колосах уміст N зростав до фази цвітіння, а потім як і в нижніх ярусах настав процес реутилізації N.

Зменшення вмісту N від максимальних значень і залишком у повній стиглості було досить значним: для листків – на 65–81%, для міжвузлів і колосів 65–74%, найбільше реутилізація спостерігалася з листків 3-х верхніх ярусів, колоса і міжвузлів 4–5-го ярусів.

Таблиця 59

**Частки участі окремих органів стебла пшениці озимої в забезпеченні зернівок азотом (2005–2006 рр.)**

Одиниці виміру	Листки			Міжвузля					Колоси	Сума
	3-і	4-і	5-і	1-і	2-і	3-і	4-і	5-і		
Відтік азоту в мг на 100 стебел	148	290	385	25	26	57	116	198	290	1535
%	9,6	18,9	25,1	1,6	1,7	3,7	7,6	12,9	18,9	100

Сумарний відтік N з усіх органів, крім листків 1–2-го ярусів, склав 1535 мг. Прийнявши цю величину за 100%, визначили частки участі органів в забезпеченні зерна азотом (табл. 59). У зерні масою 114,6 г із 100 колосів валовий вміст N рівнявся 2177,4 мг, реутилізовано N – 1535 мг, надійшло в зернівки за рахунок перерозподілу 70,5% ( $1535 \div 2177,4 \times 100$ ).

У 2013 р. отримали результати, які в основному підтверджували викладене в тексті, але в посушливу погоду в червні реутилізація відбулася більш інтенсивно і відтік азоту з різних органів у зернівки відповідав 80%. Такий великий відтік азоту з різних органів у зернівки підтверджує ефективність пізніх позакорневих підживлень азотом пшениці озимої для підвищення якості зерна.

**3.4.3. Відносний і валовий вміст фосфору в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна**

Поряд з азотом фосфор належить до найважливіших елементів живлення, без якого неможливе життя організмів. Сполуки фосфору в рослинах різноманітні за хімічною будовою і фізіологічними функціями. Фосфор (P) у рослинах знаходиться в мінеральних і органічних формах. На перше місце слід поставити нуклеїнові кислоти, які беруть участь у передачі спадкових властивостей, у синтезі білків, розмноженні й рості. Важливі групи складають фосфопротеїди – сполуки P із білками, а також фосфоліпіди, які утворюють мембрани, котрі регулюють проникність клітинних органел. У живих тканинах рослин завжди в наявності фосфорні ефіри цукрів, що обумовлюють підвищену реакційну здатність цукрів в обміні речовин. Для біосинтезу різних органічних речовин необхідна енергія, її поставляє аденозинтрифосфорна кислота – АТФ [12].

У наших дослідженнях звернута увага на динаміку пластичних речовин і основних елементів живлення в репродуктивний період рослин пшениці озимої, тому що це набагато важливіше, ніж визначення цих показників в один прийом. Динаміка відображає рух органічних речовин і елементів живлення в середині рослини, вона показує зміни концентрацій елементів у різних органах, зміни їхнього валового вмісту, напрям руху. Динаміка характеризує використання рослинами синтезованих органічних речовин і засвоєних мінеральних речовин за генетичною програмою. Визначення вмісту Р, азоту і калію здійснено в одних і тих самих зразках рослин. Зауважимо, що фосфор і калій у результатах досліджень представлені елементами Р і К. Якщо виражати  $P_2O_5$  і  $K_2O$ , що практикується досить часто в агрохімії, то у співвідношенні між поживними речовинами  $N : P_2O_5 : K_2O$  дуже знижується частка азоту. Відносний вміст Р в органах стебел пшениці озимої наведено в таблиці 60.

Таблиця 60

**Динаміка вмісту загального фосфору в органах стебел пшениці озимої в репродуктивний період (у % на абсолютно суху речовину)**

Органи стебел	Фази росту					
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість
<b>Листки</b>						
1-і	0,13	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
2-і	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08
3-і	0,23	0,18	0,17	0,13	0,11	0,07
4-і	0,27	0,28	0,20	0,19	0,11	0,08
5-і	0,31	0,26	0,23	0,19	0,12	0,08
Зерно	–	–	0,66	0,48	0,39	0,36
Колоси	0,61	0,31	0,24	0,19	0,10	0,09
<b>Міжвузля</b>						
1-і	0,13	0,11	0,09	0,08	0,06	0,06
2-і	0,16	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04
3-і	0,28	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04
4-і	0,49	0,21	0,15	0,11	0,07	0,05
5-і	0,70	0,36	0,29	0,22	0,11	0,08

У листках двох перших ярусів (нижні листки) спостерігався найменший вміст Р і він слабо змінювався за фазами, оскільки ці листки в кінці фази вихід у трубку були жовтими. Починаючи з листків 2-го ярусу вміст елемента зростає з підвищенням ярусу і найвищі показники були в листках 4–5 ярусів, тобто в наймолодших листках. У фазах колосіння – формування зерна (тривалість періоду приблизно 12 днів) у трьох верхніх ярусах помітна стабілізація відносного вмісту Р, а пізніше, до повної стиглості концентрація елемента зменшується порівняно з максимальною в 3–4 рази у зв'язку з перетворенням складних фосфоровмісних сполук у рухомі форми і відтоком їх у зернівки. У повній стиглості вміст Р в листках найменший і різниця між ярусами не значна.

Відносний вміст Р у міжвузлях (без піхв) свідчить про таку ж залежність від ярусу, яка спостерігалася для листків. Найменший вміст елемента

характерний для нижніх двох ярусів, які закінчили ріст до кінця фази виходу у трубку. Висока концентрація Р у міжвузлях 3–5-го ярусів і колосах, органах, котрі в кінці фази вихід у трубку ще росли, пояснюється тим, що в них були зони меристем, де відбувалося утворення клітин, тканин, синтезувалися білки за участю ДНК, РНК, багатих на азот і Р. Наприклад, уміст Р в нуклеїнових кислотах досягає 8,75% [18]. Налив зерна супроводжується зменшенням концентрацій Р в міжвузлях і колосах від 2 до 10 разів залежно від ярусу. Це показує, що стебло не тільки провідна система, але є також джерелом необхідних речовин для формування зерна.

Якщо відносний вміст Р в органах стебла пшениці озимої має значення в діагностиці живлення рослин, то валовий уміст Р відображає динаміку його в органах, рух його під впливом фітогормонів, атракції меристемних зон, які зміщуються по стеблу від точки росту у фазі сходів до колоса і зернівок після цвітіння. Валовий уміст Р визначено за вихідними даними маси сухих речовин і відносного вмісту Р в органах, результати наведені в таблиці 61.

Таблиця 61

Динаміка вмісту валового фосфору в органах рослин пшениці озимої  
(мг на 100 стебел)

Органи стебел	Фази росту						Відтік	
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	мг	%
<b>Листки</b>								
1-і	<b>6,8</b>	4,3	3,2	1,4	1,4	1,1	5,7	84
2-і	<b>13,8</b>	11,4	7,7	6,5	5,4	3,8	10,0	72
3-і	<b>28,8</b>	24,9	23,4	20,1	12,5	9,5	19,3	67
4-і	<b>48,5</b>	44,2	39,6	37,6	23,7	15,1	33,4	69
5-і	59,4	<b>67,1</b>	59,5	53,9	33,3	18,4	48,7	73
Колоси	45,6	68,5	<b>80,9</b>	73,9	46,6	28,8	52,1	64
Сума	202,9	220,4	214,3	193,4	82,9	76,7	169,2	–
<b>Міжвузля</b>								
1-і	<b>12,2</b>	11,9	8,3	7,9	5,4	3,3	8,9	73
2-і	<b>26,2</b>	20,4	17,2	13,1	9,1	7,0	19,2	73
3-і	<b>35,6</b>	30,4	27,1	21,4	15,3	9,2	26,4	74
4-і	19,5	<b>63,8</b>	57,8	45,2	32,7	17,0	46,8	73
5-і	2,1	54,4	70,6	<b>73,6</b>	43,3	23,8	49,8	68
Сума	95,6	180,9	181	161,2	105,8	60,3	151,1	–
Зерно	–	–	26,3	156,5	284,7	412,6	–	–

Валовий вміст Р в листках збільшується від нижніх до верхніх листків. У листках 3–5-го ярусів максимальний вміст елемента приходить на фази вихід у трубку і колосіння. Відтік з перших чотирьох листків починається у фазі колосіння, із листків 5 ярусу у фазі цвітіння. Найбільший відтік відбувся в період формування зерна – повна стиглість. Із листків 3–5-го ярусів відповідно відійшло 19–33–49 мг Р, а в середньому із листків реутилізувалося 76% Р.

У фазі вихід у трубку 4–5 міжвузля продовжували ріст і тому за валовим умістом Р відстали від листків. Починаючи з фази колосіння і до кінця вегетації перевага була за міжвузлями. Максимальний уміст Р (підкреслено) в міжвузлях



1–3-го ярусів прийшовся на фазу вихід у трубку, у 4–5 ярусах – відповідно на фази колосіння та цвітіння.

Із міжвузлів відійшло Р 151 мг, що 1,5 разу більше ніж із листків, а якщо додати відтік із колосів, то сума складе 203,2 мг, і перевага цих органів над величиною відтоку із листків збільшується у 2 рази. Це свідчить, що міжвузля переважаючи масою і відносним умістом Р (фаза вихід у трубку) мають більші резерви Р для забезпечення зерна. Сума реутилізованого Р із цих органів (без нижніх двох листків) складає 304,6 мг, частка Р у %, яка надійшла в зерно, дорівнює:  $304,6 \div 412,6 * 100 = 73,8\%$ . Вважаємо, що Р із нижніх двох листків використаний на формування верхніх органів.

Вражає різниця відносного і валового вмісту Р між органами і фазами росту. Молоді органи ( верхні яруси) багатші на відносний уміст Р. Як зазначає А.В. Петербурзький, клітини меристематичних тканин, які активно ростуть, отримують Р у сотні разів більше, ніж ті, ділення яких зупинилося. Валовий уміст Р в органах залежить і від відносного вмісту і від маси органів, збільшується з підвищенням ярусу, чим ближче орган до колоса, тим більший уміст елемента. Дані динаміки Р в таблицях 60, 61 відображають «рух» Р у процесі росту стебла і формуванні зерна залежно від зміни зон активного утворення клітин, тканин, в даному випадку, від фази вихід у трубку до визрівання зерна.

Повторне дослідження в тих самих умовах проведено у 2013 році. Отримані результати близькі до даних попередніх років. Відміни виявились у тому, що в посушливу погоду в період наливу зерна (червень) повна стиглість настала раніше на ~7 днів від попередніх років, високі температури прискорили висихання стебел і реутилізація Р була дещо більшою із листків і, особливо із колосів, а загалом дорівнювала 80,5%. Підсумкові дані про участь окремих органів у забезпеченні зернівок Р представлені в таблиці 62.

Таблиця 62

**Частки участі окремих органів стебла в забезпеченні зернівок фосфором за рахунок реутилізації**

Одиниці виміру фосфору	Листки			Міжвузля					Колоси	Сума
	3-і	4-і	5-і	1-і	2-і	3-і	4-і	5-і		
<b>2005–2006 рр.</b>										
мг/100 стебел	19,3	33,4	48,7	8,9	19,2	26,4	46,8	49,8	52,1	304,6
%	6,3	11,0	16,0	2,9	6,3	8,7	15,4	16,3	17,1	100
<b>2013 р.</b>										
мг/100 стебел	30,4	36,2	49,7	11,8	13,2	25,7	37,2	28,1	70,3	302,6
%	10,0	12,0	16,4	3,9	4,4	8,5	12,3	9,3	23,2	100

Із наведених даних видно, що в третій рік динаміка Р у репродуктивний період схожа за динамікою попередніх років. Найбільше реутилізувалося елемента із 3 верхніх листків і колосів. У посушливих умовах 2013 р. збільшилась участь колосів у забезпеченні зернівок Р. У більшості випадків чим ближче ярус листків, міжвузлів до зернівок, тим більший відтік елемента із органів.

Отримані нами результати схожі з результатами авторів, які установили, що при кращому розвитку вегетативних органів (на удобрених ділянках) збільшилось надходження з них в зерно азоту до 80%, фосфору до 83,4% [10, 16, 17]. Зокрема, за даними Петрової [16] на фонах  $N_{60}P_{60}$  і  $N_{90}P_{60}$  збільшилася кількість синтезованих органічних речовин, посилюється їх відтік із вегетативних органів в зерно, також збільшилось надходження в зерно азоту до 91%, фосфору до 71–87%.

Динаміка двох найважливіших елементів N і P в органах рослин пшениці озимої дуже подібна. Хоча фосфору у функціонуючих органах (фази росту: вихід у трубку – молочна стиглість) у листках менше в 6–10 разів, у колосах – в 4,2–5,3 і в міжвузлях – в 2,1–4,4 рази, завжди більшому вмісту азоту відповідає більший відносний і валовий уміст P. Коефіцієнт кореляції між вмістом цих елементів у листках:  $r = 0,92 \pm 0,11$ ; у міжвузлях і колосах –  $r = 0,96 \pm 0,05$ .

За даними інших авторів [17] розраховані нами коефіцієнти кореляції між вмістом N і  $P_2O_5$  у цілих рослинах у фазах росту кущіння – молочна стиглість дорівнювали:  $0,97 \pm 0,05$  та  $0,94 \pm 0,07$ . Це свідчить, що участь азоту і фосфору тісно пов'язана з реакціями обміну речовин у рослинах. Тісний зв'язок між вмістом цих елементів у зерні може не спостерігатися, оскільки часто вміст азоту по варіантах різний, а фосфору – майже однаковий. Залежність між вмістом азоту і фосфору в органах, які не втратили хлорофіл, може бути використано для характеристики потреб рослин в елементах живлення, в аналітичних роботах.

#### **3.4.4. Відносний і валовий вміст калію в органах рослин пшениці озимої і його реутилізація в період наливу зерна**

Калій один з найважливіших елементів для живих організмів. Він стимулює нормальний хід процесу фотосинтезу, прискорює відтік вуглеводів із пластинок листків в інші органи. Не входячи до складу ферментів, він активує роботу багатьох із них, збільшує гідрофільність колоїдів протоплазми, що підтримує організм в діяльному стані.

За умов достатнього забезпечення калієм рослини краще утримують воду і переносять короткострокові атмосферні посухи, збільшується осмотичний тиск клітинного соку, що зумовлює зниження температури його замерзання. Калій сприяє збільшенню накопичення крохмалю в бульбах картоплі, сахарози в цукрових буряках, моносахаридів у плодах і овочах, целюлози і пектинових речовин у клітинних стінках рослин. Велика частка калію в рослинах, не менше 4/5 загального вмісту знаходиться у клітинному соку, менша абсорбована

колоїдами і незначна, менше 1%, необмінно поглинається мітохондріями протоплазми [18].

На цей час здобута значна інформація про господарський винос елемента, і обмежена відносно біологічних потреб для формування всієї біомаси врожаю. Порівняно з азотом мало результатів досліджень про розподіл калію в органах, динаміку його вмісту, рух, реутилізацію. Наші дослідження в цьому напрямку 2005–2006 рр. і 2013 р. виконані на зразках рослин пшениці озимої середньорослих сортів Харківська 81 та Елегія (2013 р.), які вирощували в умовах, близьких до виробничих. Калій визначено в одних і тих самих наважках рослинного матеріалу, в яких було визначено азот і фосфор, на полуменевому фотометрі, для підвищення точності результатів використано постійні стандартні розчини. Результати відносного і валового вмісту калію в окремих органах стебла пшениці представлено в таблицях 63, 64 знизу вверху по стеблу відповідно до утворення органів.

Таблиця 63

**Динаміка відносного вмісту калію в органах стебел пшениці озимої в репродуктивний період у % на абсолютно суху речовину (середні дані за 2005–2006 рр.)**

Органи стебел	Фази росту						
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	зменшення від максим., %
<b>Листки</b>							
1-і	1,15	0,75	0,48	0,48	0,46	0,46	60
2-і	1,80	1,27	1,20	0,99	0,71	0,64	64
3-і	2,10	2,01	1,96	1,65	1,15	1,13	46
4-і	2,36	2,38	2,20	2,12	1,75	1,56	34
5-і	2,12	1,83	1,77	1,76	1,66	1,57	26
<b>Колоси</b>							
	1,68	1,13	1,12	0,96	0,71	0,63	63
<b>Міжвузля</b>							
1-і	1,11	0,90	0,86	0,84	0,67	0,62	44
2-і	1,44	0,96	0,85	0,76	0,64	0,63	56
3-і	2,66	1,55	1,23	0,73	0,68	0,63	76
4-і	2,72	1,70	1,56	0,95	0,80	0,78	71
5-і	2,78	1,61	1,57	1,21	1,02	0,90	68
Зерно	–	–	1,38	0,80	0,50	0,43	–

Аналіз окремих органів рослин дозволяє отримати серію результатів замість одного, якщо аналіз зроблено тільки для середнього зразка стебла чи рослини. Серія результатів, послідовно розміщених відповідно до позицій органів на стеблі, – це є досить об'ємна інформація про хімічний склад різних органів, хоча і неповний, при чому суміжні органи можна прийняти як контрольні один до одного, що дає можливість виявити відміни між ними і за

ярусами, і за фазами росту, відміни за динамікою просів накопичення і використання елементів живлення.

Дані таблиці 63 свідчать, що за фазами росту найбільший відносний уміст калію в органах був в кінці фази вихід у трубку, коли колос знаходився у піхві верхнього листка, висока концентрація калію характерна для міжвузлів 3–5 ярусів. У наступні фази показники відносного вмісту калію в усіх органах поступово зменшуються до мінімальних значень в повній стиглості, причому більше калію залишається в листках і міжвузлях 3–5 ярусів. Порівняно з максимальною концентрацією (фаза вихід у трубку) в листках зменшується уміст калію в інтервалі 26–46% (менший відтік), у міжвузлях – в інтервалі 44–76% (більший відтік), три верхні листки «утримують» калій міцніше ніж відповідні до них міжвузля. У зерні зменшився уміст калію у зв'язку з наповненням зерна крохмалем, білками, цукрами.

Для характеристики особливості формування урожайності зерна пшениці озимої велике значення мають дані з динаміки валового вмісту калію в органах у період наливу зерна (табл. 64).

Відтік калію з органів визначено за різницею між максимальними величинами вмісту в перші фази формування зерна і мінімальними в повній стиглості. Наявність відтоку калію з листків чітко виражена в кінці фази вихід у трубку, із міжвузлів 1–3-го ярусів – у фазі колосіння, із 4-го ярусу – у фазі цвітіння, із 5-го ярусу і колосів – у фазі формування зерна.

Таблиця 64

**Динаміка валового вмісту калію в органах стебел пшениці озимої в репродуктивний період у мг на 100 стебел (середні дані за 2005–2006 рр.)**

Органи стебел	Фази росту						Відтік	
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	мг	%
<b>Листки</b>								
1-і	<b>71</b>	29	13	7	7	6	65	92
2-і	<b>155</b>	76	66	54	35	30	125	81
3-і	<b>302</b>	263	255	195	131	120	182	60
4-і	477	<b>478</b>	396	363	296	236	241	51
5-і	449	<b>472</b>	439	431	369	320	152	32
Сума	1454	1318	1169	1050	838	712	766	–
<b>Колоси</b>								
	128	345	348	373	301	204	169	46
<b>Міжвузля</b>								
1-і	<b>113</b>	97	71	68	45	34	79	70
2-і	<b>236</b>	163	146	125	97	88	148	63
3-і	<b>364</b>	363	303	196	173	115	249	68
4-і	106	<b>542</b>	530	358	327	222	320	59
5-і	8	243	333	<b>342</b>	315	238	104	30
Сума	955	1753	1731	1462	1258	901	1069	–
Зерно	–	–	50	250	387	493	–	–

Особливості відтоку: початок із старших органів, завершення – із молодих. Верхні два листки і міжвузля є ніби резервом валового вмісту калію на випадок нестачі його, який надходить із нижніх ярусів. Зменшення валового вмісту калію відбувається в усіх органах, крім зерна, в якому, навпаки, збільшується. Перевага за відтоком калію належить трьом верхнім листкам, відійшло 120–320 мг, і двом верхнім міжвузлям і колосам, відійшло 204–238 мг. Сумарний відтік калію в репродуктивний період із листків склав 766 мг, із міжвузлів і колосів – 1069 мг, за цей час у зерно поступило калію 493 мг. Наведені числа показують, що далеко не весь калій із вегетативних органів поступив у зерно. Тому термін «реутилізація» – повторне використання в організмі елемента, для калію підходить частково, оскільки поряд з реутилізацією відбуваються значні втрати калію. Як відмічає А.В. Петербурзький, в протилежність азоту і фосфору вміст калію у товарній частині врожаю менший, ніж в нетоварній.

У 2013 р. валовий вміст калію в листках був подібним до вмісту в попередні роки, а в міжвузлях – значно менший у зв'язку з уповільненням росту рослин у жарку погоду в червні. Швидкість відтоку була більша, особливості відтоку із органів такі ж, як це було в 2005–2006 рр.

Підсумкові дані валового вмісту калію (табл. 65) у різних органах показує, що в стеблах залишилося його 53–62% від максимального вмісту до наливу зерна, зокрема в зерні калію було 14–18%, втрати склали 39–44%. Дж. Кук повідомляє, що в різних польових дослідах у період від колосіння до збирання ячмінь втратив третину, яра пшениця – половину калію, імовірним шляхом втрат вважає виділення переважно коренями, ніж вимивання дощами.

Таблиця 65

**Підсумкові результати динаміки вмісту калію в органах пшениці озимої  
(у мг на 100 стебел)**

Показники	2005-2006 рр.		2013 р.	
	мг	%	мг	%
Максимальний вміст калію до наливу зерна	3448	100	2976	100
зокрема: листках	1478	42,9	1424	47,8
міжвузлях	1597	46,9	1171	33,9
колосах	373	10,8	381	12,8
Залишок калію в повній стиглості	1613	46,7	1125	37,8
зокрема: листках	712	20,6	551	18,5
міжвузлях	697	20,2	410	13,8
колосах	204	5,9	164	5,5
Відтік із органів	1835	53,2	1851	62,2
Надійшло в зерно	493	14,3	537	18,0
Втрати від максимального вмісту	1342	38,9	1314	44,2

Біологічні потреби злакових рослин у калію подібні азоту. Особлива роль калію полягає в тому, що він бере активну участь у рості і розвитку рослин у першій половині вегетації, у період, коли формується фотосинтетична система органів з необхідним вмістом органічних і мінеральних речовин. Засвоєні елементи мінерального живлення в репродуктивний період використовуються по-різному. Так, за нашими результатами із вегетативних органів пшениці азоту надходить в зерно 71–80%, фосфору – 74–81%, а калію лише 14–18%. Вибіркова здатність засвоєння елементів проявляється також і у фазу формування зерна.



## Висновки

У третьому розділі детально показано масу сухих речовин в органах рослин пшениці озимої по варіантам дослідів, визначено приріст маси в листках, міжвузлях, колосах на удобрених варіантах. Загальний приріст органів головних стебел склав 36–44%, стебел кущіння – 99–149%.

Під впливом добрив найбільші зміни у відносному вмісту азоту відбулись у листках. У фазі цвітіння вміст елементів живлення збільшився від нижніх ярусів органів до верхніх. У співвідношенні між елементами живлення в листках переважав калій, друге місце посів азот. При дефіциті азоту в живленні рослин в листках зменшувалася частка азоту й збільшилася частка фосфору. При різних нормах добрив співвідношення між елементами було схожим.

У результаті детального аналізу зразків пшениці і ґрунту визначили ряди вмісту макро- і мікроелементів. При окультурюванні чорнозему в органах пшениці оптимізувався вміст найважливіших біогенних елементів (Ca, Mg, Mn, Fe та ін.) на фоні зменшення кількості забруднювальних елементів (Cr, Ni, Pb, Cd), підвищує якість продукції. Для жодного із важких металів не зафіксували перевищення ГДК в зерні пшениці.

В період наливу зерна із вегетативних органів і колоса в зернівки надійшла значна кількість пластичних речовин, які забезпечили утворення в 61–67% маси зерна. У результаті реутилізації вміст валового азоту зменшився в листках на 75–81%, у міжвузлях – на 47–74% від максимуму, за рахунок притоку азотовмісних і фосфоровмісних сполук зернівки були забезпечені азотом на 71–80 %, фосфором – на 74–81%. Решта цих елементів поступила до зерна за участю кореневого живлення. У зернівках калію було 14–18% від максимального його вмісту в органах стебла у період колосіння–цвітіння, втрати калію склали 39–44%. Вважаємо, що він надійшов у ґрунт через кореневу систему.

## Список літератури до третього розділу

1. Шатилов И.С. Принципы программирования урожайности / И.С. Шатилов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1973. – № 3. – С. 8–14.
2. Овчинников Н.Н. Закономерности онтогенеза однолетних культурных злаков / Н.Н. Овчинников, Н.М. Шиханова. – М. : Изд-во «Наука», 1964. – 184 с.
3. Журбицкий З.И. Определение потребности растений в питании и удобрении по соотношению NPK / З.И. Журбицкий, В.М. Лавриченко ; ВНИИТЭИСХ. – Москва, 1982. – 64 с.
4. Полевой В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М. : Изд-во «Вышш. школа», 1989. – 464 с.
5. Горін М.О. Хімізм озимої пшениці та лучних травостоїв кормового призначення при агрохімічному окультурюванні ґрунтів (екологічний аспект) / М.О. Горін, Г.Ф. Ольховський // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – Х. : ХНАУ, 2009. – № 3. – 228 с.
6. Лархер В. Экология растений / В. Лархер. – М. : Изд-во «Мир», 1978. – 185 с.
7. Носатовский А.И. Пшеница. Биология / А.И. Носатовский. – 2-е изд., доп. – М. : Колос, 1965. – 563 с. : ил.
8. Довідник працівника агрохімслужби / Б.С. Носко [та ін.] ; за ред. Б. С. Носка. – 2-ге вид., переробл. та допов. – К. : Урожай, 1991. – 262 с. : табл.
9. Петин Н.С. О роли отдельных органов в наливе зерна пшеницы / Н.С. Петин, А.Н. Павлов // Доклады АН СССР. – 1957. – Т. 177(1). – С. 146–149.
10. Петрова Л.Н. Роль вегетативных органов озимой пшеницы в снабжении зерна ассимилятами и основными элементами питания / Л.Н. Петрова // Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая у пшеницы и других колосовых злаков : тезисы докладов. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1972. – 144 с.
11. Клименко В.Л. Влияние разных ярусов листьев на урожай и качество зерна озимой пшеницы / В.Л. Клименко, Л.Я. Крюкова // Известия ТСХА, 1973. – № 1. – С. 46–51.
12. Лебедев С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. – 2-ге вид, доповн. – К. : Вища школа, 1972. – 414 с.
13. Найдин П.Г. Отбор растительных образцов зерновых культур / П.Г. Найдин // Методические указания по географической сети опытов с удобрениями. – М. : Изд-во «Колос», 1965. – Вып 11. – 142 с.
14. Пшениця / Колектив авторів. – К. : Урожай, 1977. – 428 с.
15. Брей С.М. Азотный обмен в растениях / С.М. Брей. – М. : Агропромиздат, 1986. – 199 с.
16. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы / А.Н. Павлов. – М. : Наука, 1967. – 339 с.
17. Горшков П.А. О роли отдельных органов озимой пшеницы в наливе зерна и изменении его качества / П.А. Горшков, В.М. Макаренко // Удобрение и качество растениеводческой продукции : научн. тр. УСХА. – К., 1976. – Вып. 18. – С. 71–85.
18. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – 2-е изд., перераб. – М. : Россельхозиздат, 1981. – 184 с.

## Розділ 4. ВПЛИВ ДОБРИВ НА ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

### 4.1. Вплив добрив на елементи структури врожаю

Багаторічні дослідження з вивчення ефективності добрив на посівах пшениці озимої свідчать, що врожай від них підвищується на 5–70% [1, 2, 3, 4]. Приріст врожаю збільшується зі зростанням норм повного добрива до  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , а в окремих випадках і до більших величин [5, 6, 7, 8].

Якщо з поліпшенням умов мінерального живлення продуктивність рослин підвищується, то важливо знати коли і за яких структурних змін це відбувається в рослинах, щоб можна було вдосконалювати заходи для отримання вищих урожаїв.

Для вирішення цього питання нами в період (1982–2017 рр.) були проведені дослідження з вивчення ефективності різних доз і співвідношень мінеральних добрив при основному внесенні під пшеницю озиму.

#### 4.1.1. Методика досліджень

Об'єктом досліджень були посіви середньорослого сорту пшениці озимої Харківська 81 на варіантах: 1 – контроль (без добрив), 2 –  $N_{120}P_{60}K_{30}$  (оптимальна норма), 3 –  $N_{215}P_{180}K_{120}$  (розрахована норма для отримання врожаю зерна 60 ц/га). Метою введення варіанта 3 було створення умов мінерального живлення, за яких потреби рослин пшениці озимої були б повністю задоволені. Проби рослин для вивчення їх структури відбирали на площадках  $0,25 \text{ м}^2$  в 3–4-х кратній повторності, густоту рослин визначали на таких же площадках в 10–12-ти кратній повторності.

Попередньо в лабораторних умовах у вегетаційному досліді установили, що дія добрив в сприятливих умовах вологості і температури поживного середовища проявляється вже через дві доби після посіву в прискореному рості первинних коренів і зародкових листків.

Дослідженнями А.І. Носатовського, Ф.М. Куперман [9, 10] встановлено, що при появі другого–третього листків в конусі наростання формується основа вегетативної сфери. Далі при розгортанні третього листка – початку кушіння настає третій етап органогенезу, коли формується вісь зачаткового колоса, а дещо пізніше на ній колоскові бугорки. Сприятливі умови для росту і розвитку збільшують кількість члеників на зачатковому колосі. У цей час оптимальною нормою висіву, польовою схожістю, умовами мінерального живлення обумовлюються перші складові частини структури врожаю: густота рослин, кількість стебел, їх величина, розмір суцвіття.



#### 4.1.2. Результати досліджень

Після попередника кукурудза на силос дія основного внесення азотних, азотно-фосфорних і повного добрива спостерігається у фазі повних сходів. Рослини пшениці озимої на удобрених ділянках відрізнялися інтенсивним забарвленням листків, більшою їх площею і масою.

Стан рослин на різноудобрених ділянках у фазі кущіння (табл. 1) показав, що поліпшення умов живлення за рахунок добрив сприяло зміні габітусу і маси головних стебел, яка в 1,6–1,9 рази перевищувала масу відповідних стебел контрольного варіанта, а в пагонах кущіння відклалося сухих речовин у 5–12 разів більше, ніж у таких же органах на контролі. Маса сухих речовин у фазі кущіння відображає головним чином масу листків, більшій масі відповідає більша фотосинтетична поверхня листків, здатна краще поглинати сонячну енергію. Зміни у розвитку рослин на I–IV етапах органогенезу є підставою для передбачення, що до настання повної стиглості залишиться більше стебел і вони будуть продуктивнішими. Це підтвердилося результатами обліку густоти продуктивних стебел та біологічної продуктивності головних і вторинних стебел (табл. 66).

Таблиця 66

**Елементи структури врожаю і продуктивність пшениці озимої залежно від норм добрив (середні дані за 1982, 1983, 1985 рр.)**

Варіанти	Головні стебла			Стебла кущіння			Загальна продуктивність рослин	
	Кількість, шт./м <sup>2</sup>	Маса зерна з одного колоса, г	Продуктивність, г/м <sup>2</sup>	Кількість, шт./м <sup>2</sup>	Маса зерна з одного колоса, г	Продуктивність, г/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	%
<b>1982 р.</b>								
Контроль	200	1,13	226	16	0,82	13	239	100
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	200	1,34	268	216	1,05	227	495	207
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	200	1,45	290	285	0,98	279	569	238
<b>1983 р.</b>								
Контроль	246	1,22	300	38	0,88	33	333	100
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	246	1,72	423	134	1,18	158	581	174
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	246	1,87	460	164	1,16	190	650	195
<b>1985 р.</b>								
Контроль	243	1,23	299	49	0,95	47	346	100
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	243	1,43	347	170	1,30	221	567	164
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	243	1,58	384	319	1,20	263	647	187

Слід відмітити, що в даних таблиці кількість головних стебел відповідає середній густоті рослин у досліді. Мала густина обумовлена рядом причин: тільки польова схожість насіння після попередника кукурудза на силос зменшує кількість рослин порівняно із запланованою нормою висіву на 30% [13], значна кількість (15–35%) рослин випадає в процесі вегетації.

Застосування добрив стимулювало підвищення кущистості рослин, коефіцієнт продуктивного кущіння на контролі був у межах 1,1–1,2, при

оптимальній нормі добрив – 1,5–2,1; при підвищеній – 1,7–2,4; на останніх варіантах зростає при зменшенні густоти рослин. Внесення мінеральних добрив сприяло формуванню крупніших і значно продуктивніших колосів на головних і вторинних стеблах, що досить ефективно позначилося на загальній продуктивності. Роль різних стебел у формуванні приросту продуктивності рослин відображено у таблиці 67.

Таблиця 67

**Складові частини загального приросту продуктивності стебел пшениці**

Варіанти	Приріст продуктивності				
	загальний, г/м <sup>2</sup>	від головних стебел		від стебел кущіння	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	242	71	29	171	71
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	316	103	33	213	67

У середньому за три роки 29–33% додаткового урожаю створюється за участю головних стебел і 67–71% – за участю стебел кущіння. На варіанті 3 при повному забезпеченні потреб рослин в основних елементах живлення значимість головних стебел зросла на 4%. Дані таблиць 66, 67 кількісно відображають важливість ролі у формуванні структури врожаю тих відмін у розвитку рослин, які проявилися на початку вегетації.

Зважаючи на те, що утворенню зернівок передують ріст стебла (листіків, міжвузлів, колоса) слід виявити залежність продуктивності колоса від маси стебла. Статистичний аналіз великих вибірових сукупностей, складених з результатів відповідних вимірів рослин пшениці озимої в повній стиглості показав, що і для високопродуктивних колосів (маса зернівок з одного колоса – 0,80–2,85 г), і для низькопродуктивних (маса зернівок – 0,20–0,41 г) спостерігається прямий кореляційний зв'язок між масою, кількістю зернівок з одного колоса і масою стебла, коефіцієнт кореляції не менше 0,95. Ці дані заперечують твердження про те, що під впливом добрив формується переважно вегетативна маса. При правильному застосуванні добрив інтенсивний ріст хлібних злаків завершується більшим збором найціннішої продукції – зерна.

У зв'язку з тим, що більше половини врожаю отримано від головних стебел, важливо знати інтервал значень кількості зерен і їх маси в колоссях рослин на різних варіантах. Ці властивості досліджено на вибірках по 60 колосів з варіанта, результати показано в таблицях 68, 69.

Таблиця 68

**Розподіл колосів головних стебел у групах за кількістю зерен у них, 1983 р. (n = 60)**

Варіанти	Групи колосів за кількістю зерен у них, шт.						
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
Контроль	2	20	21	12	5	0	0
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0	2	8	32	17	1	0
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	0	1	8	19	23	8	1

Найменша кількість зерен утворилася у колосах контрольного варіанта, переважають колоси з кількістю зерен від 11 до 30 шт. На удобрених фонах озерненість колосів зростає. Спостерігається зменшення значень управо – у групі з кількістю зерен більше 30 шт. Якщо на контрольному варіанті таких колосів було 28%, то на варіанті з оптимальною нормою добрив – 83%, а з нормою добрив на повне задоволення потреб рослин – 85%. У третьому варіанті виявлено найбільш продуктивні колоси, в яких зернівок було 51–57 шт., а в одному навіть 68 шт. Маса зерен залежала від їх кількості (табл. 69). Більше третини колосів контрольного варіанта мали масу зернівок до 1 г, у переважній більшості колосів маса зерна була від 0,5 до 1,5 г, що досить часто проявляється в умовах виробництва. Частка більш продуктивних колосів теж була значною – 32%.

Таблиця 69

**Розподіл колосів у групах за масою зернівок з одного колоса (n = 60)**

Варіанти	Кількість колосів у групах за масою у них, г							
	до 0,50	0,51-1,00	1,01-1,50	1,51-2,00	2,01-2,50	2,51-3,00	3,01-3,50	3,51-4,00
Контроль	5	20	16	11	8	0	0	0
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0	2	10	24	20	4	0	0
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	0	2	8	12	28	8	1	1

На удобрених варіантах колосів з виходом зерна до 1 г сформувалося у 12 разів менше, переважали колоси з продуктивністю більше 1,5 г, їх складова частина дорівнювала 80 і 83% відповідно до варіантів. На третьому варіанті з досліджуваного колоса з 68 зернівками вихід зерна становив 3,62 г, а середня маса однієї зернівки – 53 мг. Узагальнені результати щодо цих розподілів наведено в таблиці 70.

Таблиця 70

**Кількість зернівок і їх маса з одного колоса  
(середні величини із 60 вимірів по варіантам)**

Варіанти	Кількість зернівок		Маса зернівок		Маса 1000 зернівок	
	шт.	%	г	%	г	%
Контроль	25,6	100	1,24	100	48,5	100
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	36,8	144	1,89	152	51,6	106
N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	41,2	161	2,08	168	50,6	104

Наведені дані показують, що під впливом добрив кількість зернівок у колосі збільшується на 11–16 шт., або на 44–61%, маса зернівок – на 0,65–0,84 г, або на 52–68%, маса 1000 зерен – на 4–6%. Приріст маси зерен у колоссях (%) випередив приріст їх кількості, це означає, що маса однієї зернівки аж ніяк не зменшується зі збільшенням їх кількості в колосі.

Суттєві переваги у продуктивності колосів головних стебел на варіантах із застосуванням добрив спонукали вивчити в подробицях їх структуру та озерненість. Для цього було відібрано по 15 колосів з головних стебел на двох варіантах – контрольному і з розрахунковою нормою добрив. Кожний колос

розділили на колоски і в них визначили кількість зернівок. Узагальнені результати наведено в таблиці 71.

Таблиця 71

**Відміни в будові колосів і їх продуктивності залежно від умов живлення  
(дослід 1985 р., n = 15)**

Показники	Варіанти	
	Контроль	N <sub>215</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>
Усього колосків в колоссях, шт.	215	242
у т.ч. непродуктивних, шт.	42	12
у т.ч. колосків з 1 зернівкою, шт.	60	43
у т.ч. колосків з 2 зернівками, шт.	106	77
у т.ч. колосків з 3 зернівками, шт.	7	88
у т.ч. колосків з 4 зернівками, шт.	0	22
Середня кількість колосків у колосі, шт.	14,3	16,1
Середня кількість зернівок у колосі, шт.	19,5	36,7
Середня продуктивність 1 колоса, г	0,85	1,87
Середня маса 1 зернівки, мг	44	51

На контрольному варіанті кількість колосків на одному колосі була в межах 12–16, на удобреному – 14–18 шт. У колосах контрольного варіанта налічувалося в 3,5 рази більше непродуктивних колосків і переважали колоски з двома зернівками, тоді як на удобреному варіанті утворилося більше половини колосків з двома – трьома зернівками, а найбільшу частину від суми зайняли колоски з трьома зернівками. Це обумовило велику різницю в кількості зернівок та їх масі з одного колоса, яка зросла в 2,2 рази, що свідчить про значно більші можливості головних стебел у підвищенні врожайності, ніж було відмічено в таблиці 67.

Для результатів у таблицях 69, 70 характерно, що зворотнього зв'язку між кількістю зернівок і середньою масою однієї зернівки в одному й тому ж колосі не спостерігається. Причина виявлених відмінностей у продуктивності колосів полягає в змінах у зародкових суцвіттях, які відбулися на III–IV етапах органогенезу, розвивалися і реалізувалися на наступних етапах.

Завдяки таким змінам у розвитку рослин в польових дослідах 1981–1983 рр. на вказаних вище варіантах внесення основного добрива забезпечило приріст біологічної врожайності пшениці озимої 68–103% відносно врожайності на контрольному варіанті – 34,1 ц/га, приріст господарської врожайності – 66–101%, відносно результату на контролі 25,3 ц/га. У 1987–1990 рр. така ефективність підтвердилася.

Таким чином, підтверджено велику значимість основного і припосівного внесення добрив і виявлено причину слабкої дії на величину врожаю пізніх позакореневих підживлень азотом, оскільки після колосіння з елементів структури врожаю може дещо змінюватися лише маса 1000 зерен.

Вивчення умов формування колоса з більшою кількістю колосків, квіток і зерен у ньому є найважливішим завданням дослідників [9]. Як показують

представлені результати застосування добрив – один із можливих засобів вирішення поставленого завдання.

## 4.2. Детальний метод визначення структури врожаю пшениці

### 4.2.1. Аналіз літературних даних

У багатьох публікаціях, що висвітлюють вплив різних факторів на врожай пшениці озимої, увагу зосереджено на структуру врожаю. На жаль, вона наведена по окремим елементам, а саме: маса 1000 зерен, довжина колоса, кількість зерен в колосі та інші. Але елементи структури врожаю – це важливі показники, значення яких часто вимагають відповіді на питання: чому так відбулося? Елементи структури врожаю відображають умови його формування. Вважаємо, що на варіантах дослідів із добривами, сортами, попередниками з великим приростом врожайності слід структуру вивчати глибше, адже результати таких досліджень будуть корисними в майбутньому.

Аналіз опублікованих робіт по структурі врожаю виявив ряд недоліків. У навчальному посібнику М.С. Савицького [11] названо елементи структури, але не вказано, як відбираються проби рослин на полі для визначення останньої, визначають кількість рослин на площі 1 м<sup>2</sup>, продуктивну куцистість, кількість колосків у колосі, масу зерен у колосі, масу 1000 зерен.

Лихочвор В.В. стверджує, що врожай зерна визначається двома узагальнюючими показниками – густиною продуктивного стеблостою і масою зерна з колоса. Водночас ці елементи структури залежать від багатьох дрібних компонентів [12]. Автор надто захопився багатостебельними рослинами, на яких утворюються 2–5 стебел куціння і, головне, що ці стебла синхронно ростуть і мають середню масу зерна з колоса більшу за масу зерна з колоса одностеблових рослин. Маса зерна з колоса у одностеблових рослин сорту Поліська 70 на фоні N<sub>80</sub> P<sub>60</sub> K<sub>60</sub> була в межах 1,04–1,09, у двостеблових – 1,16–1,24 г, у трьохстеблових – 1,30–1,36 г і чотирьохстеблових – 1,29–1,40. «Середня маса зерна з одного колоса закономірно збільшується при підвищенні кількості стебел на рослині ... незважаючи на зменшення кількості зерен, зерен у колосі пагонів куціння...» [12], чи логічна закономірність? У цього ж автора: середня крупність зерна (маса 1000 зерен) збільшується з ростом числа пагонів у рослині. У середньому за 5 років вона становила у колосах одностеблових рослин 36,3 г у; багатостеблових – 40,0–40,8 г. У дослідженнях В.М. Ремесла, навпаки, найкрупніші зерна у сорту Миронівська 808 були у головного пагона, де маса 1000 зерен найвища – 40,6 г, у першого бокового вона становила 37,0 г, у другого бокового – знизилася до 35,4 г.

Можливо, у дослідженнях Лихочвора, за багатостебельні рослини були взяті куці з кількох рослин, які щільно зрослися, а в час аналізу окремі рослини були враховані як стебла куціння.

Відбір проб зернових колосових має здійснюватися на площадках визначеного розміру, наприклад, поширений спосіб відбору проб [15] за

міжрядь 15 см на 2-х суміжних не стикових рядках відрізками 83,3 см, у такому разі площа становить  $83,3 \text{ см} \times 15 \text{ см} \times 2 = 2499 \text{ см}^2$ .

Аналіз структури врожаю потребує багато часу, тому працівники агрохімічних лабораторій схильні спрощувати роботу, до того ж часто для аналізу відбирають типові стебла близькі за розміром до середніх. Чи не тому в низці публікацій окремі елементи структури врожаю однакові навіть у варіантах дослідів із застосуванням добрив.

Носатовський А.І. стверджує, що врожай зерна залежить від врожаю непродуктивної частини – соломи, оскільки для більшої кількості сортів пшениці озимої врожай зерна підвищується з підвищенням урожаю соломи [9]. Термін «непродуктивна частина», вважаємо, є некоректним, оскільки «солома» від кушіння до воскової стиглості зерна була фотосинтетичною частиною, яка формувала врожай зерна. У листках, міжвузлях і в колосі материнського стебла відбувався головний процес рослин – фотосинтез, продукти якого (органічні речовини) надходили із органів стебла в зерно і становлять 98 % його сухої маси. Також хід росту рослин і площі листків є найголовнішою умовою отримання високих урожаїв, і може бути показником, який свідчить про перебіг формування врожаю пшениці озимої [16, 17].

Постають питання, якщо врожайність – це збір зерна з одиниці площі, то завдяки яким змінам у рості і розвитку рослин він підвищується? Які стебла взяти для аналізу? Відповідь на ці питання може дати аналіз складових продуктивності рослин–стебел–основи структури врожаю. Цей підхід застосовує більшість учених селекціонерів, рослинників, фізіологів та агрохіміків. У відомих методиках відбору проб врожаю зернових колосових сільськогосподарських культур увагу вчених звернено на чинники формування густоти рослин і продуктивного стеблестоя, але залишається недостатньо дослідженою роль стебла у формуванні структури врожаю, тому метою досліджень було застосувати детальний метод визначення структури врожаю шляхом охоплення всієї рослини, всього стебла.

#### **4.2.2. Матеріали і методи досліджень**

Об'єктом досліджень була пшениця озима середньоросла сорту Елегія, вирощена у 2012 році на ділянках польового дослідження за варіантами: 1 – контроль (без унесення добрив), 2 – основне внесення добрив  $N_{90}P_{60}K_{60}$  у ґрунт перед сівбою насіння. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесі, попередник – горох. Суть запропонованої нами методики – перед збиранням врожаю на ділянках польового дослідження (окремі варіанти через великий обсяг роботи) або на виробничих посівах проби рослин пшениці озимої відбирали разом з коренями з площі  $0,25 \text{ м}^2$  у 2-х разовій повторності, не допускаючи втрат сухих речовин. Втратами 1–2-х прикореневих сухих листків можна знехтувати, оскільки їхня маса незначна. Після цього обтрушували ґрунт із коренів і просушували снопики в лабораторії тиждень, щоб усі стебла були сухими.

Перед зважуванням визначали куцистість рослин. Проте можуть бути неточності, оскільки в суху погоду залежно від механічного складу ґрунту деякі сусідні рослини виявляються дуже зрощеними й під час їх розділення складно визначити, де головне стебло, а де бокове, крім того, стебла зламуються над кореннями. Зважування окремих стебел проводять послідовно на технічних вагах з точністю до 0,01 г. перед зважуванням стебла зрізують над вузлом куціння. Порядок дій такий: визначають масу всього стебла з колосом і колоса з зерном. Після цього колос на дні густого зернового сита облущують, виділяють чисте зерно і зважують, підраховують кількість зерен. Отримані результати записують за такою формою:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ рослини	№ стебла	Маса всього стебла, г	Маса колоса з зерном, г	Маса зерна з колоса, г	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса однієї зернини, мг	Маса соломи, г	Окремі примітки

Після зважування всіх стебел та їхніх частин отримані масиви даних різних показників – великі вибіркові сукупності, для аналізу яких потрібно застосувати групування даних [18]. У рекомендованій нами методиці визначення структури врожаю пшениці за основу при розподілі на групи взято найбільш вживаний показник – масу зерна з колоса (г). За цим показником визначено такі групи: до 0,5 г, 0,51–1 г, 1,01–1,5 г, зі збільшенням маси зерна на 0,5 г, розподілення на групи за масою зерна з колоса дає змогу хаотичне різноманіття стебел пшениці озимої замінити упорядкованою системою, в якій масу стебел ступінчасто розміщено від найменшої до найбільшої відповідно до груп.

Розподіляють за групами масу всього стебла з колосом, масу колосів з зерном, масу зерна та кількість зерен у колосі. По кожній групі визначено кількість вимірів і середні значення показників структури врожаю. Після цього визначають біологічний урожай зерна пшениці, додаткової продукції, середню масу однієї зернини в колосі в кожній групі (мг) як результат поділу середньої маси зерна на кількість зерен у колосі, цей показник відповідає масі 1000 зерен (г), співвідношення солома : зерно, частку зерна в колосі (%) та ін.

Коефіцієнт кореляції визначали об'єднавши вихідні дані двох паралельних проб по кожному варіанту [18].

#### 4.2.3. Результати досліджень

У таблицях 72, 73 наведено результати застосування запропонованої нами методики визначення структури врожаю, до аналізу взято всі продуктивні стебла. Коефіцієнт продуктивного куціння становив 1,2–1,3, а густина продуктивного стеблестою – 418–530 шт/м<sup>2</sup>.

Розподіл проб з площі 0,25 м<sup>2</sup> на групи за масою зерна з колоса виявив невіривняність стебел за масою сухих речовин. На контрольному варіанті найбільша кількість стебел у групах з продуктивністю колоса 0,5–1,5 г. Середня маса стебел у групах зростає зліва направо, максимальний показник маси перевищує мінімальний у 4,75 рази (табл. 72). Зростання середньої маси стебла у групах 2–6 порівняно з першою: 21–25–28–55–60%. Відповідно до середньої маси стебел змінюється маса колосів з зерном, цей показник перевищує мінімальний у 5,6 рази, тобто темп зростання маси колосів подібний до темпу зростання маси стебел. Інтервал маси зерна за групами – 0,41–2,67 г, максимальна маса перевищує мінімальну у 6,5 рази, що свідчить про можливі резерви підвищення врожайності зерна. Найбільшу сумарну кількість зерна отримано від колосів з продуктивністю колоса 0,5–2 г, частка їх у формуванні врожаю становить 84,9%. Біологічний урожай зерна у цьому варіанті – 206,46 г×2 = 413 г/м<sup>2</sup>.

Таблиця 72

**Структура врожаю пшениці озимої сорту Елегія (контрольний варіант)**

Показник	№ проби	Група за масою зерна з колоса, г						Сума
		До 0,50	0,51-1,00	1,01-1,50	1,51-2,00	2,01-2,50	2,51-3,00	
Кількість вимірів	1	18	42	29	9	4	1	103
	2	13	50	27	13	2	1	106
Сума вимірів, шт.		31	92	56	22	6	2	209
Маса стебел з колосами, г	1	16,09	63,82	68,26	28,26	13,32	4,50	-
	2	13,45	76,45	62,98	37,79	7,12	4,52	-
Сума мас стебел з колосами з двох проб, г		29,54	140,27	131,84	66,05	22,44	9,02	399,16
Середня маса одного стебла з колосом, г		0,95	1,52	2,35	3,00	3,74	4,51	-
Сума мас колосів з зерном, г	1	9,91	40,22	47,37	20,02	10,75	3,25	-
	2	7,99	47,30	42,55	28,85	5,05	3,26	-
Сума мас колосів з зерном двох проб, г		17,90	87,52	89,92	48,87	15,80	6,51	266,52
Середня маса колоса з зерном, г		0,58	0,95	1,61	2,22	2,63	3,26	-
Сума мас зерна з колосів, г	1	7,17	30,01	37,09	16,24	8,91	2,63	-
	2	5,64	35,63	33,09	23,21	4,14	2,70	-
Сума мас зерна з колосів двох проб, г		12,81	65,64	70,18	39,45	13,05	5,33	206,46
Середня маса зерна з колоса, г		0,41	0,71	1,25	1,79	2,18	2,67	-
Сумарна кількість зерен у колосах, шт.	1	272	887	947	382	185	88	-
	2	188	1005	837	549	84	58	-
Сумарна кількість зерен у колосах з двох проб, шт.		460	1892	1784	931	269	116	5452
Середня кількість зерен у колосі, шт.		14,8	20,6	31,9	42,3	44,8	58,0	-
Середня маса однієї зернини, мг		27,7	34,5	39,2	42,3	48,7	46,0	-
Частки участі груп за масою зерна у формуванні його врожаю, %		6,2	31,8	34,0	19,1	6,3	2,6	100



Дані таблиці 72 показують, що зі збільшенням маси стебла збільшуються всі інші показники структури врожаю. Найважливіше, що виявлено під час аналізу 209 колосів, – збільшення маси однієї зернини у разі зростання кількості зерен у групах за продуктивністю відбувається зліва направо (табл. 72, 73).

Визначено результати застосування добрив (рис. 21, табл. 73). На рисунку відображено різницю у розмірі колосів і кількості колосків у колосах, де чітко видно зростання величини колосів зліва направо відповідно до груп зі збільшенням маси стебел.

На відміну від контрольного варіанта, на варіанті із застосуванням добрив (табл. 73) збільшилася кількість груп до 8-ми у зв'язку з появою колосів з продуктивністю понад 3 г, і хоч їхня кількість невелика, вони розширюють нашу уяву про потенційні можливості сорту.

Під впливом добрив зменшилася кількість даних у перших двох групах (найменш продуктивних). Так, у контрольному варіанті їх було 123 шт., а в удобреному лише 56 шт., але збільшилася кількість вимірів в інших групах.

Вражаюча різниця за масою стебел з колосами. Якщо в контрольному варіанті сума мас стебел з продуктивністю колосів до 1 г – 169 г, то в удобреному – 77 г, а в 4–6 групах на контролі сума становить 229 г, при застосуванні добрив – 641 г.



**Рис. 21.** Колоси відповідно групам 1–8 за виходом зерна з колоса

**Елементи структури врожаю пшениці озимої сорту Елегія  
(на удобреному варіанті N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>)**

Показник	№ проби	Група за масою зерна з колоса, г								Сума
		до 0,50	0,51-1,00	1,01-1,50	1,51-2,00	2,01-2,50	2,51-3,00	3,01-3,50	3,51-4,00	
Кількість вимірів	1	5	25	41	23	25	14	3	1	137
	2	8	18	23	32	25	14	8	-	128
Сума вимірів, шт.		13	43	64	55	50	28	11	1	265
Маса стебел з колосами, г	1	4,89	38,58	100,46	65,58	99,16	65,61	15,8	7,00	-
	2	6,55	27,04	31,95	96,87	97,33	63,75	44,72	-	-
Сума мас стебел з колосами з двох проб, г		11,44	65,62	152,41	162,45	196,49	129,36	60,52	7,00	785,29
Середня маса одного стебла з колосом, г		0,88	1,53	2,38	2,95	3,93	4,62	5,50	7,00	-
Сума мас колосів з зерном, г	1	2,99	24,99	68,62	49,69	69,38	46,23	11,40	5,11	-
	2	4,25	18,08	35,43	65,68	68,17	45,48	31,50	-	-
Сума мас колосів з зерном з двох проб, г		7,24	43,07	104,05	115,37	137,55	91,71	42,90	5,11	547,0
Середня маса колоса з зерном, г		0,56	1,00	1,63	2,10	2,75	3,28	3,90	5,11	-
Сума мас зерна з колосів, г	1	3,09	13,90	28,28	56,07	55,91	37,24	9,13	4,20	-
	2	2,71	19,71	54,94	38,43	56,14	37,45	26,23	-	-
Сума мас зерна з колосів з двох проб, г		5,80	33,61	83,22	94,50	112,05	74,69	35,36	4,20	443,43
Середня маса зерна з колоса, г		0,45	0,78	1,30	1,72	2,24	2,67	3,21	4,20	-
Сумарна кількість зерен у колосах, шт.	1	77	561	1385	933	1228	781	171	74	-
	2	103	403	714	1287	1152	758	497	-	-
Сумарна кількість зерен у колосах з двох проб, шт.		180	964	2099	2220	2380	1539	668	74	10124
Середня кількість зерен у колосі, шт.		13,8	22,4	32,8	40,4	47,6	55,0	60,7	74	-
Середня маса однієї зернини, мг		32,6	34,8	39,6	42,6	47,1	48,5	52,9	56,8	-
Частки участі груп за масою зерна у формуванні його врожаю, %		1,3	7,6	18,8	21,3	25,3	16,8	8,0	0,9	100

Темпи приросту маси стебел з колосами визначено за результатами ділення середнього показника наступної групи на середнє значення показника попередньої групи (%): для маси стебел 1–2-ї груп – 74; 2–3-ї груп – 56; 3–4-ї груп – 28%. Подібні дані за темпами збільшення значень у групах зліва направо характерні для середньої маси колоса з зерном, середньої маси зерна з колоса, середньої кількості зерен у колосі. Показники темпів дають підставу вважати, що врожайність відносно легко можна підвищити завдяки зростанню продуктивності колоса до 1,5–2 г, а подальше підвищення продуктивності колоса потребує більших зусиль та уваги.

Відповідно до змін за групами суми мас стебла змінилися й суми мас зерна. У варіанті без добрив від малопродуктивних колосів (до 1 г зерна) отримали суму мас зерна 78,5 г, а на удобреному варіанті – 39,4 г, тобто менша участь цих колосів у формуванні врожаю пшениці озимої. Досить велика різниця між сумами зерна з колосів 3–6-ї груп: на контролі – 128 г, на удобреному варіанті – 364,5 г. Узагальнено відміни в структурі врожаю (табл. 74).

Таблиця 74

**Вплив добрив на елементи структури врожаю пшениці озимої сорту Елегія**

Варіант	Кількість продуктивних стебел, шт.	Середня маса, г				Біологічний урожай зерна, г/м <sup>2</sup>	Співвідношення солома : зерно
		стебла з колосами	колосів з зерном	зерна з колоса	1000 зерен		
Контроль	418	1,91	1,27	0,99	37,9	412,9	0,93
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	530	2,96	2,06	1,68	44,0	896,9	0,76

У таблиці 74 показана провідна роль маси стебла у формуванні врожаю. Робота спеціалістів має бути спрямована на створення сприятливих умов для росту і розвитку колосових зернових рослин на всіх етапах органогенезу, оскільки кінцевий результат залежить від стану рослин – стебел. У публікаціях [9, 14] відмічається, що ріст стебла є важливою фазою для формування врожаю пшениці.

У дослідах, як на контрольному, так і на удобреному варіантах, встановлено особливість: при збільшенні кількості зерен у колосі абсолютна маса однієї зернини (мг) збільшується, як і маса 1000 зерен (г). Таку залежність виявлено під час аналізу 474-х досліджених колосів. Цей резерв підвищення врожайності за сприятливих умов росту потрібно вивчати глибше. Подібну залежність, хоч і в менших обсягах виявлено у дослідженнях багатьох авторів. Але в публікації З. Натрової та Я. Смочек [19] зазначено, що між масою зернівки пшениці озимої і кількістю зерен, що зав'язались, існує від'ємна кореляція та виявлено, що не тільки кількість колосів у рослині, а й кількість колосків у колосі від'ємно корелюють з масою 1000 зерен. У якому ж напрямі слід вести роботу селекціонерам? Твердження цих авторів спонукає до детальнішого проведення аналізу, застосувавши кореляційний метод. Зведені дані щодо кореляційних зав'язків між елементами структури врожаю пшениці озимої сорту Елегія представлено в таблиці 75.

## Залежність між елементами структури врожаю пшениці озимої сорту Елегія

Елементи структури врожаю пшениці	Коефіцієнт кореляції за варіантами, г	
	Контроль, n = 209	№ <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> , n = 265
Маса колоса всього стебла – маса колоса з зерном, г	0,96 ± 0,002	0,98 ± 0,012
Маса колоса всього стебла – маса зерна в колосах, г	0,94 ± 0,002	0,95 ± 0,011
Маса всього стебла, г – кількість зерен у колосках, шт.	0,91 ± 0,028	0,94 ± 0,014
Кількість зерен у колосі, шт. - маса однієї зернини, мг	0,28 ± 0,066	0,62 ± 0,048

*Примітка: коефіцієнти кореляції достовірні за рівнів значущості 0,05 і навіть за 0,01.*

Переваги запропонованого нами детального методу аналізу структури врожаю пшениці полягають у наступному: проби відбирають з ділянок визначеного розміру; визначають густоту продуктивного стеблестю; аналізують за масою всі стебла підряд; стебла групують за масою зерна з колоса; визначають усі елементи врожаю комплексно і виявляють амплітуди їх коливань; за аналізом груп визначають різноманіття стеблестю, які групи переважають, і частку останніх у формуванні врожаю; виявляють залежність маси 1000 зерен від кількості зерен у колосі; визначають залежність елементів структури врожаю від маси стебла, що свідчить про напрям роботи для створення оптимальних умов для його росту; виявляють групи в яких сформоване крупне, виповнене, найцінніше за якісними показниками зерно.

Урожай залежить від комплексів внутрішніх і зовнішніх факторів, більше від зовнішніх. Внутрішні фактори визначають особливості виду, сорту, гібриду, обумовлені спадковістю. А зовнішні – умовами росту і розвитку рослин – забезпеченість вологою, теплом, мінеральним живленням, світлом, захистом рослин від шкідників, хвороб. Звідси витікає, що реалізувати внутрішні біологічні особливості рослин неможливо без оптимізації параметрів зовнішніх факторів.

### Висновки

Наведено складний у виконанні, але найбільш інформативний метод визначення структури врожаю пшениці озимої із застосуванням великих вибіркової сукупностей. Установлено роль стебла у формуванні всіх елементів структури врожаю пшениці озимої. За основу взято масу стебла і великі вибіркової сукупності рослин – стебел. Цю методику можна застосувати для аналізу рослин лише з перспективних ділянок та окремих сортів і гібридів, оскільки вона потребує багато часу на зважування стебел та їхніх частин. За наявності достатньої кількості персоналу запропонована методика може бути використана в широкому масштабі.

Показано, що основні елементи структури врожаю залежать від маси стебла – узагальнений показник росту і розвитку стебла, внаслідок умов росту і живлення рослин. Слід уяснити послідовність утворення маси стебла і привернути увагу до цього процесу спеціалістів-агрономів.

Дія добрив починається з появою зародкових коренів (у сприятливих умовах для проростання насіння через 2 доби після посіву). У фазі сходів (3-х листків) це чітко видно за розміром та забарвленням листків. В час росту 3-го листка (II етап органогенезу) в точках росту формуються перші основні відміни життєвих форм рослин. Вони впливають на наступні етапи і формування загального габітуса рослин (вегетативної сфери). У фазі кушіння (III етап) утворюється вісь майбутнього колоса, сегменти майбутнього колосового стержня. З початком виходу в трубку (IV етап) – закладаються зачатки колосків в колосі. Оптимальні умови росту (забезпечення водою, елементами мінерального живлення, світлом, площею живлення) позитивно діють на розмір листків, колосового стержня і кількість колосків на ньому. Другий-четвертий етапи початкові і найважливіші у формуванні структури врожаю.

Вплив добрив на ріст рослин пшениці на III–IV етапах відображено в роботі, приріст органічних речовин склав більше 40%, переваги в накопиченні маси вегетативних органів зберігаються на послідуєчих етапах. При формуванні зерна (X–XII етапи) із більшої маси вегетативних органів і колоса перерозподіляється (відтікає) в зернівки більше пластичних речовин, що забезпечує наливу більшої кількості зерен, їх крупність, звідси – залежність продуктів колоса від маси материнського стебла. Реалізація цієї послідовності вимагає ретельного підходу та затрат праці агрохімічної служби, що забезпечить підвищення врожайності та якості зерна пшениці озимої.



### Список літератури до четвертого розділу

1. Предко И.П. Действие удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и предшественника / И.П. Предко, И.С. Шаповал // Агротехника. – 1974. – № 10. – С. 43–49.
2. Горшков П.А. Влияние сочетания органических и минеральных удобрений в севообороте на формирование урожая зерна озимой пшеницы и его качества / П.А. Горшков, В.М. Макаренко // Научные труды УСХА. Выпуск 180. Удобрение и качество растениеводческой продукции. – К., 1976. – С. 3–11.
3. Сайко В.Ф. Особенности сортовой агротехники озимой пшеницы мироновских сортов / В.Ф. Сайко // Селекция и сортовая агротехника озимой пшеницы. – М. : Колос, 1979. – 304 с.
4. Гармашов В.Н. Вынос азота, фосфора и калия урожаем полукарликовых сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий минерального питания / В.Н. Гармашов, Г.К. Яценко, Ю.А. Калус, А.Н. Селиванов // Агротехника. – 1986. – № 10. – С. 39–53.
5. Минеев В.Г. Удобрение и качество зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Т. Тищенко, О.Д. Семихова. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1975. – 112 с.
6. Иванова Т.И. Потенциальные возможности улучшения качества зерна озимой пшеницы Мироновская 808 под влиянием возрастающих доз минеральных удобрений на

- дерново-подзолистий ґрунті / Т.І. Іванова, А.В. Бабаніна, В.С. Лазер // Аґрохімія. – 1976. – № 7. – С. 72–77.
7. Жемела Г.П. Добрива, урожай і якість зерна / Г.П. Жемела. – К. : Урожай, 1991. – 120 с.
  8. Ольховський Г.Ф. Біологічний та господарський винос поживних речовин озимою пшеницею при різних рівнях врожаю / Г.Ф. Ольховський // Вісник ХДАУ. – Харків. : ХДАУ, 1999. – № 2. – С. 165–175.
  9. Носатовський А.І. Пшениця. Біологія / А.І. Носатовський. – 2-е изд., доп. – М. : Колос, 1965. – 563 с. : ил.
  10. Куперман Ф.М. Морфологія рослин / Ф.М. Куперман. – 3-е изд., доп. – М.: Вища школа, 1977. – 288 с.
  11. Савицький М.С. Структура урожаю зернових культур : учеб. посіб. / М.С. Савицький, М.Е. Николаєв. – Горькі, 1976. – 20 с.
  12. Лихочвор В.В. Структура врожаю озимої пшениці : монографія / В.В. Лихочвор. – Львів : Українські технології, 1999. – 200 с.
  13. Пшениця / Кол. авторів ; под ред. В.Н. Ремесло. – К. : Урожай, 1977. – 428 с.
  14. Физиология сельскохозяйственных растений : в 12 т. / Ред. коллегия ; отв. ред. П.А. Генкель. – Москва : Изд-во МГУ, 1969. – Том IV. Физиология пшеницы. – 555 с.
  15. Найдин П.Г. Методика взяття рослинних зразків: метод. указання по географічній мережі досвідів з добривами / П.Г. Найдин. – М. : Колос, 1965. – 55 с.
  16. Овчинников Н.Н. Закономерности онтогенеза культурных злаков / Н.Н. Овчинников, Н.М. Шиханова. – М. : Наука, 1964. – 184 с.
  17. Ничипорович А.А. Фотосинтез и продукционный процесс / А.А. Ничипорович. – М. : Наука, 1988. – 277 с.
  18. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – 3-е изд., испр. / П.Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйш. школа, 1973. – 320 с.
  19. Натрова Н. Продуктивность колоса зерновых культур : учеб. посіб. / Н. Натрова, Я. Смочек. – М. : Колос, 1983. – 44 с.

## СЛОВО ПРО АВТОРА



Ольховський Григорій Філатович – взірець самовідданого служіння освітянській та науковій роботі. Його завжди можна знайти в аудиторії зі студентами, на дослідному полі, за лабораторним столом при виконанні дослідів. При кожному спілкуванні з Григорієм Філатовичем не тільки збагачуєшся знаннями в галузі агрохімії, але й прищеплюєш людяність, високі моральні цінності, безмежну любов до України.

Народився Г. Ф. Ольховський в 1935 році в робітничо-селянській родині в смт Нова Водолага Харківської області. Після закінчення середньої школи в 1954 році вступив на агрономічний факультет Харківського сільськогосподарського інституту ім. В. В. Докучаєва, де навчався тільки на добре та відмінно. У червні 1959 року захистив дипломну роботу, за яку на виставці досягнень народного господарства (ВДНГ) СРСР отримав медаль і наручний годинник.

Навчання в аспірантурі Г. Ф. Ольховський проходив по кафедрі фізіології рослин в Харківському СГІ ім. В. В. Докучаєва, де проявив аналітичний і творчий підхід до вирішення складних питань. Молодий науковець відпрацював і впровадив у навчальний процес нову модифікацію мокроого озолення рослинних і ґрунтових зразків, яку й сьогодні застосовують в агрохімічних лабораторіях.

Становлення Григорія Філатовича як педагога і науковця відбувалося під впливом таких видатних учених: рослинника, професора Г. В. Пилипця (керівник дипломної роботи), фізіолога рослин, професора Ф. Ф. Мацкова (керівник кандидатської дисертації), агрохіміка, професора М. К. Крупського.

Понад 50-ти років Г. Ф. Ольховський працював на кафедрі агрохімії на посаді доцента. Сьогодні працює на посаді професора. Викладацьку роботу завжди поєднує з науковою і виховною, бере активну участь у діяльності всесвітньо відомої Географічної мережі дослідів.

Упродовж 20-ти років кафедрою агрохімії виконувалося завдання Міністерства сільського господарства СРСР, зокрема вивчалися норми і співвідношення мінеральних добрив під озиму пшеницю. Як безпосередній учасник дослідів Географічної мережі, Григорій Філатович захопився ідеєю отримання високих урожаїв. Для досліджень з цієї тематики потрібно було володіти знаннями щодо потреби культури в елементах мінерального живлення. Тому науковець протягом 12-ти років вивчав біологічні потреби пшениці озимої.

Результати досліджень з біологічних потреб рослин Г. Ф. Ольховський доповнив даними з розподілу елементів мінерального живлення по органам пшениці і довів, що за масою і хімічним складом вони неоднорідні. Зміна забарвлення органів стебла від зеленого до жовтого в період наливу зерна – це не лише їх висихання, а й складний фізіологічний процес. Автор звернув на це особливу увагу при вивченні динаміки відтоку пластичних речовин і елементів мінерального живлення.

На мій особистий погляд Г. Ф. Ольховський ввійшов у вітчизняну науку як фундатор агрохімічних основ формування врожаю зернових культур.

В. І. Філон, доктор с.-г. наук,  
завідувач кафедри агрохімії  
Державного біотехнологічного університету



Доцент Г.Ф. Ольховський зі студентами на дослідному полі, 2015 р.



Наукове видання

**ОЛЬХОВСЬКИЙ Григорій Філатович**

**АГРОХІМІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ  
ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

Комп'ютерна верстка та дизайн – І. П. Жидких

Підписано до друку 24.02.2022. Формат 60x84/16.  
Гарнітура Таймс. Друк офсетний.  
Обсяг: 16,0 ум.-друк.од.  
Тираж 50 прим.

Виготовлювач – Видавництво ТОВ «ТПГ»  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції  
сер. ДК №4252 від 29.12.2011