

УДК 57.018.6:633.12:631.811.98
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.11>

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА СТАН ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ГРЕЧКИ

Даценко А.А. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
Розборська Л.В. – к.с.-г.н., доцент,
завідувачка кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва

У статті представлено результати досліджень з вивчення дії різних способів використання регулятора росту рослин Вимпел (Агролайт) окремо та сумісно із мікробним препаратом Діазобактерин на вміст хлорофілів а і b, їх суми, а також вміст каротиноїдів у листках гречки. Встановлено та науково обґрунтовано можливість застосування рістрегулятора Вимпел із мікробним препаратом Діазобактерин як окремо, так і в поєднанні. Відмічена активізація проходження ключових біологічних процесів у рослинах гречки, що супроводжується активним нагромадженням основних фотосинтетичних пігментів, зокрема хлорофілів та каротиноїдів.

Встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках гречки залежав від погодних умов і способів застосування досліджуваних препаратів і фаз розвитку культури. Зокрема, сумісне використання регулятора росту рослин Вимпел та мікробного препарату Діазобактерин для обробки насіння перед сівбою з наступним обприскуванням посівів рістрегулятором забезпечує зростання вмісту хлорофілів а і b, їх суми і каротиноїдів у пігментному комплексі листків гречки. У варіантах сумісного застосування Діазобактерину у нормі 200 мл і Вимпелу у нормі 0,5 кг/т для обробки насіння та обприскування по даному фону посівів Вимпел у нормі 500 г/га у рослинах гречки формується найвищий вміст хлорофілу а, який у середньому за двома фазами росту і розвитку рослин перевищує контроль на 19–24 %; хлорофілу b – 15–22 %; суми хлорофілів а+b – 18–24 %; каротиноїдів – 20–23 %.

Отримані результати досліджень свідчать про створення сприятливих умов для проходження в рослинах фізіологічних та біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок активізації ризосферних мікроорганізмів та стимулювальної дії екзогенних фітогормонів, за безпосередньої позитивної дії яких формується функціонально активний пігментний комплекс листового апарату гречки.

Ключові слова: регулятор росту рослин, мікробіологічний препарат, гречка, хлорофіл, каротиноїди.

Datsenko A.A., Rozborska L.V. The influence of biological preparations on the condition of the pigment complex of the leaf apparatus of buckwheat

The article presents the results of research on the effect of different methods of using the plant growth regulator Vimpel (Agrolight) separately and in combination with the microbial preparation Diazobacterin on the content of chlorophylls a and b, their sum, as well as the content of carotenoids in buckwheat leaves. The possibility of using the Vimpel restregulator with the microbial preparation Diazobacterin both separately and in combination has been established and scientifically substantiated. Activation of key biological processes in buckwheat plants was noted, accompanied by an active accumulation of the main photosynthetic pigments, in particular chlorophylls and carotenoids.

It was established that the content of photosynthetic pigments in buckwheat leaves depended on weather conditions and methods of application of the studied preparations and phases of culture development. In particular, the combined use of the plant growth regulator Vimpel and the microbial preparation Diazobacterin for seed treatment before sowing followed by spraying the crops with the growth regulator ensures an increase in the content of chlorophylls a and b, their sum and carotenoids in the pigment complex of buckwheat leaves. In variants of the combined use

of *Diazobacterin* at the rate of 200 ml and *Vympel* at the rate of 0.5 kg/t for seed treatment and spraying against this background of crops, *Vympel* at the rate of 500 g/ha in buckwheat plants forms the highest content of chlorophyll *a*, which, on average, in two phases plant growth and development exceeds the control by 19–24 %; chlorophyll *b* – 15–22 %; the sum of chlorophylls *a*+*b* – 18–24 %; carotenoids – 20–23 %.

The obtained research results indicate the creation of favorable conditions for the passage of physiological and biochemical processes in plants, including photosynthetic ones, due to the activation of rhizospheric microorganisms and the stimulating action of exogenous phytohormones, under the direct positive action of which a functionally active pigment complex of the calvarial apparatus of buckwheat is formed.

Key words: plant growth regulator, microbiological preparation, buckwheat, chlorophyll, carotenoids.

Постановка проблеми. Ефективне вирощування сільськогосподарських культур можливе лише за умови вдосконалення існуючих та впровадження новітніх підходів до технології. Основну роль у цьому відіграють фізіологічні та біохімічні процеси формування рослин. Для отримання високої та сталої зернової продуктивності необхідно створити оптимальні умови росту та розвитку культурних рослин в цілому та активізації основних процесів фотосинтезуючої системи, що забезпечують ефективність акумуляції енергії фотосинтетичної активної радіації [1, с. 251]. Регуляція та активізація процесу фотосинтезу, інтенсивність синтезу і транспорту метаболітів, реалізація генетичного потенціалу рослини залежить від ряду абіотичних та біотичних чинників. Поряд з тим, особливе значення мають сучасні, екологічно безпечні технології вирощування сільськогосподарських культур за використанні регуляторів росту рослин та мікробних препаратів [2, с. 91]. Застосування препаратів біологічного походження надає можливість цілеспрямовано регулювати важливі процеси в рослинному організмі, реалізувати потенційні генетичні можливості сортів, а також підвищувати стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища та ураження шкідниками і хворобами [3, с. 125].

Зважаючи на це, актуального значення набуває дослідження впливу біологічних препаратів на функціонування фотосинтетичного апарату рослин гречки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями вчених підтверджено, що покращання фітосанітарного стану посівів та поліпшення якості товарної продукції доцільним є збалансоване внесення препаратів біологічного походження [4, с. 65; 5, с. 52; 6, с. 35]. Також, використання препаратів біологічного походження підвищує в рослинах проходження обмінних процесів, що супроводжується активним розвитком потужної надземної і підземної біомаси, формуванням оптимального фотосинтетичного апарату із збільшеним вмістом в листках хлорофілів [7, с. 70; 8, с. 250; 9, с. 230]. Зокрема, за даними Домарацького Є.О. [10, с. 148] застосування мультифункціональних рістрегулюючих препаратів уповільнює процеси припинення фотосинтетичної діяльності рослин і, таким чином, збільшує тривалість роботи фотосинтетичного апарату. Так, за дії рістрегуляторів Вуксал вміст хлорофілу в листках соняшника зростав на 21,4 %, Фітомаре – на 36,5 % і Хеллафіт Комбі – на 35,7 %, що засвідчує високу ефективність у нагромадженні зелених пігментів.

Поряд з тим, використання регулятора росту рослин АКМ для інкрустації насіння гороху сприяє підвищенню вмісту хлорофілів на 13–15 % [11, с. 25], однак, передпосівна бактеризація насіння АКМ сумісно з мікробним препаратом Ризобофіт забезпечило зростання на 25–35 % відносно контролю показники чистої продуктивності фотосинтезу посівів.

Дослідженнями Колеснікова М.О., Пономаренка С.П. та інших, встановлено, що позакореневіу обробки гороху біопрепаратами Стимпо та Регоплант покращували параметри та функціонування фотосинтетичного апарату рослин та збільшення показників чистої продуктивності посівів у 1,3–1,7 рази за збільшення вмісту хлорофілу на 14,8 %, що в свою чергу забезпечило зростання врожаю на 4,2–5,5 % [12, с. 40].

Зважаючи на це, метою нашої роботи було дослідити вміст у листках гречки фотосинтетичних пігментів за використання регулятора росту рослин Вимпел (Агролайт) та мікробного препарату Діазобактерин на спрямованість проходження в рослинах фізіологічних і біохімічних процесів, що характеризують інтенсивність синтезу органічної речовини і в цілому формування продуктивності посівів.

Постановка завдання. Основним завданням досліду було вивчити активність формування пігментного комплексу рослин гречки за дії різних способів використання регулятора росту рослин Вимпел (Агролайт) для передпосівної обробки насіння (0,5 кг/т) і обприскування посівів (500 г/га), окремо та сумісно із мікробним препаратом Діазобактерин (200 мл).

Об'єктами дослідження слугували рослини гречки (*Fagopyrum esculentum Moench.*), підвиду *vulgaris*, сорт Слобожанка, що виведений у Сумській державній сільськогосподарській дослідній станції та рекомендований для вирощування у Лісостеповій зоні; регулятор росту рослин Вимпел (Агролайт) (поліетиленгліколь 400–230 г/л, поліетиленгліколь 1500–540 г/л, гумат натрію 30 г/л); мікробний препарат Діазобактерин (штами бактерій *Azospirillum brasilense* 18–2 і 410, титр бактерій – не менше 2 млрд КУО/г; виробник Інститут сільськогосподарської мікробіології, Україна).

Польові дослідні заклали в умовах дослідного поля Уманського національного університету садівництва у триразовому повторенні систематичним методом. Грунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесі з вмістом в орному шарі гумусу – 3,5 %, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 88 і 132 мг/кг відповідно, азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг; рН_{сол} – 6,2; гідролітична кислотність – 2,26 смоль/кг ґрунту [13, с. 60]. Схема досліду включала варіанти без обробки насіння (контроль) та з обробкою насіння перед сівбою рістрегулятором Вимпел (Агролайт) у нормі 0,5 кг/т окремо та сумісно з мікробним препаратом Діазобактерин у нормі 200 мл на гектарну норму насіння; на фоні застосування вищезгаданих препаратів посіви гречки, у фазу появи першої пари справжніх листків, обприскували Вимпелом у нормі 500 г/га.

Вміст у листках гречки хлорофілів *a* і *b*, каротиноїдів визначали у фазах галуження стебла і початку цвітіння рослин у відібраних зразках листків у польових умовах з використанням спектрофотометра LEKI SS1104 [14, с. 161]. Оптичну густину витяжок фіксували за довжини хвиль – 662 нм, 644 нм і 440 нм. Концентрацію пігментів розраховували за рівняннями Хольм Ветштейна для 100 %-го ацетону [15, с. 460; 16, с. 435]:

$$C_{\text{хл. a, мг/л}} = 9,784 * D_{662} - 0,990 * D_{644}$$

$$C_{\text{хл. b, мг/л}} = 21,426 * D_{644} - 4,650 * D_{662}$$

$$C_{\text{хл. a+b, мг/л}} = 5,134 * D_{662} + 20,436 * D_{644}$$

$$C_{\text{карот, мг/л}} = 4,695 * D_{440,5} - 0,268 * (C_{\text{хл. a}} + C_{\text{хл. b}})$$

Далі, розраховували вміст пігментів у рослинному матеріалі, мг/г сирової речовини:

$A = (C \cdot V) / (H \cdot 1000)$, де C – концентрація пігментів, мг/л,

V – об'єм екстракту, мл,

H – наважка рослинного матеріалу, г.

Статистичний аналіз проводили за допомогою Microsoft Office Excel. Досліди проводили в триразовому повторенні.

Виклад основного матеріалу досліджень. Виконані дослідження показали, що вміст хлорофілів a і b , їх суми і каротиноїдів у листках гречки залежав від різних способів застосування регулятора росту рослин Вимпел та мікробного препарату Діазобактерин У результаті досліджень встановлено, що за використання регулятора росту рослин Вимпел у нормі 500 кг/т для передпосівної обробки насіння гречки вміст хлорофілів a і b та їх суми у фазу галушення стебла перевищував контрольні показники на 8 % для хлорофілу a , на 3 % для хлорофілу b , та на 6 % – для суми хлорофілів $a+b$ (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст хлорофілів, a і b , їх суми та каротиноїдів в листках гречки за використання рістрегулятора Вимпел і мікробного препарату Діазобактерин, середнє за 2021–2023 рр. (фаза галушення стебла, мг/г сирової речовини)

Варіант досліду	Хлорофіл			Каротиноїди
	a	b	$a+b$	
Без застосування препаратів (контроль)	0,90	0,41	1,31	0,43
Вимпел 0,5 кг/т	0,97	0,43	1,39	0,45
Діазобактерин 200 мл	0,99	0,45	1,44	0,47
Вимпел 0,5 кг/т + Діазобактерин 200 мл /	1,03	0,47	1,50	0,49
Вимпел 500 г/га	0,98	0,44	1,41	0,45
Вимпел 0,5 кг/т + Вимпел 500 г/га	1,05	0,46	1,51	0,46
Діазобактерин 200 мл + Вимпел 500 г/га	1,09	0,49	1,58	0,51
Вимпел 0,5 кг/т + Діазобактерин 200 мл + Вимпел 500 г/га	1,12	0,50	1,62	0,53
<i>НІР</i> ₀₅ *	<i>0,11–0,12</i>	<i>0,10–0,11</i>		<i>0,15–0,16</i>

За обробки насіння гречки перед сівбою мікробним препаратом Діазобактерин у нормі 200 мл на гектарну норму насіння, відбувалося дещо активніше вміст хлорофілів a і b і їх суми перевищував контрольні показники на 0,09 мг/г сирової речовини для хлорофілу a , на 0,04 мг/г сирової речовини – b , 0,13 мг/г сирової речовини – суми хлорофілів $a+b$.

Інтенсивне накопичення фотосинтетичних пігментів спостерігалось у варіантах, де для обробки насіння перед сівбою використовували суміш регулятора росту рослин Вимпел і мікробного препарату Діазобактерин. Так, за такого поєднання препаратів вміст хлорофілу a у листках гречки порівняно із контролем збільшувався на 14 %, хлорофілу b – 15 %, а суми хлорофілів $a+b$ – на 15 % відповідно.

Використання рістрегулятора Вимпел для обприскування посівів у нормі 500 г/га забезпечило зростання вмісту хлорофілів a і b відносно контролю на 9 % та 7 % відповідно та 7 % суми хлорофілів $a+b$. Дещо активніше формування

досліджуваного показника спостерігалось за комплексної дії обробки насіння гречки та обприскування посівів регулятором росту рослин Вимпел, так відмічено перевищення на 7 % вмісту хлорофілу *a*, 5 % хлорофілу *b* та 7 % суми хлорофілів *a+b* відносно варіантів з окремою дією Вимпел 500 г/га.

Найвищий вміст фотосинтетичних пігментів відмічено за комбінованої дії сумішшю препаратів Вимпел 0,5 кг/т + Діазобактерин 200 мл для обробки насіння перед посівом з наступним обприскуванням посівів Вимпел 500 г/га. Так, зростання вмісту хлорофілів у порівнянні з варіантами обробки насіння перед сівбою сумішшю Вимпелу і Діазобактерину на 9 % для хлорофілу *a*, на 6 % – хлорофілу *b*, 8 % – суми хлорофілів *a+b*. Одержані результати можуть свідчити про позитивний вплив досліджуваних препаратів на активне формування вмісту в рослинах фотосинтетичних пігментів за рахунок інтродукції ризосферних мікроорганізмів, що характеризуються високою колонізаційною активністю у ризосферу гречки з одночасною стимулювальною дією екзогенних фітогормонів, які сприяють покращенню мінерального живлення рослин.

Вміст каротиноїдів у листках гречки в усіх варіантах досліджування перевищував контроль, а в варіантах Вимпел 0,5 кг/т + Діазобактерин 200 мл + Вимпел 500 г/га він був найвищим і у відсотковому відношенні до контролю на рівні 23 %. Отримані дані підтверджуються дослідженнями інших вчених [17, с. 61; 18, с. 215], згідно яких також простежувалось зростання вмісту каротиноїдів у листках сільськогосподарських рослин під впливом препаратів біологічного походження, що може свідчити про адаптивні властивості рослин у захисті реакційних центрів фотосистем від шкідливої дії активних форм кисню, що можуть формуватися під впливом інтенсивних обмінних процесів у рослинах. Активне нагромадження каротиноїдів у рослинах відіграє значну захисну роль у збереженні хлорофілів від деструктивних процесів фотоокиснення [19, с. 168; 20, с. 50].

Аналіз вмісту хлорофілів і каротиноїдів у фазу початку цвітіння рослин гречки демонстрував їх значне активне зростання у порівнянні до отриманих даних у фазу галушення стебла, що може свідчити про активізацію фізіологічних процесів у рослинах на фоні покращення умов мінерального живлення рослин, процесів росту і розвитку рослин. Так, вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів за використання регулятора росту рослин Вимпел у нормі 0,5 кг/т для обробки насіння перед сівбою перевищував контроль на 5 % для хлорофілу *a*, 3 % – хлорофілу *b*, 4 % – суми хлорофілів *a+b* та на 5 % – для каротиноїдів (табл. 2).

За використання мікробного препарату Діазобактерин 200 мл на гектарну норму насіння для передпосівної обробки одержані результати перевищували показники контролю на 8 % для хлорофілу *a*, 7 % – хлорофілу *b*, 8 % – суми хлорофілів *a+b* та на 7 % – для каротиноїдів.

За сумісного застосування рістрегулятора Вимпел у нормі 0,5 кг/т та мікробного препарату Діазобактерин у нормі 200 мл – для обробки насіння перед сівбою вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів зростав і перевищував контроль на рівні 12 % – для хлорофілу *a*; 8 % – хлорофілу *b*; 11 % – їх суми та 16 % – для каротиноїдів.

Найвищий вміст фотосинтетичних пігментів формувалась в листках гречки за обробки посівів Вимпел у нормі 500 г/га на фоні використання Вимпел в нормі 0,5 кг/т з мікробним препаратом Діазобактерин у нормі 200 мл для обробки насіння, де перевищення до контролю становило 19 % для хлорофілу *a*; 15 % – хлорофілу *b*; 18 % – суми хлорофілів *a+b* та 20 % – для каротиноїдів.

Таблиця 2

**Вміст хлорофілів а і b, їх суми та каротиноїдів в листках гречки
за використання рiстрегулятора Вимпел і мiкробного препарату
Дiазобактерин, середнє за 2021–2023 рр.
(фаза початок цвiтiння, мг/г сирової речовини)**

Варіант дослiду	Хлорофiл			Каротиноїди
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	
Без застосування препаратiв (контроль)	1,80	0,72	2,52	0,87
Вимпел 0,5 кг/т	1,89	0,74	2,63	0,91
Дiазобактерин 200 мл	1,95	0,77	2,72	0,93
Вимпел 0,5 кг/т + Дiазобактерин 200 мл /	2,02	0,79	2,81	1,01
Вимпел 500 г/га	1,92	0,76	2,68	0,94
Вимпел 0,5 кг/т + Вимпел 500 г/га	1,98	0,78	2,76	0,97
Дiазобактерин 200 мл + Вимпел 500 г/га	2,09	0,81	2,90	1,02
Вимпел 0,5 кг/т + Дiазобактерин 200 мл + Вимпел 500 г/га	2,15	0,83	2,98	1,04
<i>НІР</i> ₀₅ *	<i>0,10–0,11</i>	<i>0,10–0,11</i>		<i>0,12–0,13</i>

Висновки і пропозиції. Комплексне використання регулятора росту рослин Вимпел та мiкробного препарату Дiазобактерин для обробки насiння перед сiвбою і з наступним обприскуванням посiвiв Вимпел забезпечує зростання вiмiсту хлорофiлiв *a* і *b*, їх суми і каротиноїдiв у пiгментному комплексi листкiв гречки. У варіантах сумiсного застосування Вимпел 0,5 кг/т і Дiазобактерин 200 мл для обробки насiння та обприскування по даному фону посiвiв Вимпел у нормi 500 г/га в рослинах гречки формується найвищий вiмiст хлорофiлу *a*, який у середньому за двома фазами росту і розвитку рослин перевищує контроль на 19–24 %; хлорофiлу *b* – 15–22 %; суми хлорофiлiв *a+b* – 18–24 %; каротиноїдiв – 20–23 %. Отриманi данi засвiдчують створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах основних фiзіологiчних та бiохiмiчних процесiв, зокрема фотосинтетичних, що характеризується формуванням функціонально активного пiгментного комплексу литкового апарату гречки. Подальшi дослiдження сучасних тенденцiй застосування бiологiчних препаратiв у технологiї вирощування гречки та iнших сiльськогосподарських культур визначають оптимальнi та екологiчно безпечнi стратегiї щодо збiльшення врожайностi та якостi отриманої продукцiї.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дубровський В.І., Швартау В.В., Михальська Л.М. Фотосинтез і врожай: проблеми, досягнення, перспективи, дослiджень. *Садiвництво*. 2020. Вип. 75. С. 251–256.
2. Заєць С.О., Кисiль Л.Б. Фотосинтетична дiяльностi рослин і врожайностi зерна ячменю озимого (*HORDEUM VULGARE L.*) залежно від сорту, строкiв сiвби та регуляторiв росту. *Бiоресурси і природокористування. Агрономiя*. Том 11. № 1–2. 2019. С. 89–97.
3. Резніченко Н.Д. Формування площi листкової поверхнi рослинами ячменю озимого (*Hordeum vulgare L.*) за рiзних технологiчних прийомiв вирощування. *Зрошуване землеробство: мiжвид. темат. наук. збiрник Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС*. 2017. Вип. 68. С. 123–126.

4. Новікова Т.П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти*. 2019. № 10(83). С. 28–34. DOI : 10.33249/2663-2144-2019-83-10-28-34.
5. Шевчук В.В., Дідур І.М. Дія регуляторів росту рослин на морфогенез проростків і лабораторну схожість насіння гороху озимого сорту НС Мороз. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. № 2. 2019. С. 52–57.
6. Яворська Н.Й., Воробець Н.М. Вміст хлорофілів і каротиноїдів у пагонах лохини високорослої (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*) *Наукові записки. Тернопільський національний педагогічний університету. Серія Біологія*. 2020. № 3–4 (80). С. 33–38.
7. Задоржний В.С., Карасевич В.В., Свитко С.М., Лабунець А.В., Князюк О.В. Ефективність біологічних препаратів на посівах сої. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вип 87. 2019. С. 70–78.
8. Zaľko J., Skrypčuk P., Vıcen V., Pıchura V., Domaratsky E., Hranovska V. et al. Scientific and methodological bases of regulatory support of economy's ecologization. Podhajska. Slovak Republic, 2017. 330 p.
9. Алексеич М., Ванік М., Конончук А., Конончук О. Оптимізація фізіолого-біохімічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. *Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації: Матеріали ІХ Всеукраїнської наукової конференції*. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2013. С. 229–233.
10. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Пічура В.І., Домарацький О.О. Екологізація технології вирощування озимої пшениці в зоні південного Степу України: монографія. Херсон. ФОП Грінь Д.С., 2014. 167 с.
11. Капінос М.В. Формування пігментного комплексу та фотосинтетичної продуктивності гороху посівного за дії регулятора росту рослин та мікробних препаратів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали Міжнародного науково-практичного форуму, м. Мелітополь, 21–22 червня 2019р.* Ч. 1 С. 24–26.
12. Колесніков М.О., Пашенко Ю.П., Пономаренко С.П. Продукційний процес гороху посівного за умови застосування біопрепаратів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. № 234. С. 38–49.
13. Poltoretskyi S.P. Formation of density of sowing of millet (*Panicum miliaceum L.*) depending on the term and method of sowing. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. № 1.2017. Р. 59–64.
14. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
15. Holm G. Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 1954. Vol. 4, No 1. P. 457–471.
16. Von Wettstein D. Chlorophyll letale and der sub-mikroskopische formweschelder plastiden. *Experimental Cell Research*. 1957. Vol. 12, No 3. P. 427–506.
17. Карпенко В.П., Притуляк Р.М. Фізіологічні зміни у рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського НУС*. 2014. № 1. С. 60–65.
18. Кавулич Я.З., Кобилецька М.І., Терек О.І. Вплив саліцилової кислоти на пігментну систему рослин гречки за токсичного впливу кадмію хлориду. *Вісник Львівського університету*. 2016. 72. С. 210–217.
19. Черницький Ю.О. Вплив мікробіологічних препаратів на вміст хлорофілу в листках озимої пшениці. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. Вип. 4. С. 196–200.
20. Карпенко В.П., Коробко О.О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 4. С. 48–54.