

УДК 633.8:581.8

Диференціація вмісту хлорофілу, азоту та фосфору в листках сої різних ярусів¹

Ю.Л. Разуменко

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 28.02.2021 Отримано після доопрацювання 30.04.2021 Затверджено до видання 07.06.2021 Доступно онлайн 01.08.2021	У статті висвітлено результати визначення вмісту хлорофілу, азоту та фосфору в листках різних ярусів у рослин сої. Показано результати перевірки робочої гіпотези про наявність зв'язку між вмістом хлорофілу й поживних речовин та продемонстровано дані щодо динаміки їх вмісту в листках сої у фазах утворення бобів, наливу зерна й початку фізіологічної стиглості. Дослідження виконано впродовж 2016 та 2017 рр. в умовах польового дрібноділянкового дослідження кафедри агрохімії Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва в Харківській області України. Ґрунт – чорнозем типовий (Haplic Chernozem) середньосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 5,5–6,1%, легкогідролізованого азоту – 5 мг / 100 г, рухомого фосфору – 7 мг/100 г ґрунту. Насіння сої перед посівом оброблено бактеріальним препаратом ризогумін. Вміст хлорофілу у листках рослин визначали колориметричним методом після екстрагування етиловим спиртом; загальний вміст у пробах рослин азоту та фосфору також – колориметрично після спалювання наважки у сірчаній кислоті за методом мокрого озолення. Результати показали, що впродовж усіх контрольованих фаз онтогенезу у молодих листках верхнього ярусу містилося найбільше як хлорофілу, так і азоту та фосфору, а в листках нижнього ярусу – найменше. Найвищий вміст хлорофілу, азоту та фосфору зафіксовано у листках верхнього ярусу у фазу утворення бобів, найнижчий – у листках нижнього ярусу на початку фізіологічної стиглості. Між контрольним варіантом та варіантами із застосуванням добрив істотної різниці не виявлено. Спосіб внесення однакової дози мінеральних добрив теж істотно на досліджувані показники не вплинув. Це дало змогу констатувати наявність характерної особливості щодо накопичення і реутилізації поживних речовин у листях різного віку, що розміщені на різних частинах стебел рослин сої. Виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок між вмістом у листках сої хлорофілу та вмістом азоту ($r = 0,85$) і фосфору ($r = 0,76$). Також констатовано прямий зв'язок між вмістом у листках усіх ярусів азоту і фосфору ($r = 0,80$).

* E-mail: juliuruzland@gmail.com

Форма цитування: Разуменко Ю.Л. Диференціація вмісту хлорофілу, загального азоту та фосфору в листках сої різних ярусів. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 91. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2021. С. 72-78.
<https://doi.org/10.31073/acss91-09>

1. Вступ

Фотосинтез – основний процес утворення органічних речовин у рослинній клітині з вуглекислого газу і води під дією сонячного світла. Енергія сонячних променів переходить в енергію рослинної біомаси. Безпосереднім учасником процесу фотосинтезу є хлорофіл, який і визначає зелений колір листків рослин. Біомаса рослин утворюється на 75 % з продуктів фотосинтезу і лише на 25 % – з поглинутих мінеральних речовин [1]. Фотосинтез здійснюється в хлоропластах, відособлених двомембранних органелах клітини. Хлоропласти можуть бути в клітинах плодів, стебел, проте основним органом фотосинтезу, анатомічно пристосованим до його здійснення, є листя. Лист являє собою ефективну систему для поглинання і перетворення енергії світла в ході фотосинтезу. Структура листа забезпечує найбільш повне поглинання квантів світла, надходження вуглекислого газу із атмосфери до хлоропластів, а також можливість відтоку асимілятів із автотрофних клітин [2].

Ґрунтове й повітряне живлення дуже тісно пов'язані в метаболізмі рослин і один процес без другого не відбувається. Виявлено, що у процесі фотосинтезу бере участь низка елементів мінерального живлення, причому найсильніший взаємозв'язок спостерігається між вмістом хлорофілу та забезпеченістю рослин азотом. Азотне живлення суттєво впливає на формування та активність фотосинтетичного апарату рослин [3]. Азот є особливо важливим для живлення сої. Він входить до складу білків, нуклеїнових кислот, нуклеопротейдів, хлорофілу, фосфатидів та інших органічних речовин рослинних клітин. Його вміст у білках становить 16–18 % від маси [4].

Важливість фосфору також безперечна. Характерним є те, що більша частина цього елемента, яка у подальшому використовується для формування бобів, засвоюється

¹ Науковий керівник: Г. Ф. Ольховський, канд. біол. наук, професор кафедри агрохімії ХНАУ ім. В.В. Докучаєва

на ранньому етапі та тимчасово нагромаджується (про запас) у вегетативних органах рослин, а згодом переміщується з листя, стебел і черешків у насіння. У фазі повної стиглості 82–85 % засвоєного фосфору знаходиться у насінні, причому 40–80 % цієї кількості можна віднести на рахунок переміщення із ступок бобів, листя і стебел. Особливо швидкими темпами фосфор переміщується за низького його вмісту у ґрунті [5].

З літератури відомо про величезну важливість здатності культурних рослин до реутилізації запасних речовин, тобто до повторного використання накопичених у процесі розвитку метаболітів. Загальна продуктивність рослин залежить не лише від спромоги акумулювати пластичні речовини, але й від ефективності використання накопичених продуктів фотосинтезу [6].

Чим більшою є листо-стеблова маса рослин, тим більший в ній запас пластичних речовин для утворення репродуктивних органів і формування урожаю. Виявлено, наприклад, що за рахунок реутилізації запасних речовин у гороху може забезпечуватися 1/3 урожаю насіння [7,8].

Поряд з реутилізацією пластичних речовин (у вигляді гідролізованих білків та вуглеводів) у рослинах відбувається реутилізація елементів живлення, яка є частиною загальної системи кореневого живлення рослин, яке називають мінеральним [9]. Повторне використання рослиною раніше поглинутих нею поживних елементів є часткою процесу кругообігу всередині рослинного організму [10]. При цьому різні види рослин різною мірою здатні до реутилізації [11]. Цей процес може відбуватися під час вегетативного росту, коли складаються несприятливі умови для кореневого живлення (недостатня кількість доступних поживних речовин) і зрілі листки стають джерелами (донорами) для підтримки зростання нових органів [12,13]. Реутилізація часто асоціюється із старінням листків та стебел під час стадії дозрівання насіння, що робить поживні речовини доступними для нових точок росту рослин і сприяє підвищенню ефективності використання поживних речовин [14,15]. Листок на початку вегетації є гетеротрофним органом, що експортує асиміляти з інших листків, потім стає постачальником асимілятів і, зрештою, джерелом низькомолекулярних сполук азоту, фосфору, іонів калію та ін., коли падає його фотосинтетична функція і активізуються процеси гідролізу. Крім того, важливою адаптивною функцією старіння органів (зокрема, листків) є саме використання їх компонентів під час старіння на потреби рослини як відповідь на дію зовнішніх і внутрішніх факторів (особливо в умовах стресу). Програма включається у відповідь на той чи інший дефіцит, що потребує перерозподілу сполук між органами. Тому рослина використовує індуковане старіння як важливий компонент гомеостазу організму. Процес старіння листа закінчується його опаданням [16].

Отже, вегетативні органи рослин (листки та стебла) виконують дуже важливі функції у формуванні врожаю. Тому дослідження вмісту в них фотосинтетичних пігментів та поживних елементів є актуальними.

Метою статті є висвітлення результатів визначення вмісту хлорофілу та азоту і фосфору в листках сої різних ярусів для підтвердження робочої гіпотези про наявність зв'язку між вмістом хлорофілу й поживних речовин та про наявність закономірної динаміки вмісту поживних речовин у листках сої у фазах утворення бобів, наливу зерна і початку фізіологічної стиглості.

2. Методика досліджень

Дослідження проводили на дослідному полі кафедри агрохімії Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва (с. Докучаєвське, Харківський район, Харківська область) протягом 2016 і 2017 рр. у межах дрібноділянкового досліду. Ґрунт – чорнозем типовий (Haplic Chernozem) середньосуглинковий на лесі, характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 5,5–6,1 %; легкогідролізованого азоту – 5 мг / 100 г ґрунту; рухомого фосфору – 7 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); калію – 31 мг / 100 г ґрунту; рН водної витяжки 7,2; у складі поглинутих катіонів переважають Ca^{2+} та Mg^{2+} . Вирощували ранньостиглий сорт сої Естафета. Схема досліду включала 3 варіанти: 1 – Контроль (без мінеральних добрив, без ризогуміну), 2 – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ врозкид + ризогумін, 3. $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ локально у формі стрічки на глибині 10 см + ризогумін. Добрива, у формах аміачної селітри, суперфосфату простого та сульфату калію, вносили під передпосівну культивування. Доза добрив у 2 і 3 варіантах була однаковою, а спосіб внесення – різним. Повторність варіантів триразова. Облікова площа ділянки – 8 м². Всі роботи виконували вручну.

Насіння перед посівом оброблено препаратом ризогумін, що містить бактерії, з метою поліпшення азотфіксації рослинами сої. Обробку виконували у день сівби в місці,

захищеному від попадання прямих сонячних променів, із розрахунку 200 г препарату на гектарну норму насіння.

Проби листків сої відбирали кожного року три рази за вегетаційний період, на початку таких фаз онтогенезу: утворення бобів; налив зерна; фізіологічна стиглість. Відбирання проб здійснювали умовно поділивши рослину на три однакові частини: верхній ярус – починається з верхівки рослини, за ним середній, далі нижній.

Вміст хлорофілу у листях рослин визначали колориметричним методом: після екстрагування наважки сирого рослинного матеріалу етиловим спиртом (96 %) вимірювали оптичну густину розчину за допомогою фотоелектроколориметра (ФЕК) і визначали концентрацію в ньому хлорофілу за калібрувальним графіком. Загальний вміст у пробах рослин азоту та фосфору визначали також колориметричним методом після спалювання наважки у сірчаній кислоті за методом мокрого озолення (МВВ 31-497058-019-2005 Рослини).

3. Результати й обговорення

Енергетичною основою фотосинтезу є поглинання фотосинтетичними пігментами сонячної радіації, яка використовується для утворення органічних речовин. Продуктивність фотосинтетичного апарату визначається вмістом пігментів у фотосинтетичних органах. За даними дослідників, кореляція врожаю з вмістом суми пігментів є більш тісною, ніж з площею поверхні надземних органів рослин [17]. Вміст хлорофілу в тканинах рослин є також головною характеристикою адаптації фотосинтетичного апарату до умов довкілля [18].

Результати визначення вмісту хлорофілу в листках сої на різних ярусах у різні фази розвитку рослин наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Динаміка вмісту хлорофілу в листках сої різних ярусів (2016 і 2017 рр.)

Варіант досліджу	Ярус листків	Вміст хлорофілу (мг/100 мл) на початку фаз онтогенезу								
		утворення бобів			налив зерна			початок фізіологічної стиглості		
		2016	2017	Серед-ній	2016	2017	Серед-ній	2016	2017	Серед-ній
1. Контроль	Нижній	2,32	3,80	3,06	3,56	2,65	3,10	0,34	0,81	0,57
	Середній	4,42	4,80	4,61	3,67	4,33	3,97	1,05	1,61	1,33
	Верхній	4,91	5,00	4,95	3,71	4,63	4,17	1,56	1,94	1,75
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ врозкид + ризогумін.	Нижній	2,83	3,71	3,26	3,34	2,30	2,82	0,48	0,85	0,66
	Середній	4,51	4,82	4,65	3,65	4,75	4,20	1,57	2,00	1,78
	Верхній	4,92	4,05	4,93	4,17	5,00	4,58	2,71	2,44	2,57
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глибину 10 см + ризогумін	Нижній	2,25	3,85	3,05	3,38	4,47	3,92	0,52	0,93	0,72
	Середній	4,44	4,71	4,57	3,65	2,58	3,11	1,43	2,05	1,74
	Верхній	4,93	5,05	4,99	3,86	4,65	4,25	2,72	2,97	2,84

Уміст хлорофілу у 2016 році по всіх варіантах досліджу був найбільшим у фазу утворення бобів (перший строк відбирання проб) у листках верхнього ярусу. У листках нижнього ярусу параметри цього показника були удвічі нижчими. У фазу наливу зерна вміст хлорофілу у листках верхнього ярусу дещо зменшився, натомість помітним є його підвищення у листках нижнього ярусу. На початку фази фізіологічної стиглості, на фоні загального зниження, вміст хлорофілу у листках нижнього ярусу був найнижчим. У 2017 році спостерігалось деяке підвищення вмісту хлорофілу по всіх варіантах досліджу, однак розподіл по ярусах мав таку саму тенденцію, як і у 2016 році. З порівняння варіантів з удобренням не встановлено суттєвого впливу способу внесення мінеральних добрив на динаміку вмісту хлорофілу в листках сої.

Загалом за два роки досліджень виявлено, що вміст хлорофілу в листках сої у період досліджуваних фаз розвитку рослин коливався у межах 0,34–4,47 мг/100 мл у листках нижнього ярусу, 1,33–4,82 мг/100мл — середнього і 1,56–5,00 мг/100 мл – верхнього.

Дуже важливим для всіх рослин, а особливо сої, є азот. Він є невід'ємною складовою протеїнів, хлорофілу, ферментів та багатьох інших компонентів, зокрема необхідних для росту і розвитку рослин. Жоден інший поживний елемент не лімітує так

запаси продуктів живлення, як азот. Адже він формує врожай і біохімічні показники його якості [18, 19].

Багато азоту в молодих проростках сої та в сім'ядолях, частка азоту в сухій речовині досягає 10 %. На початку сходів із сім'ядолей витрачається 30 % азоту, на дев'ятий день після появи сходів – 75 %, і через три-чотири тижні в них залишається ще близько 7 % початкового вмісту азоту. Добове поглинання азоту (ґрунтове та симбіотичне) відбувається із зростаючою швидкістю, яка досягає максимуму (4,9 кг/га за добу) на третій місяць після сівби, а далі поглинання швидко зменшується [5]. У фазу повного цвітіння загальний вміст азоту в рослинах становить 1,2–3,5 %. На різних фазах стиглості насіння містить 6,2–6,3 % азоту, ступки бобів — 2,45–0,88, стебла з листками — 2,42–0,44 %. У процесі формування насіння вміст азоту у вегетативних частинах рослин зменшується у три-чотири рази. У насіння, що досягає, азот перерозподіляється із вегетативних частин рослини (листя, стебла, ступки бобів та корені) [5].

Результати визначення загального вмісту азоту в листках сої наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Динаміка загального вмісту азоту в листках сої різних ярусів (2016 і 2017 рр.)

Варіант досліджу	Ярус листків	Вміст азоту (%) на початку фаз онтогенезу								
		Утворення бобів			Налив зерна			Початок фізіологічної стиглості		
		2016	2017	Серед-ній	2016	2017	Серед-ній	2016	2017	Серед-ній
1. Контроль	Нижній	1,63	2,06	1,84	1,68	1,95	1,81	0,90	1,05	0,97
	Середній	1,68	3,05	2,36	1,95	2,51	2,23	1,26	1,95	1,60
	Верхній	2,77	3,25	3,01	2,45	2,85	2,65	1,50	2,40	1,95
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ врозкид + ризогумін	Нижній	1,78	1,95	1,86	1,75	2,05	1,90	0,91	1,20	2,03
	Середній	2,17	3,17	2,67	2,32	2,73	2,52	1,32	2,15	1,73
	Верхній	2,81	3,45	3,13	2,42	3,10	2,76	1,75	2,41	2,08
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глибину 10 см + ризогумін	Нижній	1,85	2,10	1,97	1,81	2,20	2,00	1,08	1,17	1,12
	Середній	2,19	3,11	2,65	2,30	2,48	2,39	1,31	2,15	1,73
	Верхній	2,80	3,72	3,26	2,47	3,05	2,76	1,75	2,23	1,99

Згідно з даними таблиці 2, щодо розподілу загального вмісту азоту в листках сої спостерігалася та сама тенденція, як і щодо вмісту хлорофілу. У 2016 р. у фазу утворення бобів найбільше азоту містили проби листків верхнього ярусу без помітної різниці між варіантами досліджу. У пробах останнього відбору (початок фази фізіологічної стиглості) виявлено значне зниження вмісту азоту в листках всіх ярусів, що було особливо помітним у листках нижнього ярусу на всіх варіантах. У 2017 р. значення вмісту азоту були вищими, ніж у 2016 р., а розподіл по ярусах мав таку саму характеристику. У середньому за 2016 і 2017 рр. на початок фази утворення бобів вміст азоту був найвищим у молодих листках верхнього ярусу і в наступні фази – зменшувався по всіх варіантах досліджу.

Отже, загальний вміст азоту в листках сої по всіх варіантах у всіх ярусах зменшувався з проходженням часу. При цьому найбільші значення вмісту в листках сої цього елемента були у верхньому ярусі, а найменші – у нижньому. Не помічено суттєвих відмінностей як за вмістом, так і за розподілом азоту в листках різних ярусів у варіантах 2 і 3, де спосіб внесення добрив був різним.

Уміст фосфору в рослинах становить близько 0,2 % на суху масу. Фосфор поглинається кореневою системою рослин у вигляді окиснених сполук, головним чином, залишку ортофосфорної кислоти (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻). Фізіологічна значущість фосфору визначається тим, що він входить до складу ряду органічних сполук, таких, як нуклеїнові кислоти (ДРК і РНК), нуклеотиди, фосфоліпіди, вітаміни та багато інших, яким належить вирішальна роль в обміні речовин. Багато фосфоровмісних вітамінів та їх похідних є коферментами, які беруть безпосередню участь у каталітичному акті, що прискорює протікання найважливіших процесів обміну (фотосинтез, дихання та ін.) [20]. Фосфор є надто важливим у житті сої; і хоч вона засвоює його значно менше ніж азоту і калію, але потребує відносно велику кількість порівняно з озимою пшеницею, кукурудзою і ячменем. Соя не демонструє будь-яких чітких симптомів нестачі фосфору, за винятком затримки в рості та можливої появи червонувато-фіолетового відтінку листя [4], тому надійним показником дефіциту фосфору є аналіз проби ґрунту.

Фосфорне живлення сої з ґрунту починається вже через три-п'ять днів після проростання насіння. Першоджерелом фосфору для проростків сої є сім'ядолі. У період сходів із сім'ядолей переміщується у проростки 40 % фосфору, на 15-й день – 75 %, на 38-й день – 92 %. На початку утворення корінців, тобто через три-п'ять днів після появи проростків на поверхні ґрунту, вони вже починають поглинати ґрунтовий фосфор. Протягом 40–50 днів, швидкість поглинання фосфору безперервно збільшується, і в подальшому залишається досить постійною аж до пожовтіння листків (як за низького, так і за високого рівня вмісту фосфору у ґрунті). Максимальний рівень засвоєння фосфору зафіксовано у фазі формування бобів, а закінчення процесу засвоєння – за 10 днів до повної стиглості [4].

Вивчення особливостей фосфорного живлення рослин у процесі онтогенезу має велику теоретичну і практичну значущість. Знання потреб рослин у фосфорі в кожну із фаз розвитку дозволяє повніше мобілізувати можливості самих рослин у створенні врожаю, розробити раціональні прийоми застосування фосфорних добрив.

Значна потреба молодих рослин у фосфорі пояснюється високою напруженістю синергічних процесів, що відбуваються у цей час у рослинному організмі, і одночасно, слабким розвитком кореневої системи; з віком вміст фосфору в рослинах знижується [20].

За загальним вмістом фосфору в листках сої (Табл. 3) спостерігалася така сама тенденція, як і щодо вмісту хлорофілу та азоту (Табл. 1 і 2). Тобто, найбільший вміст констатовано на початку фази утворення бобів, а найменший – на початку фізіологічної стиглості. У листках верхнього ярусу (по всіх варіантах і ярусах) містилося найбільше як азоту, так і фосфору. У верхньому ярусі листки молоді, в них багато хлорофілу, азоту та фосфору. А у нижньому ярусі листки старіші, листкові пластинки майже пожовтіли, досліджуваних елементів у них мало.

Таблиця 3

Динаміка загального вмісту фосфору в листках сої різних ярусів (2016 і 2017 рр.)

Варіант досліджу	Ярус листків	Вміст фосфору (%) на початку фаз онтогенезу								
		Утворення бобів			Налив зерна			Початок фізіологічної стиглості		
		2016	2017	Середній	2016	2017	Середній	2016	2017	Середній
1. Контроль	Нижній	0,27	0,40	0,33	0,25	0,34	0,29	0,23	0,30	0,26
	Середній	0,36	0,48	0,42	0,32	0,46	0,39	0,27	0,32	0,29
	Верхній	0,50	0,69	0,59	0,36	0,64	0,50	0,32	0,34	0,33
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ врозкид + ризогумін.	Нижній	0,30	0,34	0,32	0,30	0,27	0,28	0,30	0,23	0,26
	Середній	0,43	0,41	0,42	0,34	0,46	0,40	0,32	0,40	0,36
	Верхній	0,54	0,69	0,61	0,40	0,59	0,49	0,34	0,41	0,37
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глибину 10 см + ризогумін	Нижній	0,30	0,40	0,35	0,32	0,32	0,32	0,27	0,23	0,25
	Середній	0,41	0,57	0,49	0,34	0,40	0,37	0,32	0,32	0,32
	Верхній	0,53	0,78	0,65	0,41	0,50	0,45	0,36	0,41	0,38

З аналізу усереднених даних витікає, що найвищий вміст загального фосфору по всіх варіантах досліджу спостерігався у фазі утворення бобів (0,32–0,65 %), дещо менше – у фазі наливу зерна (0,28–0,50 %), і найнижчий – на початку фізіологічної стиглості (0,25–0,38 %). Спосіб розміщення добрив не впливав на загальний вміст і розподіл фосфору у листках сої у будь-який час впродовж досліджуваного періоду.

Результати статистичних розрахунків з використанням середніх дворічних даних (n=27) показали наявність тісного кореляційного зв'язку між вмістом у листках хлорофілу та загальним вмістом азоту ($r = 0,89$) і вмістом хлорофілу та фосфору ($r = 0,78$). А також виявлено існування зв'язку між загальним вмістом у листках азоту та фосфору ($r = 0,86$).

4. Заключення

Виявлено, що впродовж усіх досліджуваних фаз онтогенезу у молодих листках сої верхнього ярусу містилося найбільше як хлорофілу, так і азоту та фосфору, а в листках нижнього ярусу – найменше. Найвищий середній вміст хлорофілу, азоту та фосфору зафіксовано у листках верхнього ярусу у фазу утворення бобів, найнижчий – у листках нижнього ярусу на початку фізіологічної стиглості. Між контрольним варіантом та

варіантами із застосуванням добрив (N60P60K60) істотної різниці не виявлено. Спосіб внесення мінеральних добрив на чорноземі типовому теж істотно на досліджувані показники не вплинув. Виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок між вмістом у листках сої хлорофілу та вмістом азоту ($r = 0,85$) і фосфору ($r = 0,76$). Також констатовано прямий зв'язок між вмістом у листках усіх ярусів азоту та вмістом фосфору ($r = 0,80$).

Список використаних джерел

1. Кефели В.И. Фотоморфогенез, фотосинтез и рост как основа продуктивности растений. Путицыно, 1991. 134 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_b25646aa97ec10af971df23feefa8cde/.
2. Храменкова О.М. Лист как орган фотосинтеза: практ.рук-во по теме УСП. Мин-во образования РБ, Гомельский гос.ун-т им. Ф.Скорины. Чернигов: Десна Полиграф. 2016. 32 с. URL: <http://old.gsu.by/biglib>GSU>.
3. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. Москва: Наука, 2000. 135 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1081076/>.
4. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 432 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1296555/>.
5. Лещенко А.К. Культура сои. Киев: Наукова думка, 1978. 236 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/174102/>.
6. Ковалев М.В. О применении физиологических методов в селекции и растениеводстве. *Сельскохозяйственная биология*. 1986. № 3. С. 19–27.
7. Новикова Н.Е., Лаханов А.П. О семяобразующей способности сортов гороха. Селекция и семеноводство. 1995. №3. С. 8–10.
8. Новикова Н.Е. Физиологические факторы в повышении продуктивности сортов гороха. *Сельскохозяйственная биология*. 2000. № 3. С. 55–59.
9. Crafts-Brandner S.J. Significance of remobilization of vegetative phosphorus on biomass and yield production in soybean (*Glycine max* [L.] Merr.). *Crop Sci*. 1991. V. 32. P. 419–425. URL: <https://www.jstor.org/stable/4274217>
10. Брей С.М. Азотный обмен в растениях [Пер. с английского Э.Е. Хавкина]. Москва: Агропромиздат, 1986. 200 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1350789/>.
11. Moreira N.K.F. Yield. Uptake, and retranslocation of nutrients in banana plants cultivated in upland soil of central Amazonian. *J. Plant Nutr*. 2009. V. 32. P. 443–457. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160802660750>.
12. Malagoli P., Laine P., Rossato L. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest: I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual. *N. Ann. Bot*. 2005. V.95. P.853–861. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15701662/>.
13. Abdallah M., Dubousset L., Meuriot F. Effect of mineral sulphur availability on nitrogen and sulphur uptake and remobilization during the vegetative growth of *Brassica napus* L. *J. Exp. Bot.*, 2010. V. 61. P. 2635–2646. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2882259/>.
14. Fischer A.M. Nutrient remobilization during leaf senescence. *Annual Plant Reviews, Senescence Processes in Plants*, ed S. Gan (Oxford: Blackwell Publishing Ltd.), 2007, V. 26. P. 87–107. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4429656/>.
15. Avise J.C., Etienne P. Leaf senescence and nitrogen remobilization efficiency in oilseed rape (*Brassica napus* L.), *J. Exp. Bot.*, 2014, V.65, P. 3813–3824. URL: <https://academic.oup.com/jxb/article/65/14/3813/2877515>.
16. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений [Учебное пособие]. Ленинград, изд-во ленинградского университета, 1991. 241 с. URL: https://www.studmed.ru/polevoy-v-v-salamatova-t-s-fiziologiya-rosta-i-razvitiya-rasteniy_dc5e06d191c.html.
17. Таран Н.Ю. Каротиноиды фотосинтетических тканей в условиях засухи. Физиология и биохимия культурных растений. 1999. №6. С. 414–422.
18. Физиология рослин / М.М. Макрушин, Є.М. Макрушина, Н.В. Петерсон, М.М. Мельников. За ред. професора М.М. Макрушина. Підручник. Вінниця: Нова книга, 2006. 416 с. URL: https://snvkl.at.ua/_ld/0/2_Fiziologi_m.pdf.
19. Ягодин Б.А. Агрохимия. Москва: Колос, 1982. 574 с. URL: https://catalog.orenlib.ru/cgi/irbis64r_01/cgiirbis.
20. Якушкина Н.И. Физиология растений. Москва: Просвещение, 1993. 335 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/599200/>.

UDC 633.8:581.8

Differentiation of the content of chlorophyll, nitrogen and phosphorus in soybean leaves of different tiers

J. L. Razumenko

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",
Kharkiv, Ukraine
E-mail: juliaruzland@gmail.com

The article presents the results of determining the content of chlorophyll, nitrogen and phosphorus in the leaves of different tiers in soybean plants. The results of testing the working hypothesis about the relationship between chlorophyll content and nutrients are shown and data on the dynamics of their content in soybean leaves in the phases of bean formation, grain filling and the beginning of physiological maturity are demonstrated. The study performed during 2016 and 2017 in the field small-scale experiment of the Department of Agrochemistry of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev in the Kharkiv region of Ukraine. The soil is typical medium loam chernozem (Haplic Chernozem) with a humus content of 5.5–6.1 %, easily hydrolyzed nitrogen – 5 mg / 100 g, mobile phosphorus – 7 mg / 100 g of soil. Soybean seeds treated with the bacterial preparation rhizohumina before sowing. The content of chlorophyll in the leaves of plants determined by colorimetric method after extraction with ethyl alcohol; the total content of nitrogen

and phosphorus in the plant samples is also colorimetric after burning the sample in sulfuric acid by the method of wet ashing. The results showed that during all the controlled phases of ontogenesis, the young leaves of the upper tier contained the most chlorophyll, nitrogen and phosphorus, and the leaves of the lower tier contained the least. The highest content of chlorophyll, nitrogen and phosphorus recorded in the leaves of the upper tier in the phase of bean formation, the lowest - in the leaves of the lower tier at the beginning of physiological maturity. No significant difference found between the control variant and the variants with the use of fertilizers. The method of applying the same dose of mineral fertilizers also did not significantly affect the studied indicators. This stated the presence of a characteristic feature of the accumulation and reutilization of nutrients in the leaves of different ages, located on different parts of soybean stems. A close direct correlation was found between the content of chlorophyll in soybean leaves and the content of nitrogen ($r = 0.85$) and phosphorus ($r = 0.76$). There is also a direct relationship between the content of nitrogen in the leaves of all tiers and the phosphorus content ($r = 0.80$).

Keywords: chlorophyll; nitrogen; phosphorus; soybean leaves, tiers.

Citing: Razumenko J. L. 2021 Differentiation of the content of chlorophyll, nitrogen and phosphorus in soybean leaves of different tiers. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 91. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 72-78. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/acss91-09>.