

## СИНТЕЗ ХЛОРОФІЛІВ В РОСЛИНАХ НУТУ ЗА ДІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯНТІВ

**БУРИКІНА С.І.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-5197-6586*

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

**ПАРЛІКОКОШКО М.С.** – директор

*orcid.org/0000-0003-4695-4574*

Державне підприємство «Дослідне господарство імені М.В. Кутузова

Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України»

Хлорофіл – це Прометей,  
що викрав вогонь з неба  
і подарував його людям  
*К. Тімірязєв*

**Вступ.** Недарма процес фотосинтезу вважається фундаментом життя на нашій планеті, оскільки завдяки йому енергія Сонця перетворюється на енергію хімічних зв'язків синтезованих речовин. Ведуча роль належить хлоропластам, які складаються із пігментів, білків, вітамінів; РНК хлоропластів забезпечує синтез білків рослини. Активність фотосинтезу оцінюється за концентрацією основних фотосинтезуючих пігментів – хлорофілів, і більшість зелених рослин мають дві форми хлорофілу: альфа і бета.

Встановлено, що високі температури прискорюють старіння листя і це руйнує хлорофіл і зупиняє транспортування асимілятів у зерно (описували Barlow, Lüttger & Feike). А між тим дослідження температур повітря показало їх підвищення на території регіонів Європи (Trinka et al., Skrypnuk et al.); відмічена позитивна тенденція потепління у 0,44° С за десятиріччя над Південно-Східною частиною Левантійського басейну, на Середземному морі (ElBessa et al.), і на Африканському континенті також спостерігається підвищення середньорічної температури на 1° С кожні десять років (Cudjoe et al.). Усе це спонукає науковців та практиків шукати шляхи адаптації сільськогосподарського виробництва до змін клімату, одним з яких є вирощування культур, більш пристосованих до температурних стресів та посухи.

До вищезначених культур відноситься, нут і він знаходить все більше розповсюдження в районах з недостатнім зволоженням, але реакцію на посуху його рослини все ж таки мають. Загалом, розрізняють ґрунтову та атмосферну посуху, хоча вони і взаємопов'язані. У досліджах на молекулярному рівні показано, що рослини нуту більш реагували на відсутність вологи в ґрунті, ніж на високі температури повітря при належному водозабезпеченні.

Водний дефіцит, який викликає руйнування фотосинтетичних структур рослин, приводить до змін у співвідношенні швидкості процесів фотосинтезу та фотоінгібування (Timm et al.). У дослідженнях Х.Х. Сайдамінова із співавторами вміст зелених пігментів у зернобобових культур (квасоля і маш) в умовах посухи помітно зменшується як за рахунок хлорофілу  $\alpha$ , так і за рахунок хло-

рофілу  $\beta$ . Ці результати підтвердили і спостереження інших дослідників (Rizvi1 et al.), де відсоток зниження вмісту пігментів в умовах посухи коливався від 7,35 до 35,84 (хлорофіли) та від 13,36 до 31,15 (каротиноїди) залежно від генотипу нуту та фази розвитку рослин.

Глибина руйнувань залежить і від багатьох інших факторів, у тому числі від виду, норм і термінів застосування мінеральних добрив, особливо – азотних. Дослідники показали, що до 75% азоту листя міститься в хлоропластах (Nak et al.), тому дефіцит азоту часто призводить до зниження індексу хлорофілу, в результаті чого знижується фотосинтез та врожайність. Результати, отримані в досліді зі зразками дикого гороху (розглядали Бобков, Бичков), вказали на наявність зв'язку між високим вмістом білка в насінні та підвищеним вмістом хлорофілів і каротиноїдів.

Е. Zangani. із колегами спостерігали значні відмінності у вмісті хлорофілу залежно від рівня мінерального азоту на ранніх стадіях цвітіння ріпаку, а застосування фосфору не впливало на цю ознаку, але у фазі пізнього цвітіння взаємодія азоту та фосфору була суттєва. Зростання вмісту пігментів хлорофілу « $\alpha$ », « $\beta$ » відмічалось і в листках конюшини лучної за всіма фазами вегетації при помірних нормах мінеральних добрив ( $N_{31}P_{32}K_{36}$ ) [13]. Використання мінеральних добрив в нормі  $N_{90}P_{60}K_{40}$ , де до складу фосфорних входив мікроелемент цинк, затримувало деградацію пігментного комплексу озимої пшениці та сприяло підвищенню концентрації хлорофілу і каротиноїдів у порівнянні з неудобреним фоном [7]. Підживлення рослин пшениці твердої ярої забезпечило значне підвищення вмісту пігментів фотосинтезу в листках, оптимальним виявилось комплексне підживлення посівів сечовиною з розрахунку 30 кг/га разом з кристаломом; збільшення норми сечовини до 40 кг/га не забезпечувало помітного зростання кількості пігментів фотосинтезу в листках рослин [3]. Цими дослідженнями встановлено прямий тісний зв'язок між вмістом пігментів у листках та врожайністю культурних рослин.

Існує не дуже великий обсяг аналогічних даних для культури нуту. Наприклад, за результатами досліджень у Лісостеповій зоні [11], найвищий вміст хлорофілу в листках рослин нуту відмічався у фазу цвітіння на варіантах з внесенням  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , при цьому внесення азоту вроздріб (30 кг/га під основний обробіток ґрунту + 15 кг/га на початку гілкування) сприяло підвищенню

рівня вмісту зелених пігментів на 3,3% порівняно з одно-разовим внесенням  $N_{45}$ ; така ж закономірність простежувалася і на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , у цілому внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню значень суми хлорофілу  $a$  та хлорофілу  $b$  порівняно з контрольним варіантом на від 2,4% до 28,0%, а інокуляція насіння перед сівбою ризогуміном та сумісна дія добрив і бактеризації – відповідно на 14,0% і 19,5-33,8% відносно чистого контролю.

**Мета досліджень** – вивчення впливу різних доз мінеральних добрив, способів їх внесення, допосівної бактеризації насіння на вміст хлорофілів нуту, оскільки кількість таких дослідів за ґрунтово-кліматичними зонами України обмежена.

**Матеріал і методи досліджень.**

Місце проведення досліджень – дослідне поле Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, що розташована в зоні сухого Причорноморського степу. Ґрунт – чорнозем південний малогумусний важкосуглинковий на лесових відкладах; забезпеченість доступними формами фосфору та калію – середня, нітратним азотом – низька.

Нут сорту Пам'ять висівали 2016–2018 рр. після попередника озима пшениця, норма висіву 400-500 тис./га. Дослід двофакторний: фактор А –система удобрення, представлена в табл. 1; фактор В – передпосівний обробіток насіння: без обробітку, БТУ – інокулянт, ризобіот, ризогумін. Повторність в досліді – 4-х разова; розташування варіантів методом розщеплених ділянок, облікова площа ділянок першого порядку – 80 м<sup>2</sup>; другого – 20,6 м<sup>2</sup>.

Листя нуту, повністю розвинені, відбирали з верхньої частини основного стебла за фазами росту від гілкування до зеленого бобу та при дозріванні. Витяжки готували з листків кожного варіанту в 100% ацетоні. Вимірювання проводили методом спектрофотометрії: для визначення кількості хлорофілу  $a$  використовувалася довжина хвилі

662 нм, хлорофілу  $b$  – 644 нм. Концентрацію пігментів визначали за формулами D. Wettstein. Статистичну обробку отриманих даних проводили згідно із загально-прийнятими методиками з використанням стандартного пакету програми "Statistica-6".

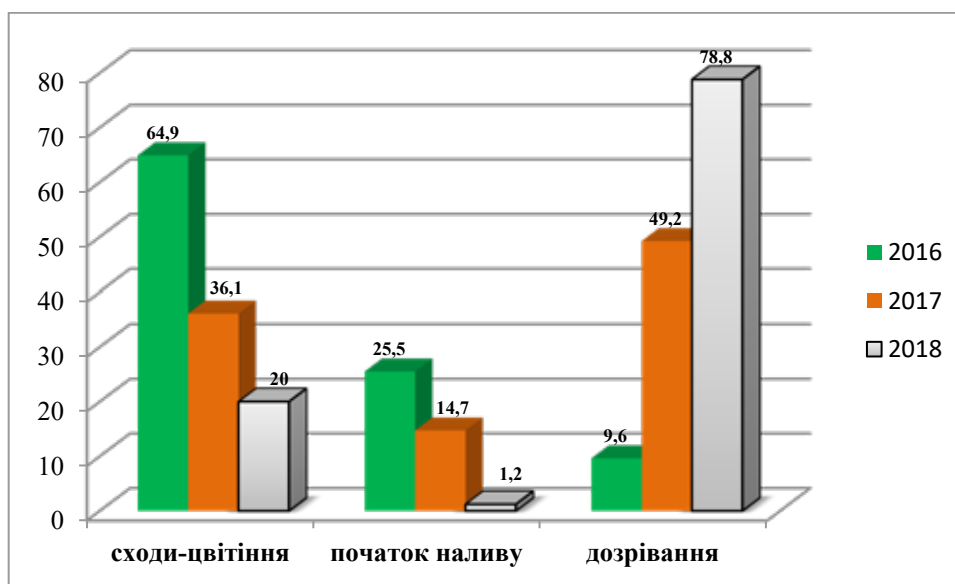
Таблиця 1

**Варіанти добрив, норми і строки внесення**

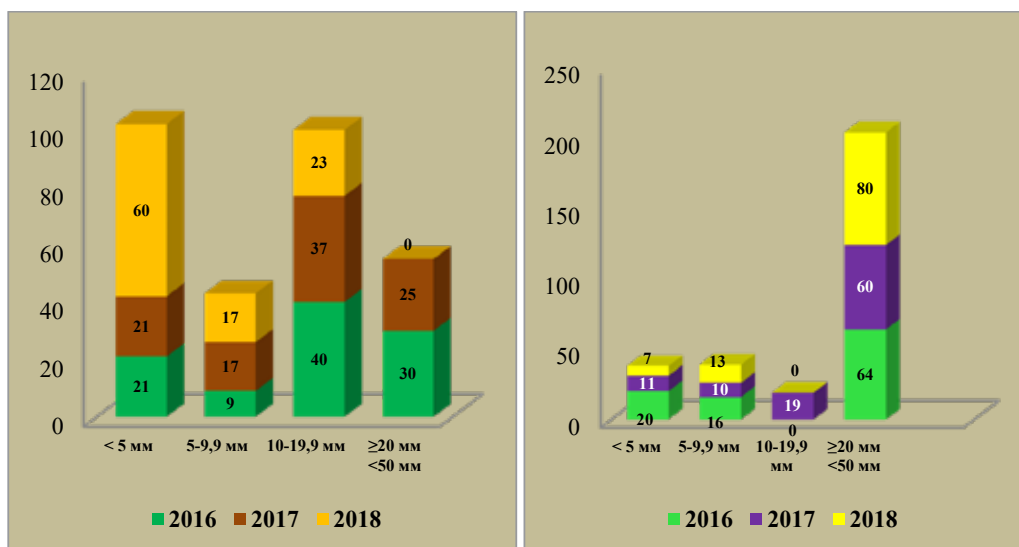
№ вар	Норма і термін внесення добрив		
	під передпосівну культивуацію	початок гілкування	початок цвітіння
1	-	-	-
2	$P_{30}K_{30}$	-	-
3	$P_{30}K_{30}$	$N_{30}$	-
4	$P_{30}K_{30}$	$N_{30}$	$N_{30}$
5	$P_{30}K_{30}$	$N_{60}$	-
6	$N_{30}P_{30}K_{30}$	-	-
7	$N_{60}P_{30}K_{30}$	-	-
8	$N_{30}$	-	-
9	$N_{60}$	-	-
10	-	$N_{30}$	$N_{30}$

Одеська область відноситься до зони нестабільного зволоження. Кількість опадів в роки досліджень за період активної вегетації нуту з квітня по першу декаду серпня становила: 2016 р. – 245,3 мм, 2017 р. – 238,0 мм та 2018 р. – 66,0 мм. Їх розподіл за основними періодами розвитку рослин нуту (рис. 1) та за градаціями опадів був дуже різним і нерівномірним (рис. 2).

У 2016 році більша частина опадів (64,9%) випала від сходів до цвітіння нуту, що припадало на травень, переважна частина яких була продуктивна: 40% склали дощі, коли за один раз випадало від 10 до 20 мм і 30% – від 20 мм до 30мм. 2017 рік займав проміжне положення з більш-менш рівномірним розподілом опадів весною і схожим на 2018 рік – в літній період розвитку рослин.



**Рис. 1. Розподіл опадів за періодами вегетації нуту та роками досліджень, % від загальної кількості**



а) весняний період б) літній період вегетації

Рис. 2. Розподіл опадів за їх градаціями, % від суми

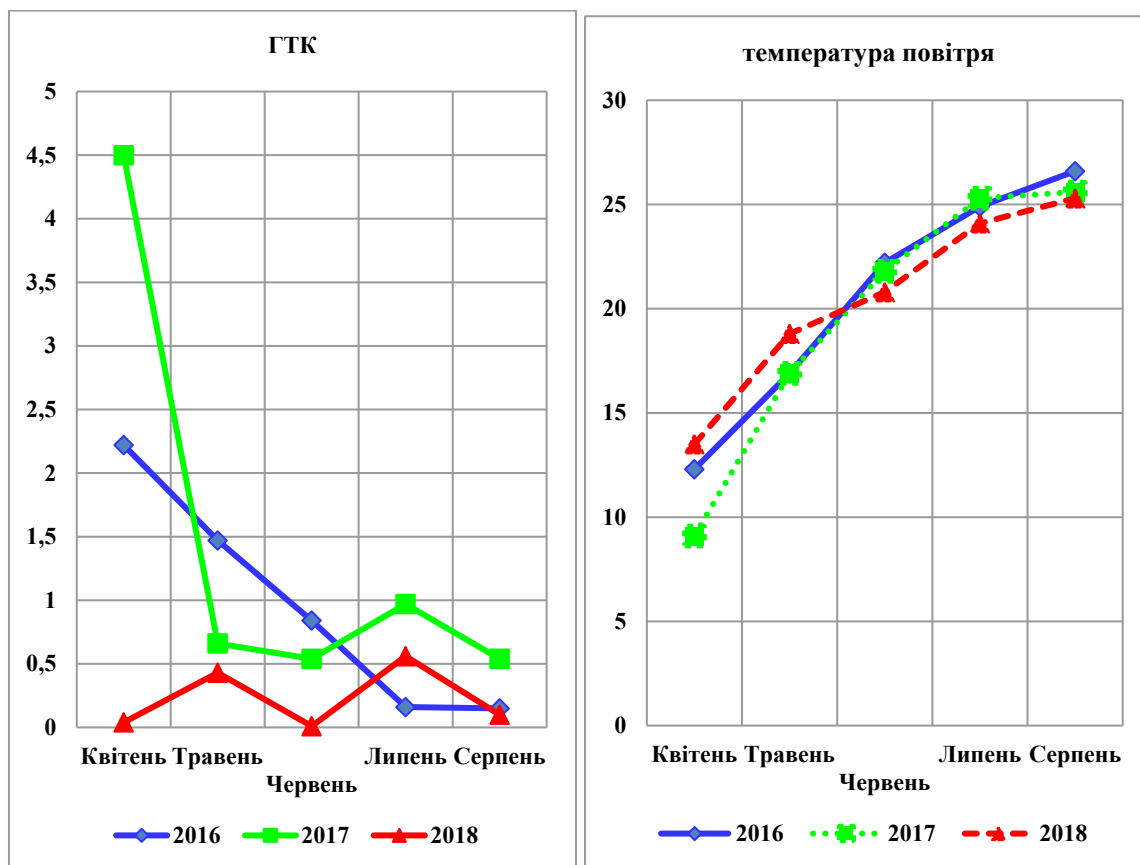


Рис. 3. Характеристика температурного режиму років дослідження

Опади 2018 роки склали лише 26,9% від їх кількості у 2016 році, причому весною 77% з них були мало продуктивні та непродуктивні, а період від бобоутворення до дозрівання зерна був практично нульовим за волого забезпеченням, оскільки 80% випало напри-

кінці липня у вигляді зливи, а 20% – опади від 1 до 6 мм за один дощ.

У 2018 році весь період розвитку рослин нуту проходив в умовах ґрунтової посухи. Гідротермічний коефіцієнт в середньому за вегетацію дорівнював 0,26 з коли-

ваннями від 0,01 до 0,56, і він детермінований нестачею опадів, оскільки середньомісячні температури повітря лише в квітні і травні були вищі за інші роки, а з червня по серпень нижчі за 2016 рік на 1,4-0,8 та 1,3° С, проти 2017 року – на 1,0-1,2 та 0,3° С (рис. 3). Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту період наливу зерна нуту у 2018 році коливалися від 30,2 мм до 0,0 мм; 2017 р. – від 56,7 мм до 33,8 мм і у 2016 р. – від 110,2 до 64,5 мм.

**Результати досліджень.**

Динаміка вмісту хлорофілу α за варіантами добрив та роками досліджень показана на прикладі блоку без бактеризації насіння (рис. 4). Максимальний рівень пігменту спостерігався у 2016 році за всіма фазами вегетації на варіанті дворазового підживлення (N<sub>30</sub>+N<sub>30</sub>) та внесенні під припосівну культивуацію N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> і скла-

дав у фазу гілкування 2,05 мг/г, цвітіння – 2,32 мг/г та при дозріванні – 1,91 мг/г. Найменше синтезувалось хлорофілу α в листі нуту в умовах 2018 року, але виділився також варіант N<sub>30</sub>+N<sub>30</sub> (0,99-1,41 мг/г). У погодних умовах 2017 року у фазу гілкування та цвітіння виділились варіанти, де по фосфорно-калійному фону проводили однократне підживлення N<sub>60</sub> і варіант з N<sub>30</sub>+N<sub>30</sub> (1,46; 1,45 мг/г та 1,92; 2,03 мг/г), а у фазу дозрівання – одноразове підживлення N<sub>30</sub> (1,42 мг/г) та N<sub>60</sub> (1,44 мг/г).

Дані, отримані в середньому за три роки, представлені на рис. 5 та рис. 6, де варіанти добрив об'єднані за їх видами: азотне, фосфорно-калійне, повне та підживлення мінеральним азотом по фоні РК. Як у фазу цвітіння, так і при дозріванні порівняно більша концентрація хлорофілу α спостерігалася при внесенні азотних

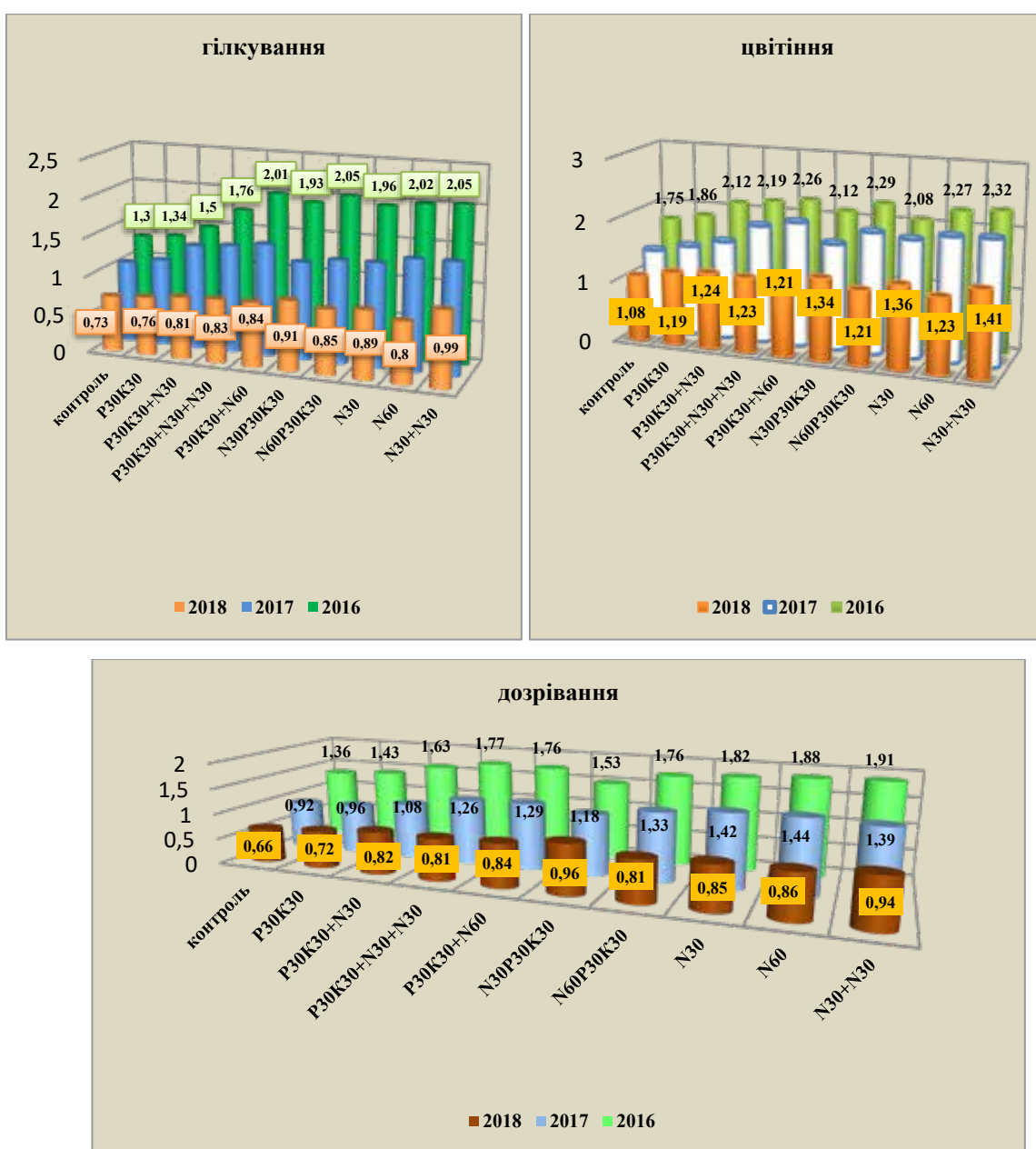


Рис. 4. Динаміка вмісту хлорофілу α, мг/г сирової речовини

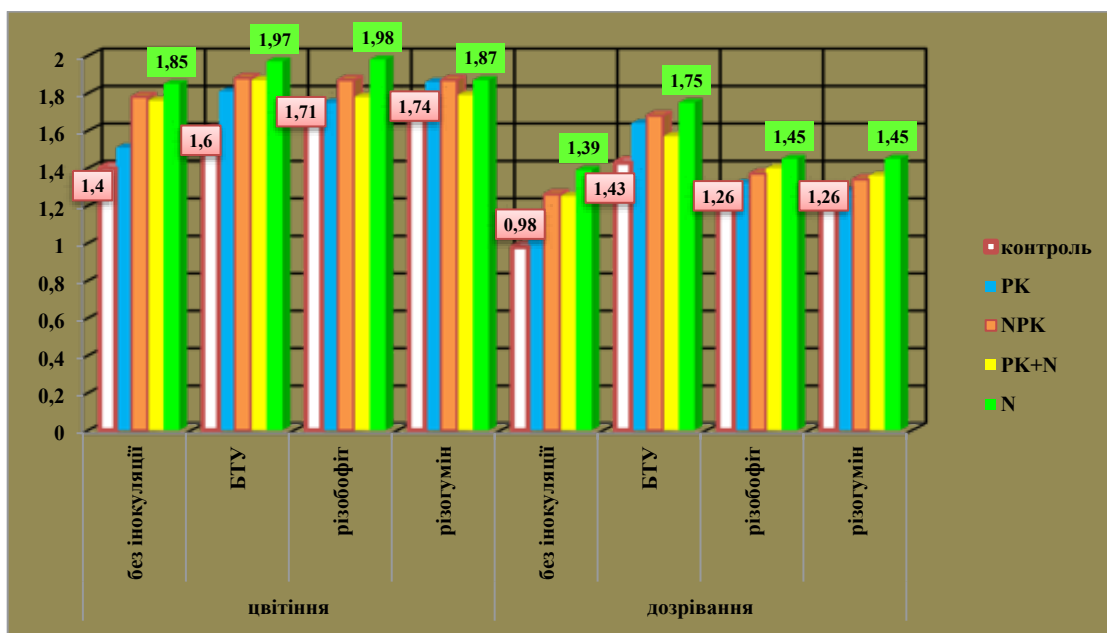


Рис. 5. Вплив мінеральних добрив та варіантів передпосівного обробітку на вміст хлорофілу а

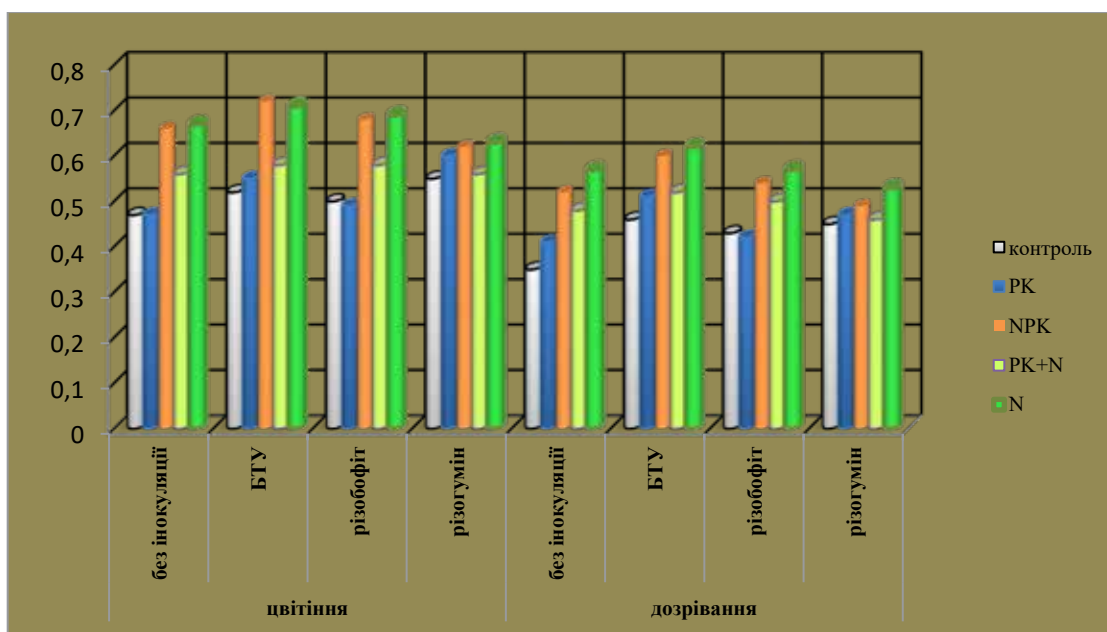


Рис. 6. Концентрація хлорофілу b за варіантами добрив та інкулянтів

добрив: у фазу цвітіння – на варіантах з бактеризацією насіння нуту БТУ та різобофiтом (1,97-1,98 мг/г), при дозріванні – БТУ (1,75 мг/г).

За вмістом хлорофілу b в період цвітіння виділились варіанти з внесенням повного мінерального добрива та азоту з інкулянтом БТУ (0,72 мг/г та 0,71 мг/г) і різобофiт (0,69мг/г; 0,68 мг/г). У період бобоутворення та дозрівання нуту ці ж добрива на фоні бактеризації насіння БТУ- інкулянтом забезпечили максимальну збереженість даного пігменту: 0,60-0,62 мг/г проти чистого контролю 0,35 мг/г.

За сумісної дії добрив та інкулянтів концентрація хлорофілу а перевищувала варіант без добрив і без бактеризації у фазу цвітіння від 29,3% до 41,4 % та при дозрівання – від 30,6% до 78,6% (рис. 7). Кращі показники були в основному при поєднанні внесення добрив з передпосівним обробітком насіння нуту БТУ-інкулянтом.

Аналогічним чином проявляється сумісна дія факторів і на концентрації в листі нуту хлорофілу b (рис. 8). Слід лише відмітити, що до цвітіння на фоні PK краще «працює» різогумiн по відношенню до обох хлорофілів,

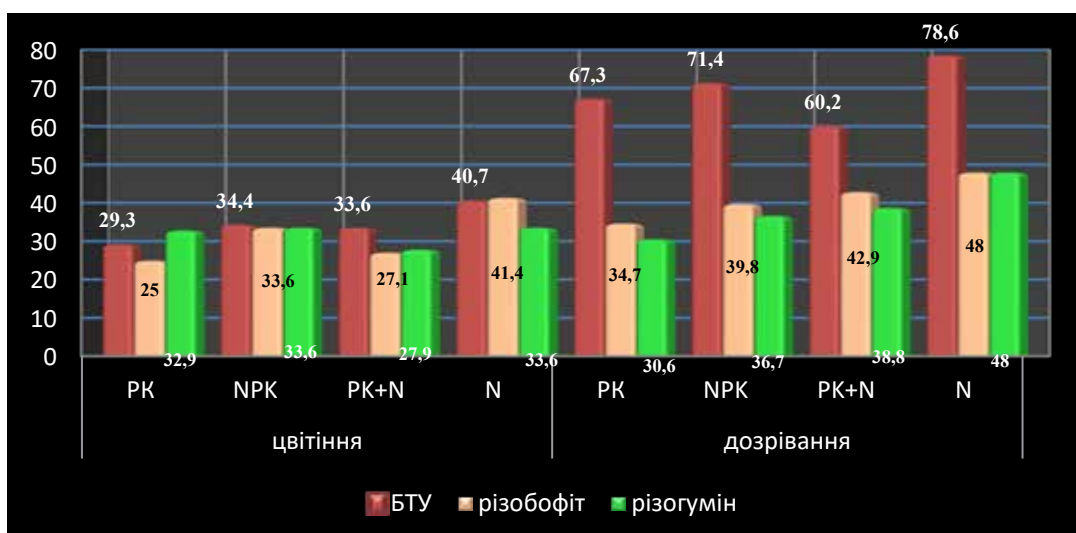


Рис. 7. Підвищення вмісту хлорофілу альфа за сумісної дії добрив та інокулянтів, %

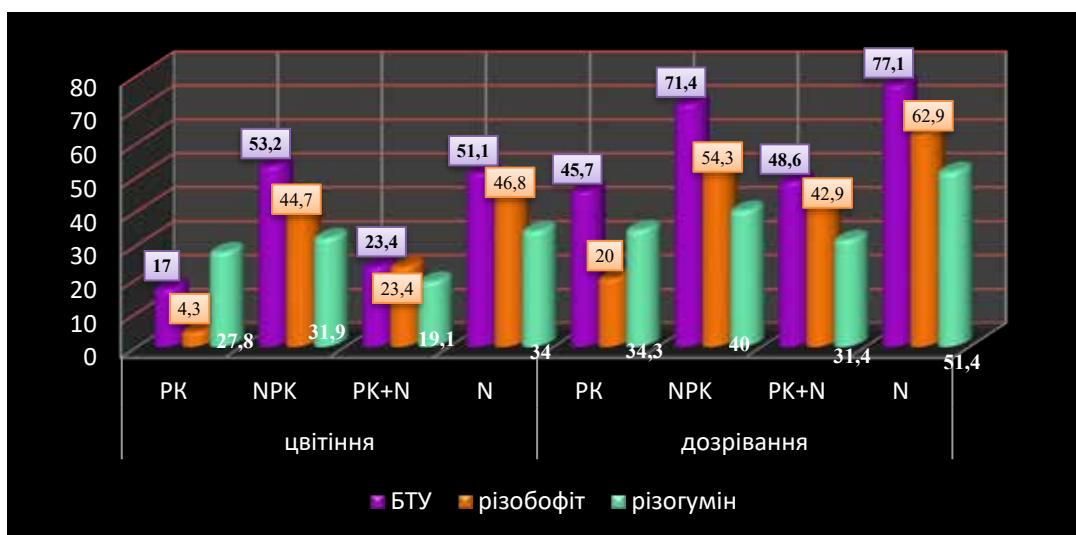


Рис. 8. Підвищення вмісту хлорофілу бета за сумісної дії добрив та інокулянтів, %

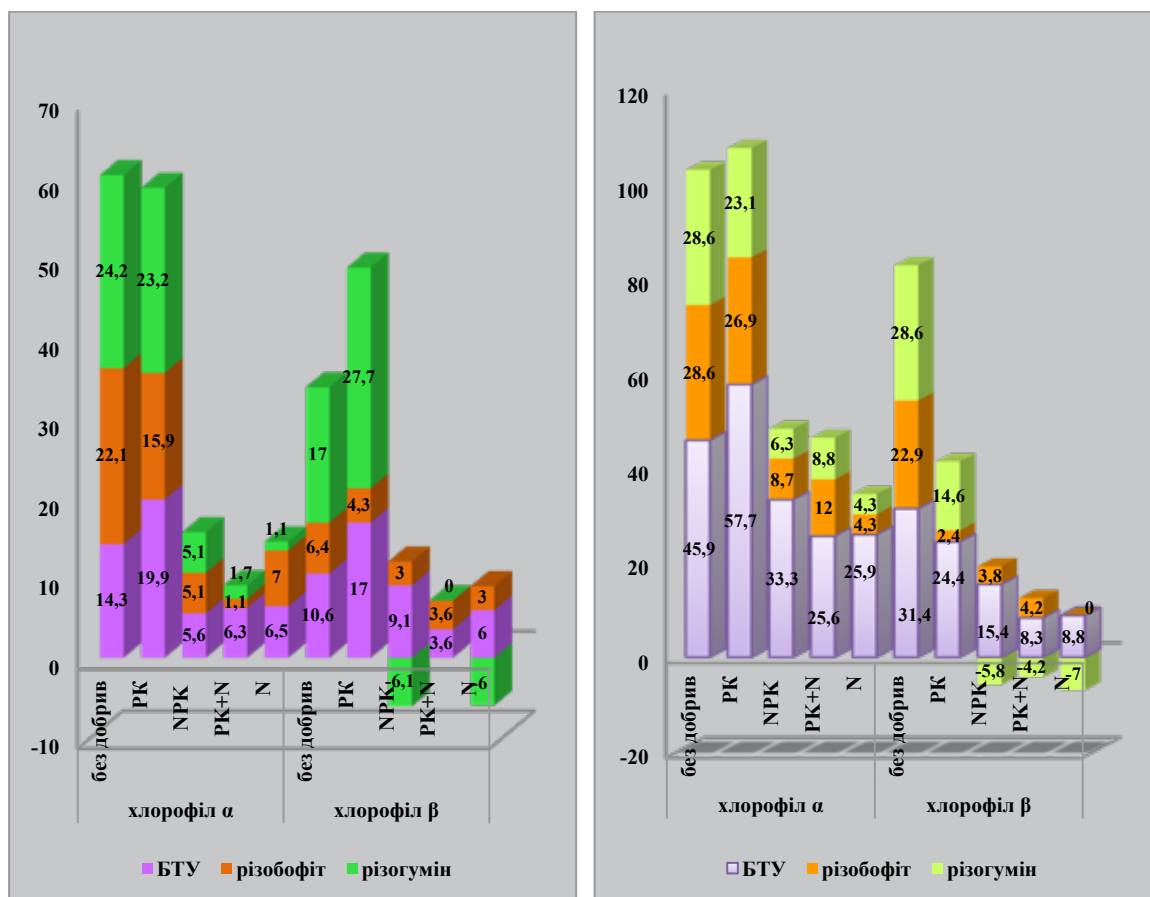
але при дозріванні, як і протягом всього періоду вегетації, перевагу має поєднання добрив з БТУ-інокулянтом, конкретніше – з повним мінеральним та азотним добривом.

Аналіз впливу інокулянтів підтверджує вищезроблений висновок: до стадії цвітіння при вирощуванні нуту без використання добрив і з внесенням РК більш ефективним виявився передпосівний обробіток насіння різогуміном: частка бактеризації у зростанні концентрації хлорофілів складала 24,2% та 17,0% (без добрив) і 23,2% та 27,7% (РК) (рис. 9). Але від початку наливу процес дозрівання характеризувався проявом більшого впливу БТУ-інокулянта, як на фоні добрив, так і без їх використання. Звертає на себе увагу той факт, що доля впливу інокулянту залежала від виду добрива: максимальний вплив всі препарати мали на нульовому рівні мінеральних добрив і при  $P_{30}K_{30}$ , доповнення фосфорно-калійного добрива азотом, незалежно від способу його внесення (під посів чи вроздріб), приводило

до зменшення ефективності інокулянту в синтезі чи збереженні пігментів аж до нульового або негативного ефекту (різогумін).

Розрахунок парних коефіцієнтів кореляції виявив високий прямий зв'язок між дозою азотних добрив і концентрацією хлорофілів: для альфа "r" за роками склав 0,90, 0,75 і 0,75; для хлорофілу b – 0,94, 0,88 та 0,86. Фосфорно-калійні добрива мали тенденцію до негативного впливу на синтез хлорофілів: коефіцієнти кореляції по модулю коливалися від /0,10/ до /0,51/ для фракції альфа і від /0,31/ до /0,41/ – для іншої.

Проведення кореляційно-регресійного аналізу показало, що співвідношення хлорофілів альфа/бета в хлоропластах нуту в межах однієї фази розвитку залежало від комплексної дії факторів: достовірність коефіцієнтів регресії складала 75,6-85,7% при їх значеннях 0,89-0,91 і тільки для сполучення мінеральні добрива – різогумін – 32,9% ( $R=0,60$ ). Водночас коливання цього показника в часі визначалися більшою мірою фазами розвитку



а) цвітіння б) дозрівання

Рис. 9. Підвищення вмісту хлорофілу альфа та бета за рахунок інокулянту, %

рослин нуту і залежали від факторів, що досліджувались, в межах 18,7-29,2% ( $R=0,43-0,54$ ).

Незважаючи на коливання абсолютних значень  $\alpha / b$ , звертає на себе увагу той факт, що цей показник зменшується в кожній фазі і в кожному варіанті бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до азотного монодобрива. Це зменшення відбувається за рахунок підвищення долі хлорофілу  $b$  в сумі хлорофілів від  $+(3,0-3,5\%)$  – фаза гілкування до  $+(1,5-2,5\%)$  в процесі дозрівання. Частка хлорофілу  $b$  змінювалась і залежно від погодних умов: в оптимальний 2016 рік за системами удобрення та варіантами інокуляції вона коливалася в інтервалі 20,5 ... 27,0% ( $\alpha / b = 3,89-2,73$ ), а у 2018 році, коли спостерігалася ґрунтова посуха, – 30,5...41,7% ( $\alpha / b = 2,03-1,54$ ). Таким чином, за стресових умов змінювався абсолютний вміст фракцій хлорофілів і співвідношення між ними: при ґрунтовій посуші частка хлорофілу  $b$  зростала в їх сумі.

#### Обговорення.

Погодні умови років досліджень (рис. 1–3) кардинальним чином вплинули на урожай нуту, який у 2016 р. склав 3,14 т/га, 2017 р. – 2,37 т/га та 2018 р. – 1,29 т/га. Кореляційний аналіз показав дуже високу ступінь залежності урожайності від опадів ( $r=0,92$ ), від співвідношення опадів і температур повітря (ГТК) та запасів

вологи в ґрунті –  $r=0,98$  і, практично, відсутність від температур повітря –  $r= -0,10$ , що збігається з висновком K. Sivasakthi з колегами (Sivasakthi et al.). При розрахунках ми використали середні за рік показники урожайності та середні за вегетаційний період значення параметрів погоди, а запаси вологи – від початку наливу до повної стиглості.

Як відмічалось (рис. 4), максимальний вміст хлорофілів визначено у фазу цвітіння нуту. Тому ми розраховували коефіцієнти кореляції між урожаєм зерна нуту і концентрацією хлорофілів у вказану фазу. Для пари урожай – хлорофіл  $\alpha$   $r = 0,78; 0,56; 0,64$ , а для хлорофілу  $b$  –  $0,28; 0,10; 0,40$ , відповідно за роками досліджень. Отже, більш помітний вплив вмісту хлорофілу  $b$  у фазі цвітіння на урожайність нуту було встановлено в менш сприятливих погодних умовах 2018 р., а вплив хлорофілу  $\alpha$  – у більш сприятливий 2016 рік. Результати наших досліджень узгоджуються з висновками А.Н. Rizvil et al. (2014) в досліді з нуту та А.О. Рожкова (2013) в досліді з тритикале ярого, які повідомляли, що погодні умови, зокрема стрес від ґрунтової посухи, впливає на інтенсивність синтезу пігментів, а варіабельність вмісту хлорофілів під дією добрив в цих умовах більша.

Встановлено, що за стресових впливів (посуха) відбувається зменшення хлорофілів, особливо його фрак-

Співвідношення фракцій хлорофілу в листових пластинках рослин нуту за періодами розвитку, варіантами мінеральних добрив та передпосівного обробітку насіння (2016–2018 рр.)

Варіант	Фаза вегетації											
	гілкування				цвітіння				дозрівання			
	К	БТУ	РБ	РГ	К	БТУ	РБ	РГ	К	БТУ	РБ	РГ
без добрив	2,65	3,19	3,31	3,00	2,96	3,11	3,45	3,16	2,83	3,21	2,95	2,90
P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,76	3,45	3,17	2,96	3,25	3,32	3,65	3,10	2,63	3,31	3,22	2,79
P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	2,76	3,47	3,19	2,91	3,15	3,37	3,31	3,21	2,71	3,12	2,98	2,91
P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>30</sub> +N <sub>60</sub>	2,74	3,31	3,03	2,85	3,23	3,28	3,10	3,22	2,75	3,11	2,72	2,88
P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>60</sub>	2,72	3,02	2,88	2,92	3,04	3,07	2,83	3,29	2,61	3,09	2,72	3,01
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,48	2,74	2,79	2,74	2,60	2,59	2,66	3,13	2,32	3,11	2,70	2,83
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,46	2,89	3,03	2,77	2,76	2,72	2,83	3,10	2,54	2,67	2,57	2,77
N <sub>30</sub>	2,39	2,64	2,59	2,75	2,67	2,84	2,89	2,94	2,33	2,89	2,46	2,83
N <sub>60</sub>	2,38	2,60	2,82	2,87	2,81	2,87	2,75	3,23	2,52	2,98	2,62	2,70
N <sub>30</sub> +N <sub>60</sub>	2,43	2,59	2,63	2,74	2,79	2,81	2,97	2,98	2,49	2,76	2,72	2,83

Примітка: К – контроль; БТУ – БТУ-інокулянт; РБ – ризобіфіт; РГ – ризогумін

ції  $\alpha$ , оскільки вона є менш стійкою в порівнянні з хлорофілом  $b$ , і співвідношення між цими формами пігменту зменшується (табл. 2), що не вступає у протиріччя з результатами інших дослідників [5]. Співвідношення хлорофілу  $\alpha$  до хлорофілу  $b$  вважається показником хроматичної адаптації і за варіантами добрив зменшувалось в ряду PK → NPK → N; вплив варіантів інокуляції насіння нуту більше визначався видом і терміном внесення мінерального добрива, ніж погодними умовами.

#### Висновки.

Зміни пулу хлорофілів за фазами розвитку у листках нуту спостерігали як за варіантами добрив, так і варіантами передпосівного обробітку насіння. Максимальний вміст зелених пігментів був у фази цвітіння та початку наливу і дорівнював 2,51-2,69 мг/г сирової речовини на варіантах сумісної дії інокулянтів і добрив (N<sub>30-60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> та N<sub>30-60</sub>) проти 1,87-1,83 мг/г – контроль без добрив і без інокуляції насіння; різниця між дозами внесення азотних добрив – математично не суттєва.

Здатність інокулянтів спричинювати підвищення вмісту хлорофілів в листках нуту визначалася фоном удобрення: максимальна їх відносна ефективність спостерігалася на неудобреному варіанті і при внесенні фосфорно-калійних добрив (P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>); у фазу цвітіння інокулянти розташовуються в наступний ряд ризогумін > ризобіфіт > БТУ, а при дозріванні – БТУ > ризогумін > ризобіфіт.

За умов ґрунтової посухи відмічено зменшення хлорофілів, особливо фракції  $\alpha$  і співвідношення  $\alpha / b$  коливалось в межах від 2,03 до 1,54 проти 3,89...2,73 в оптимальних умовах.

Співвідношення між фракціями хлорофілів мало тенденцію до зменшення і за фазами розвитку рослин нуту, і варіантами бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до чисто азотного за рахунок зростання частки хлорофілу  $b$  в сумі зелених пігментів, яке складало від 1,5% до 3,5%.

Встановлено прямий кореляційний зв'язок між концентрацією хлорофілів в листі нуту у фазу цвітіння і рівнем урожайності: для пари урожай – хлорофіл  $\alpha$

коефіцієнт кореляції дорівнював 0,78-0,64, а для хлорофілу  $b$  – 0,28-0,40. За роками досліджень відносно тісний зв'язок вмісту хлорофілу  $b$  з урожаєм зерна нуту відмічено за менш сприятливими погодними умовами 2018 року (16,0 відсотків впливу проти 1,0-7,8% – в інші роки), а хлорофілу  $\alpha$  – у більш сприятливий 2016 рік (60,8% проти 32,5-41,0%).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бобков С.В., Бычков И.А. Содержание фотосинтетических пигментов и активность ферментов окислительного стресса у диких образцов гороха. *Земледелие*. № 4. С. 29–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10409.
- Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. Москва: Академия, 2003. 256 с.
- Гангур В.В., Єремко Л.С., Сокирко Д.П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 264–269.
- Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики. *Современное садоводство*. 2018. № 3. С. 74–80.
- Йосипенко О.О., Кисличенко В.С., Омельченко З.І. Вивчення пігментів листя кабачків. Сучасні досягнення фармацевтичної науки в створенні та стандартизації лікарських засобів і дієтичних добавок, що містять компоненти природного походження: *матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Харків, 11 березня 2020 р.* Харків: Національний фармацевтичний університет, 2020. С. 67–68. URL: <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/22617>.
- Калинина А.В., Лящева С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой пшеницы. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 2(2). С. 286–290.
- Кривенко А.І., Бурикіна С.І. Пігментна система фотосинтетичного апарату пшениці озимої за дії мікроелементу цинк. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 102. С. 57–67.



8. Макаруч М.О. Господарсько цінні властивості нуту (*Cicer arietinum* L.) в умовах Правобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань. 2021. Випуск 98. Частина 1. С. 210–219. DOI 10.31395/2415-8240-2021-98-1-210-219.
9. Приседський Ю.Г. Фотосинтез. Методичний посібник з виконання лабораторних робіт та самостійної роботи. Вінниця : ДонУ, 2016. 68 с. С. 20–21.
10. Рожков А.О. Склад та співвідношення пігментів фотосинтезу в листках рослин тритикале ярого за дії підживлень посівів сечовиною з мікродобривами *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань. 2013. Випуск 83. Ч. 1. С. 49–56.
11. Рожков А.О. Вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин пшениці твердої ярої за дії підживлень посівів сечовиною та мікродобривами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 101–107.
12. Сайдаминов Х.Х., Маниязова Н.А., Атоев М.Х., Абдуллаев А.А. Содержание хлорофиллов у некоторых бобовых культур в условиях почвенной засухи. *Доклады академии наук Республики Таджикистан*. 2016. Том 59. № 9-10. С. 428–433.
13. Стоцька С.В. Концентрація хлорофілу в листках рослин конюшини лучної залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування в умовах Полісся Центрального. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2017. № 2(61). Т. 1. С. 72–77.
14. Тимирязев К.А. Солнце, жизнь и хлорофилл. Публичные лекции, речи и научные исследования. *Избранные сочинения*. Москва : ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. Том 1. С. 696.
15. Barlow K.M., Christy B.P., O'leary G.J., Ri\_kin P.A., Nuttall J.G. (2015) Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crop. Res.* 171. P. 109–119.
16. Cudjoe G.P., Antwi-Agyei P., Gyampoh B.A. (2021) The Effect of Climate Variability on Maize Production in the Ejura-Sekyedumase Municipality, Ghana. *Climate*. Volume 9. Issue 10. P. 145–159. URL: <https://doi.org/10.3390/cli910014>.
17. Di Mola I., Conti S., Cozzolino E., Melchionna G., Ottaiano L., Testa A., Sabatino L., Roupheal Y., Mori M. (2021) Plant-Based Protein Hydrolysate Improves Salinity Tolerance in Hemp: Agronomical and Physiological Aspects. *Agronomy*. 11. 342. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020342>.
18. ElBessa M., Abdelrahman S.M., Tonbol K., Shaltout M. (2021) Dynamical Downscaling of Surface Air Temperature and Wind Field Variabilities over the Southeastern Levantine Basin, Mediterranean Sea. *Climate*. Volume 9. Issue 10. 150. URL: <https://doi.org/10.3390/cli9100150>.
19. Hak R., Rinderlezimmer U., Lichtenthaler H.K., Natr L. (1993) Chlorophyll-a Fluorescence Signatures of Nitrogen Deficient Barley Leaves. *Photosynthetica*. 28. P. 151–159.
20. Lüttger A. B., Feike, T. (2018) Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. *Theoretical and Applied Climatology*. 132. P. 15–29.
21. Rizvi A.H., Dwivedi V.K., Sairam R.K., Yadav S.S., Bharadwaj Ch., Sarker A., Alam A. (2014) Physiological Studies on Moisture Stress Tolerance in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*. 1(2). P. 23–31. URL: <http://dx.doi.org/10.12983/ijstras-2014-p0023-0031>.
22. Sivasakthi K., Marques E., Kalungwana Ng., Carrasquilla-Garcia N., Chang P L., Bergmann E.M., Bueno E., Cordeiro M., Sani S G A.S., Udupa S. M., Rather I. A., Mir R. Rouf, Vadez V., Vandemark G. J., Gaur P. M., Cook D. R., Boesch Ch., E. J.B. von Wettberg, Kholova Ja. and Penmetsa R. V. (2019) Functional Dissection of the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Stay-Green Phenotype Associated with Molecular Variation at an Ortholog of Mendel's I Gene for Cotyledon Color: Implications for Crop Production and Carotenoid Biofortification. *International Journal of Molecular Sciences*. 20:5562. doi:10.3390/ijms20225562.
23. Skrynyk O, Aguilar E, Skrynyk O, Sidenko V, Boichuk D, Osadchyi V. (2019) Quality control and homogenization of monthly extreme air temperature of Ukraine. *International Journal of Climatology* 39:2071–2079. URL: <https://doi.org/10.1002/joc.5934>.
24. Sousa J.R.M., Gheyi H.R., Brito M.E.B., Lacerda C. F., Silva F.V., Soares F.A.L. (2016) Soares Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. *Soil, Water and Plant Management*. V. 20. N. 5. P. 434–440. URL: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi>.
25. Timm S., Florian A., Fernie AR., Bauwe H. (2016) The regulatory interplay between photorespiration and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 67(10):2923-9. doi: 10.1093/jxb/erw083.
26. Trinká M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Rötter R.P., Brázdil R., Eitzinger J. (2016) Changing regional weather-crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *Climate Res.* Issue 70. P. 195–214.
27. Tryhuba Olena, Pyda Svitlana (2014) Photosynthetic activity of *Lupinus albus* when ryzobofit and plant growth regulators are used. *British Journal of Science, Education and Culture*. № 1(5). P. 50–55.
28. Xu A., Li L., Xie J., Wang X., Coulter J.A., Liu, C., Wang L. (2020) Effect of Long-Term Nitrogen Addition on Wheat Yield, Nitrogen Use Efficiency, and Residual Soil Nitrate in a Semiarid Area of the Loess Plateau of China. *Sustainability*. 12. 1735. doi:10.3390/su12051735.
29. Zangani E., Afsahi K., Shekari, F., Mac Sweeney E., Mastinu A. (2021) Nitrogen and Phosphorus Addition to Soil Improves Seed Yield, Foliar Stomatal Conductance, and the Photosynthetic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 11. 483. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060483>.
30. Wettstein D. (1957) Von Chlorophyll-letale und der submicroscopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*. Vol. 12. No 23. P. 427.

**REFERENCES:**

1. Bobkov S. V., Bychkov I. A. (2018) Soderzhaniye fotosinteticheskikh pigmentov i aktivnost' fermentov oksilitel'nogo stressa u dikikh obrastsov gorokha. [ Contents of Photosynthetic Pigments and Activity of Oxidative Stress Enzymes in Wild Pea. ] *Zemledeliye -Agriculture*. 4. 29-33 (in Russian)

2. Gavrilenko V.F., Zhigalova T.V. (2003) Bol'shoy praktikum po fotosintezu. [Large workshop on photosynthesis.] Akademiya. Moskva. 256. (in Russian)
3. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Sokyрко D.P. (2017) Formuvannya produktyvnosti nutu zalezno vid tekhnolohichnykh faktoriv v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [Formation of chickpea productivity depending on technological factors in the conditions of the left-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Grain Crops*. 1(2). 264-269 (in Ukrainian).
4. Gryuner L.A., Kuleshova O.V. (2018) Kolichestvo i sootnosheniye fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yezheviki [Quantity and ratio of photosynthetic pigments in blackberry leaves]. *Sovremennoye sadovodstvo – Modern gardening*. 3. 74-80. (in Russian)
5. Iosypenko, O. O., Kyslychenko V.S., Omelchenko Z.I. (2020) Vyvchennia pihmentiv lystia kabachkiv [Study of zucchini leaf pigments]. *Suchasni dosiahnennia farmatsevtichnoyi nauky v stvorenni ta standartyzatsii likarskykh zasobiv i diietychnykh dobavok, shcho mistiat komponenty pryrodnoho pokhodzhennia : materialy II Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, m. Kharkiv, 11 bereznia 2020 r.* – Modern achievements of pharmaceutical science in the creation and standardization of drugs and dietary supplements containing components of natural origin: Proceedings of the II International Scientific and Practical Internet Conference, Kharkiv, March 11, 2020. *Natsionalnyi farmatsevtichnyi universytet. Xarkiv*. 67-68. <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/22617> (in Ukrainian).
6. Kalinina A.V., Lyashcheva S.V. (2018) Sostav i sodержaniye pigmentov fotosinteza v list'yakh prorostkov ozimoy pshenitsy [Structure and the maintenance of pigments of photosynthesis in leaves of sprouts of winter wheat]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk – Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 20. № 2 (2). 286-290. (in Russian)
7. Kryvenko A.I., Burykina S.I. (2018). Pyhmentna sistema fotosyntetychnoho aparatu pshenytsi ozymoyi za diyi mikroelementu tsynk [Pigment system of photosynthetic apparatus of winter wheat for the action of trace element zinc]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk- Tavricheskyi scientific bulletin*. Vydavnychi dim Helvetyka Kherson. 102. 57-67 (in Ukrainian).
8. Makarchuk M.O. (2021) Hospodarsko tsinni vlastyvoli nutu (*Cicer arietinum* L.) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [The economically and valuable feature of selection number of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the condition of the Right-Bank Forest-Steppe] *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Uman. 98 (1). 210-219. DOI 10.31395/2415-8240-2021-98-1-210-219(in Ukrainian).
9. Pryseds'kyi YU. H. (2016) Fotosyntezi. Metodychnyy posibnyk z vykonannya laboratornykh robot ta samostiyanoi roboty [Photosynthesis. Methodical manual for laboratory work and independent work]. DonNU. Vinnytsya. 68. 20-21(in Ukrainian).
10. Rozhkov A. O. (2013) Sklad ta spivvidnoshennia pihmentiv fotosyntezi v lystkakh roslyn trytykale yarohe za dii pidzhyvlen posiviv sechovynoiu z mikrodoobryvamy. [The composition and the ratio of photosynthetic pigments in leaves of spring triticale depending on fertilizing crops with urea and micro fertilizers]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Uman. 83 (1). 49-56. (in Ukrainian).
11. Rozhkov A. O. (2014) Vmist pihmentiv fotosyntezi v lystkakh roslyn pshenytsi tverdoyi yarozy za diyi pidzhyvlen' posiviv sechovynoyu ta mikrodoobryvamy [The content of photosynthetic pigments in the leaves of durum wheat plants under the action of fertilizing crops with urea and microfertilizers.]. *Naukovyy visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya Ahronomiya – Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Agronomy series*. 195 (1). 101–107 (in Ukrainian).
12. Saydaminov KH.KH., Maniyazova N.A., Atoyev M.KH., Abdullayev A.A. (2016) Soderzhaniye khlorofillov u nekotorykh bobovykh kul'tur v usloviyakh pochvennoy zasukhi [Content of green pigments on legumes in condition soil drought]. *Doklady akademii nauk Respubliki Tadjikistan -Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 59 ( 9-10). 428-433. (in Russian)
13. Stots'ka S.V. (2017). Kонтсентрацiя khlorofilu v lystkakh roslyn konyushyny zalezno vid vplyvu ahrotekhnichnykh pryomiv vyroshchuvannya v umovakh Polissya Tsentral'noho [The chlorophyll concentration in the leaves of the plants of broadleaved clover depending on the influence of agrotechnical cultivation methods in conditions of Central Polissia]. *Visnyk Zhytomyr'skoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu – Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*. 2 (61). 1. 72-77. (in Ukrainian).
14. Timiryazev K.A. (1948) Solntse, zhizn' i khlorofill. Publichnyye lektsii, rechi i nauchnyye issledovaniya. Izbrannyye sochineniya [Sun, life and chlorophyll. Public lectures, speeches and scientific research. Selected writings]. OGIZ-SEL'KHOZGIZ. Moskva. 1. 696. (in Russian)
15. Barlow K.M., Christy B.P., O'leary G.J., Ri\_kin P.A., Nuttall J.G. (2015) Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crop. Res*. 171. 109–119.
16. Cudjoe G.P., Antwi-Agyei P., Gyampoh B.A. (2021) The Effect of Climate Variability on Maize Production in the Ejura-Sekyedumase Municipality, Ghana. *Climate*. Volume 9. Issue 10. P. 145-159. <https://doi.org/10.3390/cli910014>.
17. Di Mola I., Conti S., Cozzolino E., Melchionna G., Ottaiano L., Testa A., Sabatino L., Roupheal Y., Mori M. (2021) Plant-Based Protein Hydrolysate Improves Salinity Tolerance in Hemp: Agronomical and Physiological Aspects. *Agronomy*. 11. 342. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020342>.
18. ElBessa M., Abdelrahman S.M., Tonbol K., Shaltout M. (2021) Dynamical Downscaling of Surface Air Temperature and Wind Field Variabilities over the Southeastern Levantine Basin, Mediterranean Sea. *Climate*. Volume 9. Issue 10. 150. <https://doi.org/10.3390/cli9100150>.

19. Hak R., Rinderle Zimmer U., Lichtenthaler H.K., Natr L. (1993) Chlorophyll-a Fluorescence Signatures of Nitrogen Deficient Barley Leaves. *Photosynthetica*. 28. 151–159.
  20. Lüttger A.B., Feike, T. (2018) Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. *Theoretical and Applied Climatology*. 132. 15–29.
  21. Rizvi A.H., Dwivedi V.K., Sairam R.K., Yadav S.S., Bharadwaj Ch., Sarker A., Alam A. (2014) Physiological Studies on Moisture Stress Tolerance in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 1(2). 23-31. <http://dx.doi.org/10.12983/ijrsas-2014-p0023-0031>
  22. Sivasakthi K., Marques E., Kalungwana Ng., Carrasquilla-Garcia N., Chang P L., Bergmann E.M., Bueno E., Cordeiro M., Sani S G A.S., Udupa S. M., Rather I. A., Mir R. Rouf, Vadez V., Vandemark G. J., Gaur P. M., Cook D. R., Boesch Ch., E. J.B. von Wettberg, Kholova Ja. and Penmetsa R. V. (2019) Functional Dissection of the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Stay-Green Phenotype Associated with Molecular Variation at an Ortholog of Mendel's I Gene for Cotyledon Color: Implications for Crop Production and Carotenoid Biofortification. *International Journal of Molecular Sciences*. 20:5562. doi:10.3390/ijms20225562
  23. Skrynyk O, Aguilar E, Skrynyk O, Sidenko V, Boichuk D, Osadchyi V. (2019) Quality control and homogenization of monthly extreme air temperature of Ukraine. *International Journal of Climatology*. 39:2071–2079. <https://doi.org/10.1002/joc.5934>
  24. Sousa J.R.M., Gheyi H.R., Brito M.E.B., Lacerda C. F., Silva F.V., Soares F.A.L. (2016) Soares Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. *Soil, Water and Plant Management*. 20 (5). 434-440. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi>.
  25. Timm S., Florian A., Fernie AR., Bauwe H. (2016) The regulatory interplay between photorespiration and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 67(10):2923-9. doi: 10.1093/jxb/erw083.
  26. Trinka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Rötter R.P., Brázdlil R., Eitzinger J. (2016) Changing regional weather-crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *Climatic Research*. Issue 70. 195–214.
  27. Tryhuba Olena, Pyda Svitlana (2014) Photosynthetic activity of *Lupinus albus* when ryzobofit and plant growth regulators are used. *British Journal of Science, Education and Culture*. 1(5). 50-55.
  28. Xu A., Li L., Xie J., Wang X., Coulter J.A., Liu, C., Wang L. (2020) Effect of Long-Term Nitrogen Addition on Wheat Yield, Nitrogen Use Efficiency, and Residual Soil Nitrate in a Semiarid Area of the Loess Plateau of China. *Sustainability*. 12. 1735. doi:10.3390/su12051735
  29. Zangani E., Afshahi K., Shekari, F., Mac Sweeney E., Mastinu A. (2021) Nitrogen and Phosphorus Addition to Soil Improves Seed Yield, Foliar Stomatal Conductance, and the Photosynthetic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 11. 483. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060483>
  30. Wettstein D. (1957) Von Chlorophyll-letale und der submicroscopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*. 12. ( 23). 427.
- Бурикiна С.І., Парлікокошко М.С. Синтез хлорофілів в рослинах нуту за дії мінеральних добрив та інокулянтів**
- Упродовж 2016–2018 рр. вивчали вплив різних доз мінеральних добрив, способів їх внесення, допосівної інокуляції насіння на вміст хлорофілів нуту. Місце проведення досліджень – Одеська область, зона сухого Причорноморського степу. Ґрунт – чорнозем південний малогумусний важкосуглинковий на лесових відкладах; забезпеченість доступними формами фосфору та калію – середня, нітратним азотом – низька.
- Нут сорту Пам'ять, попередник – пшениця озима. Дослід двофакторний: фактор А – система удобрення: під посівну культивуацію вносили Р30К30, в інших варіантах фосфорно-калійні добрива доповнювали азотними в дозі 30 та 60 кг/га на початку фаз гілкування та цвітіння, присутні варіанти з внесенням повного мінерального N30-60P30K30 та азотного моно добрива N30-60; фактор В – передпосівний обробіток насіння : без обробітку, БТУ- інокулянт, ризобіофіт, ризогумін.
- Листя нуту відбирали з верхньої частини основного стебла за фазами росту; витяжки готували в 100% ацетоні; вимірювання проводили методом спектрофотометрії: хлорофіл а – довжина хвилі 662 нм, хлорофілу b – 644 нм; концентрацію пігментів визначали за формулами D. Wettstein. Статистичний обробіток результатів проводили згідно із загальноприйнятими методиками з використанням стандартного пакету програми “Statistica-6”.
- Роки досліджень дуже різнилися за погодними умовами: кількість опадів за період активної вегетації нуту (з квітня по першу декаду серпня) становила: 2016 р. – 245,3 мм, 2017 р. – 238,0 мм та 2018 р. – 66,0 мм. Вегетація нуту протягом 2018 року проходила в умовах ґрунтової посухи. Гідротермічний коефіцієнт в середньому за вегетацію дорівнював 0,26 з коливаннями від 0,01 до 0,56 і визначався нестачею опадів, оскільки середньомісячні температури повітря лише в квітні і травні були вищі за інші роки, а з червня по серпень нижчі за 2016 рік на 1,4-0,8 та 1,3о С, проти 2017 року – на 1,0-1,2 та 0,3о С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в період від початку наливу до повної стиглості зерна нуту у 2018 році коливалися від 30,2 мм до 0,0 мм; 2017 р. – від 56,7 мм до 33,8 мм і у 2016 р. – від 110,2 до 64,5мм.
- За результатами досліджень встановлено:
- 1) пул хлорофілів змінюється за фазами розвитку, за варіантами удобрення і варіантами передпосівного обробітку насіння; максимальний вміст зелених пігментів був у фазі цвітіння та початку наливу і дорівнював 2,51-2,69 мг/г сирової речовини на варіантах сумісної дії інокулянтів і добрив (N30-60P30K30 та N30-60) проти 1,87-1,83 мг/г – контроль без добрив і без інокуляції насіння; різниця між дозами внесення азотних добрив – математично не суттєва;
  - 2) здатність інокулянтів спричинювати підвищення вмісту хлорофілів в листках нуту визначалася фоном удобрення: максимальна їх відносна ефективність спостерігалася на неудобреному варіанті і при внесенні фосфорно-калійних добрив (Р30К30); у фазу цвітіння інокулянти розташовуються в наступний ряд ризогумін > ризобіофіт > БТУ, а при дозріванні – БТУ > ризогумін > ризобіофіт;
  - 3) за умов ґрунтової посухи зменшується синтез хлорофілів, особливо фракції α і співвідношення α / b коливалося в межах від 2,03 до 1,54 проти 3,89...2,73 в оптимальних умовах;

4) співвідношення між фракціями хлорофілів мало тенденцію до зменшення за фазами розвитку рослин нуту і варіантами бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до чисто азотного за рахунок зростання частки хлорофілу b в сумі хлорофілів, яке складало від 1,5% до 3,5%;

5) існує прямий кореляційний зв'язок між концентрацією хлорофілів в листі нуту у фазу цвітіння і рівнем урожайності: для пари урожай – хлорофіл  $\alpha$  коефіцієнт кореляції дорівнював 0,78-0,64, а для хлорофілу b – 0,28-0,40; за роками досліджень відносно тісніший зв'язок вмісту хлорофілу b урожаєм зерна нуту відмічено за менш сприятливі погодні умови 2018 року (16,0 відсотків впливу проти 1,0-7,8% – в інші роки), а хлорофілу  $\alpha$  – у більш сприятливий 2016 рік (60,8% проти 32,5-41,0%).

**Ключові слова:** нут, мінеральні добрива, інокуляція, хлорофіл.

**Burykina S.I., Parlikokoshko M.S. Synthesis of chlorophylls in chickpea plants under the action of mineral fertilizers and inoculants**

During 2016–2018 we studied the effect of different doses of mineral fertilizers, methods of their application, pre-sowing inoculation of seeds on the content of chickpea chlorophyll. The place of research is Odessa region, dry zone of the Black Sea steppe. Soil – southern low-humus heavy loam chernozem on forest deposits; availability of available forms of phosphorus and potassium – medium, nitrate nitrogen – low. Chickpea variety Memory, predecessor – winter wheat. Two-factor experiment: factor A – fertilizer system: P30K30 was applied for sowing cultivation, in other variants phosphorus-potassium fertilizers were supplemented with nitrogen at a dose of 30 and 60 kg / ha at the beginning of branching and flowering phases, there are variants with full mineral N30-60P30K30 and mono fertilizers N30-60; factor B – pre-sowing seed treatment: without treatment, BTU-inoculant, rhizobophyte, rhizohumin.

Chickpea leaves were selected from the upper part of the main stem by phases of growth; hoods were prepared in 100% acetone; measurements were performed by spectrophotometry: chlorophyll a – wavelength 662 nm, chlorophyll b – 644 nm; the concentration of pigments was determined by the formulas of D. Wettstein. Statistical processing of the results was performed according to generally accepted methods using the standard package of the program "Statistica-6".

The years of research differed greatly in weather conditions: the amount of precipitation during the period of active vegetation of chickpeas (from April to the first decade of August) was: 2016 – 245.3 mm, 2017 – 238.0 mm and 2018 – 66.0 mm. Chickpea vegetation during 2018 took place in conditions of soil drought. The hydrothermal

coefficient averaged 0.26 during the growing season with fluctuations from 0.01 to 0.56 and was determined by the lack of precipitation because the average monthly air temperatures only in April and May were higher than in other years, and from June to August lower than 2016 by 1, 4-0.8 and 1.3o C, compared to 2017 – by 1.0-1.2 and 0.3o C. Stocks of productive moisture in a meter layer of soil in the period from the beginning of filling to the full maturity of chickpea grain in 2018 fluctuated from 30.2 mm to 0.0 mm; 2017 – from 56.7 mm to 33.8 mm and in 2016 – from 110.2 to 64.5 mm.

According to the results of research, the following has been established:

1) the pool of chlorophyll varies according to the phases of development, fertilizer options and pre-sowing seed treatment options; the maximum content of green pigments was in the phase of flowering and the beginning of filling and was equal to 2.51-2.69 mg / g of raw material in the options of combined action of inoculants and fertilizers (N30-60P30K30 and N30-60) against 1.87-1.83 mg / g – control without fertilizers and without inoculation of seeds; the difference between the doses of nitrogen fertilizers is not mathematically significant;

2) the ability of inoculants to increase the content of chlorophyll in chickpea leaves was determined by the background of fertilizer: their maximum relative efficiency was observed in the unfertilized version and when applying phosphorus-potassium fertilizers (P30K30); in the flowering phase inoculants are located in the next row rhizohumin> rhizobophyte> BTU, and when ripe – BTU> rhizohumin> rhizobophyte;

3) under conditions of soil drought, the synthesis of chlorophyll decreases, especially the  $\alpha$  fraction and the  $\alpha$  / b ratio ranged from 2.03 to 1.54 against 3.89... 2.73 under optimal conditions;

4) the ratio between the fractions of chlorophyll tended to decrease according to the stages of development of chickpea plants and bacterization options in the transition from phosphorus-potassium fertilizer and complete to pure nitrogen due to increasing the share of chlorophyll b in the amount of chlorophyll from 1.5% to 3.5%;

5) there is a direct correlation between the concentration of chlorophyll in chickpea leaves in the flowering phase and the level of yield: for the pair crop – chlorophyll  $\alpha$  the correlation coefficient was 0.78 – 0.64, and for chlorophyll b – 0.28 – 0.40; according to research years, a relatively closer relationship between chlorophyll b and chickpea grain yield was observed in less favorable weather conditions in 2018 (16.0 percent of the impact against 1.0-7.8% in other years), and chlorophyll  $\alpha$  – in more favorable 2016 (60.8% vs. 32.5-41.0%).

**Key words:** chickpeas, mineral fertilizers, inoculation, chlorophyll.