

UDC [633.11»324»:581.1335]: 581.16

**Olhovsky G. F., Cand. Sci. (Biol.), Professor**

*Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchayev*

### **DYNAMIC PHOSPHORUS IN THE ORGANS OF PLANTS WINTER CROPS IN THE REPRODUCTIVE PERIOD**

*Three years of studying the dynamics of one of the necessary elements for living bodies - bodies of phosphorus in wheat stalks on the phase out of the tube to full maturity. Learning the dynamics in time is much more important than a one-time sample analysis. Dynamics of phosphorus was determined in the leaves from the lower to the upper (5 tiers). In internodes (5 tiers), cola and grains. Thus, the difference appears content element in some organs and, very importantly, the information obtained for the entire stem. It is established that there is no similar bodies in both the relative and the total phosphorus content. Phosphorus content increases with increasing stage, most of it in the three upper tiers younger bodies. Especially in those, where there are meristem zones. The outflow of phosphorus from the leaves, begins in the ear staining phase and continues to full ripeness. Somewhat later - from the inter-bush, as the upper ones later culminate in growth. By reutilization phosphorus three upper tiers, and ears of corn in phosphorus for years received 73.8% and 80.5%. A tight positive correlation between the content of nitrogen and phosphorus is established.*

**Key words:** *wheat, organs, phosphorus, content, re-mobilization*

УДК [633.11»324»:581.1335]: 581.16

**Ольховський Г. Ф., канд. біол. наук, професор**

*Харківський національний аграрний університет ім. Докучаєва*

### **ДИНАМИКА ФОСФОРА В ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РЕПРОДУКТИВНОМ ПЕРИОДЕ**

*Представлены результаты трехлетних исследований содержания относительного и валового фосфора в органах озимой пшеницы, выращенной в полевых условиях на черноземе типичном. Установлено, что содержание фосфора увеличивается с повышением яруса в репродуктивный период 73,8-80,5% фосфора с вегетативных органов поступает в зерно. Большая часть участия в обеспечении зерна фосфором принадлежит листьям и междоузлиям трех верхних ярусов, колоссам. Между содержанием азота и фосфора в функционирующих органах обнаружено тесную положительную корреляцию.*

**Ключевые слова:** *озимая пшеница, органы, фосфор, содержание, реутилизация, зерно, корреляция.*

УДК [633.11»324»:581.1335]: 581.16

Ольховський Г. Ф., канд. біол. наук, професор

Харківський національний аграрний університет ім. В.В.Докучаєва

## ДИНАМІКА ФОСФОРУ В ОРГАНАХ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В РЕПРОДУКТИВНИЙ ПЕРІОД

*Представлено результати трирічних досліджень умісту відносного і валового фосфору в органах озимої пшениці, вирошеної в польових умовах на чорноземі типовому. Установлено, що вміст фосфору збільшується з підвищенням ярусу в репродуктивний період 73,8-80,5% фосфору із вегетативних органів надходить у зерно. Найбільша частка участі в забезпеченні зерна фосфором належить листкам і міжвузлям трьох верхніх ярусів, колосам. Між умістом азоту і фосфору у функціонуючих органах виявлено тісну позитивну кореляцію.*

**Ключові слова:** озима пшениця, органи, фосфор, вміст, реутилізація, зерно, кореляція.

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 (Р) 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 Р 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. (Ленінджер А., 1974)

У наших дослідженнях звернута увага на динаміку пластичних речовин і основних елементів живлення в репродуктивний період рослин озимої пшениці, 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.

Це повідомлення про динаміку Р є продовженням попередньої інформації про динаміку пластичних речовин і азоту (Ольховський, 2013, 2015). Визначення вмісту Р, азоту і калію здійснено в одних і тих саме зразках рослин.

Зауважимо, що фосфор і калій у результатах досліджень представлені елементами Р і К. Якщо виражати оксидами  $P_2O_5$  і  $K_2O$ , що практикується досить часто, то у співвідношенні між поживними речовинами N:  $P_2O_5$  :  $K_2O$  дуже занижується частка азоту. Відносний вміст Р в органах стебел озимої пшениці наведено в табл. 1.

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

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

У листках першого ярусу (нижні листки) спостерігався найменший уміст 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 незначна.

Відносний уміст Р у міжвузлях (без листових піхв) свідчить про таку ж залежність від ярусу, яка спостерігалася для листків. Найменший уміст елемента характерний для нижніх двох ярусів, які закінчили ріст до кінця фази виходу у трубку. Висока концентрація Р у міжвузлях 3-5 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 % (Петербургський., 1981). Налив зерна супроводжувався зменшенням концентрацій Р 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 уміст Р в органах стебла озимої пшениці має значення в діагностиці живлення рослин, то валовий уміст Р відображає динаміку його надходження в рослини в абсолютних величинах, зосередження в окремих органах, рух його під впливом гормонів, 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 табл. 2.

**2. Динаміка вмісту валового фосфору в органах рослин озимої пшениці,  
мг на 100 стебел**

Органи рослин	Фази росту						Відтік	
	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	формування зерна	молочна стиглість	повна стиглість	мг	%
Листки								
5-і	59,4	67,1	59,5	53,9	33,3	18,4	33,4	69
4-і	48,5	44,2	39,6	37,6	23,7	15,1	41,0	69
3-і	28,8	24,9	23,4	20,1	12,5	9,5	19,3	67
2-і	13,8	11,4	7,7	6,5	5,4	3,8	10,0	72
1-і	6,8	4,3	3,2	1,4	1,4	1,1	5,7	84
Сума	157,3	151,9	133,4	119,5	76,3	47,9	109,4	
Колоси	45,6	68,5	80,9	73,9	46,6	28,8	52,1	64
Міжвузля								
5-і	2,1	54,4	70,6	73,6	43,3	23,8	49,8	68
4-і	19,5	63,8	57,8	45,2	32,7	17,0	46,8	73
3-і	35,6	30,4	27,1	21,4	15,3	9,2	26,4	74
2-і	26,2	20,4	17,2	13,1	9,1	7,0	19,2	73
1-і	12,2	11,9	8,3	7,9	5,4	3,3	8,9	73
Сума	141,2	249,4	261,3	235,1	152,4	89,1	203,2	
Зерно	-	-	26,3	156,5	284,7	412,6		

Валовий уміст Р в листках збільшується від нижніх до верхніх листків. У листках 3-5 ярусів максимальний уміст елемента доводиться на фази вихід у трубку і колосіння. Відтік з перших чотирьох листків починається у фазі колосіння, із листків 5-го ярусу – у фазі цвітіння. Найбільший відтік відбувся в період формування зерна – повна стиглість. Із листків 3-5 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- у ярусах – відповідно на фази колосіння та цвітіння.

Із міжвузиль відійшло Р 151 мг, що в 1,5 разу більше ніж із листків, а якщо додати відтік із колосів, то сума складає 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 реутилизованого Р із цих органів (без нижніх двох листків) складає 304,6 мг, частка Р в %, яка надійшла в зерно, дорівнює:  $304,6:412,6 \text{ мг} * 100 = 73,8\%$ . 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) багатіші на відносний уміст Р. Як зазначає А. В. Петербургський, 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 табл. 1 та 2 відображають «рух» Р у процесі росту стебла і

формуванні зерна залежно від зміни зон активного утворення клітин, тканин, в даному випадку, від фази вихід в трубку до визрівання зерна.

Повторне дослідження в тих саме умовах проведено у 2013 р. 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 дорівнює 80,5%

Підсумкові дані про участь окремих органів у забезпеченні зернівок Р представлені в табл. 3.

### 3. Частка участі окремих органів стебла в забезпеченні зернівок фосфором за рахунок реутилізації

Одиниці виміру відтоку фосфору	Листки			Міжвузля					Колоси	Сума
	13-і	44-і	55-і	11-і	22-і	33-і	44-і	55-і		
2005-2006 рр.										
Міліграм на 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
2013 рр.										
Міліграм на 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

Дані таблиці свідчать, що в третій рік динаміка Р у репродуктивний період схожа з динамікою попередніх років. Найбільше реутилізувалося елемента із трьох верхніх листків і колосів. У посушливих умовах 2013 р. збільшилась участь колосів у забезпеченні зернівок Р.

У більшості випадків чим ближче ярус листків, міжвузіль до зернівок, тим більший відтік елемента з органів.

У дослідженнях П.А. Горшкова, В.М. Макаренка (Горшков, Макаренко, 1970) надходження Р в зерно із вегетативних органів на удобрених варіантах досягало 76,3 і 84,3%, причому, в краще розвинутих рослинах за рахунок реутилізації в зерно поступило Р 61,2%

Динаміка двох найважливіших елементів N і Р в органах рослин озимої пшениці 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 – у 2,1-4,4 разу, завжди більшому вмісту азоту відповідає більший відносний і валовий уміст Р. Коефіцієнт кореляції між умістом цих елементів у листках :  $r = 0,92 \pm 0,11$ ; у міжвузлях і колосах -  $r = 0,96 \pm 0,05$ .

За даними інших авторів (Горшков, Макаренко, 1970, 1979) розраховані нами коефіцієнти кореляції між умістом N і  $P_2O_5$  – у цілих рослинах у фазах росту кушіння – 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 умістом цих елементів у зерні може не спостерігатися, оскільки часто вміст азоту по варіантах різний, а фосфору – майже однаковий.

Залежність між умістом азоту і фосфору в органах, які не втратили хлорофіл, може бути використана для характеристики потреб рослин в елементах живлення, в аналітичних роботах.

**Висновки.** За відносним умістом фосфору немає однакових органів. Подібно азоту найбільший уміст його припадає на фазу виходу в трубку, збільшується з підвищенням ярусу. У фазі наливу зерна відносний уміст фосфору зменшується в кілька разів в усіх органах. Валовий уміст фосфору також зростає з підвищенням ярусу, найбільший його вміст у фазі колосіння. За рахунок реутилізації в зерно надійшло 73,8-80,5% фосфору. Між умістом азоту і фосфору у функціонуючих органах встановлено тісний позитивний кореляційний зв'язок,  $r = 0,92-0,96$ , достовірний при рівнях значущості 0,05 і 0,01.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

**Ленинджер А.** Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клетки. Перевод с английского; под ред. Баева А. А. и Варшавского Я. М. Москва: Мир, 1974. 957 с.

**Ольховський Г. Ф.** Динаміка маси органів озимої пшениці в репродуктивний період. Вісник ХНАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». 2013. С. 132-137.

**Ольховський Г. Ф.** Динаміка азоту в органах рослин озимої пшениці в репродуктивний період. Вісник ХНАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». 2015. С.187-192.

**Петербургский А. В.** Агрохимия и физиология питания растений; 2-е изд. перераб. Москва: Россельхозиздат, 1981. С. 184.

**Горшков П. А.,** Макаренко В. М. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на формирование урожая зерна озимой пшеницы и его качество. Агрохимия. 1970. №6. С. 41-50.

**Горшков П. А.,** Макаренко В. М. Влияние сочетания органических и минеральных удобрений в севообороте на формирование урожая зерна озимой пшеницы и его качества. Удобрение, урожай и качество сельскохозяйственной продукции: научн. тр. УСХА. Киев, 1979. Вып. 228. С. 3-11.

### REFERENCES

Leninger, A. (1974). *Molekulyarnyye osnovy struktury i funktsiy kletki [Biochemistry. Molecular basis of the structure and functions of the cell]*. Translation from English; by ed. Bayeva A. A. and Varshavsky Ya. M. Moscow: World. (in Russian).

Olkhovsky, G. F. (2013). Dynamika masy orhaniv ozymoyi pshenytsi v reproduktyvnyy period [Dynamics of mass of winter wheat plants in the reproductive period]. *Visnyk KHNAU. Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo» – Bulletin KhNUU. Ser "Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry"*, 132-137. (in Ukrainian).

Olkhovsky, G. F. (2015). Dynamika azotu v orhanakh roslyn ozymoyi pshenytsi v reproduktyvnyy period [Dynamics of nitrogen in plant organs of winter wheat in the reproductive period]. *Visnyk KHNAU. Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo» – Bulletin KhNUU. Ser "Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry"*, 187-192. (in Ukrainian).

Petersburg, A. V. (1981). *Agrokhimiya i fiziologiya pitaniya rasteniy [Agrochemistry and physiology of plant nutrition]*. 2nd ed. reclaiming Moscow: Rosselkhozizdat, 184. (in Russian).

Gorshkov, P. A., Makarenko, V. M. (1970). Vliyaniye sistematicheskogo primeneniya udobreniy v sevooborote na formirovaniye urozhaya zerna ozimoy pshenytsy i yego kachestvo [The influence of systematic use of fertilizers in crop rotation on the formation of grain yield of winter wheat and its quality]. *Agrokhimiya – Agrochemistry*. 1970, 6, 41-50. (in Russian).

Gorshkov, P. A., Makarenko, V. M. (1979). Vliyaniye sochetaniya organicheskikh i mineral'nykh udobreniy v sevooborote na formirovaniye urozhaya zerna ozimoy pshenytsy i yego kachestva [The effect of the combination of organic and mineral fertilizers in crop rotation on the formation of grain yield of winter wheat and its quality]. *Udobreniye, urozhay i kachestvo sel'skokhozyaystvennoy produktsii: nauchn. tr. USKHA – Fertilizer, yield and quality of agricultural products: scientific. tr. USHA*. Kiev, 228, 3-11. (in Russian).