

УДК 582.675.5: 661.162.65/66

<https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261549>

**С.В. Поливаний¹, А.С. Поливана², О.А. Шевчук¹,
О.О. Ткачук¹, О.О. Ходаніцька¹**

¹Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського
вул. Острозького, 32. Вінниця, 21100, Україна

²Вінницький фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну Київського національного університету будівництва і архітектури
вул. Коцюбинського, 53. Вінниця, 21100, Україна
e-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

ORCID 0000-0001-8457-8894

ORCID 0000-0002-514 6-9824

ORCID 0000-0003-3727-9239

ORCID 0000-0002-6649-7975

ORCID 0000-0001-5887-1755

ВПЛИВ РЕТАРДАНТІВ НА МОРФОГЕНЕЗ ТА АНАТОМІЧНУ БУДОВУ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ РОСЛИН ГІРЧИЦІ БІЛОЇ

Вивчали вплив антигіберелінових препаратів на морфогенез, та анатомічну будову листкового апарату. Встановлено, що обробка рослин гірчиці білої хлормекватхлоридом та фолікуром призводила до зменшення лінійних розмірів, потовщення стебла, збільшення кількості та площі листків.

*Вивчено вплив ріст гальмуючих препаратів на мезоструктуру листків рослин гірчиці білої (*Sinapis alba* L.). Застосування препаратів на насадженнях гірчиці у фазу бутонізації зумовило оптимізацію анатомічної будови листків, відбувалося потовщення асиміляційної паренхіми внаслідок розростання її клітин. За дії препаратів зростає об'єм клітин стовпчастої паренхіми у варіанті із застосуванням хлормекватхлориду становить – $*2489,86 \pm 120,66$ мкм³, фолікуру – $2295,36 \pm 116,25$ мкм³, проти контролю, де об'єм – $2038 \pm 101,92$ мкм³. Одночасно збільшуються лінійні розміри клітин губчастої паренхіми в дослідних варіантах. Більш виражений ефект спостерігали за дії хлормекватхлориду.*

*Вивчення дії синтетичних регуляторів росту рослин на продиговий апарат листків гірчиці білої свідчать що у оброблених рослин збільшувалася кількість та площа продигов. Кількість продигов у варіанті із використанням хлормекватхлориду становить – $*377,79 \pm 10,78$, фолікуру $*370,88 \pm 12,24$ в порівнянні з контролем $341,49 \pm 12,23$ мкм³.*

Ключові слова: гірчиця біла (*Sinapis alba*); регулятори росту рослин; хлормекватхлорид; фолікур; морфогенез; мезоструктура листків.

Вступ. В багатьох країнах світу екзогенні регулятори росту рослин використовуються в комплексі заходів по обробітку найрізноманітніших сільськогосподарських культур. У ряді регуляторів росту особливу позицію займають ретарданти, для яких характерна антигіберелінова дія. Встановлено, що вони зумовлюють суттєві зміни у морфо- та гістогенезі рослин.

Серед ретардантів важливе значення найбільш часто використовується четвертинна амонієва сіль – хлормекватхлорид, яка не виявляє канцерогенних властивостей, не накопичується в організмі, а через дві доби повністю виводиться з нього. Перспективним препаратом для застосування на олійних культурах є триазолпохідний регулятор росту з ретардантними властивостями фолікур (діюча речовина – тебуконазол). Препарат успішно застосовується на культурі ріпаку з метою запобігання вилягання культури та оптимізації продукційного процесу

Разом з тим наукова література не містить інформації про вплив хлормекватхлориду та фолікуру на фізіологічні процеси рослин гірчиці білої, що гальмує розробку і впровадження технологій із використанням даних ретардантів при вирощуванні різноманітних сортів культури.

В зв'язку з цим метою даного дослідження було з'ясувати вплив екзогенних інгібіторів росту хлормекватхлориду, фолікуру на морфогенез, та анатомічну будову листкового апарату рослин гірчиці білої.

Матеріал та методи. Рослини гірчиці олійної сорту Ослава обробляли в період бутонізації водним 0,5%-м розчином хлормекватхлориду та 0,025%-м розчином фолікуру за допомогою обприскувача ОП-2, контрольні рослини обприскували водопровідною водою. Дослідження проводили в умовах Вінницької області у 2018-2021 рр. Ділянки розміщені рендомізовано, розмір ділянок – 10 м², повторність – п'ятикратна. Анатоомо-морфологічні показники визначали кожен 10-й день, розпочинаючи з дня обробки. Визначення площі листкової поверхні здійснювали ваговим методом (Казаков, 2000). Анатомічну будову листків гірчиці вивчали на зафіксованому матеріалі. Для його фіксації використовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну. Вимірювання лінійних розмірів клітин проводили, використовуючи окуляр-мікромір МОВ-1-15х. Визначення вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі на фотоелектрокалориметрі КФК-2 (Мокроносів, 1992). Достовірність різниці показників контролю і досліду визначали за t-критерієм Стьюдента (Доспехов, 2011).

Результати та їх обговорення. Згідно з отриманими результатами, препарати фолікур та хлормекватхлорид проявляли на рослинах гірчиці білої типу рістгальмуючу дію, аналогічні зміни спостерігали і інші дослідники на інших олійних культурах (Поливаний, & Кур'ята, 2014; Kuryata & Polyvaniy 2018; Рогач, & Кур'ята В, 2009). Впродовж вегетації висота рослин гірчиці за ретардантів зменшувалася відносно контролю. У фазу воскової зрілості рослини гірчиці оброблені хлормекватхлоридом були нижчими контрольних на 3,87%, фолікуру на 7,86%. При цьому відмічалася достовірне потовщення стебла, що підвищувало стійкість рослин до полягання (Табл. 1.).

Таблиця 1

Морфометричні показники рослин гірчиці білої за дії ретардантів

Період вегетації	Показники	Контроль	ХМХ 0,5%-й	Фолікур 0,025%-й
цвітіння	Висота рослин, см	81,73±1,23	*75,57±1,84	*59,58±1,23
	Діаметр стебла, мм	5,56±0,19	*6,57±0,25	*6,42±0,20
	Кількість листків, шт	16,03±0,46	*19,11±0,52	*18,28±0,47
	Площа листків, см ²	530,894±9,15	*678,99±10,33	*661,84±9,83
молочна зрілість	Висота рослин, см	111,19±1,39	*106,2±1,21	*101,13±1,19
	Діаметр стебла, мм	6,18±0,26	*7,64±0,31	*7,19±0,28
	Кількість листків, шт	22,47±0,62	*26,42±,56	*25,29±,56
	Площа листків, см ²	886,65±17,07	*1128,69±18,33	*1053,96±17,48
воскова зрілість	Висота рослин, см	121,24±1,26	*116,55±1,36	*111,71±1,25
	Діаметр стебла, мм	6,87±0,22	*7,98±0,34	*7,72±0,26
	Кількість листків, шт	19,70±0,48	*23,34±0,61	*22,25±0,56
	Площа листків, см ²	712,08±12,37	*906,41±14,33	*824,56±13,29

Примітки: 1. * – різниця достовірна при P≤0,05; 2. Середні дані за три роки

Основну роль в продукційному процесі відіграє асиміляційний апарат, який визначається площею листкової поверхні, кількістю листків та мезоструктурною організацією листка (Кур'ята, 2009; Шадчина та ін., 2006). Аналіз отриманих результатів свідчить, що обробка рослин гірчиці розчинами інгібіторів росту призвела до збільшення кількості листків на протязі всього періоду вегетації (Табл. 1).

Визначення сумарної площі листків на одній рослині гірчиці свідчить про її збільшення відносно контролю в обох варіантах дослідження протягом всього періоду спостереження. Так, зростання кількості листків на одній рослині за дії інгібіторів росту зумовило зростання сумарної площі листків. Такі зміни в рослин дослідного варіанту зумовлені збільшенням кількості пагонів другого порядку в результаті розгалуження стебла в варіанті із застосу-

ванням хлормекватхлориду – $7,41 \pm 0,28^*$, фолікуру $7,17 \pm 0,31^*$ в порівнянні з контролем, де їх кількість становить $6,16 \pm 0,23$ (різниця достовірна при $P < 0,001$). Посилення галуження стебла за дії стимуляторів росту є загальною реакцією рослин на дію антигіберелінових препаратів, подібні зміни спостерігали на рослинах льону олійного (Кур'ята, & Ходаніцька, 2018) та маку олійного (Polyvani, 2019).

Фотосинтетичний процес визначається анатомо-морфологічними особливостями листка (Киризий, 2004). В умовах польового дослідження встановлено, що у рослин гірчиці білої вже на 10-й день після обробки розчинами хлормекватхлориду та фолікуру відмічалася достовірне зростання товщини листків, збільшення товщини шару паренхіми, а також розмірів клітин асиміляційної хлоренхіми листка у всіх варіантах дослідження (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив ретардантів на анатомічні показники листя гірчиці білої

Показники	Контроль	ХМХ 0,5%-й	Фолікур 0,025%-й
Товщина листка, мкм	$206,34 \pm 4,84$	$*286,59 \pm 7,06$	$*267,94 \pm 5,49$
Товщина верхнього епідермісу, мкм	$18,79 \pm 0,49$	$*21,85 \pm 0,56$	$*20,98 \pm 0,55$
Товщина хлоренхіми, мкм	$167,31 \pm 3,89$	$*245,44 \pm 3,99$	$*227,09 \pm 3,45$
Товщина нижнього епідермісу, мкм	$20,24 \pm 0,46$	$19,30 \pm 1,31$	$19,78 \pm 1,09$
Довжина клітин губчастої хлоренхіми, мкм	$23,03 \pm 0,81$	$*37,04 \pm 0,84$	$*38,05 \pm 1,32$
Ширина клітин губчастої хлоренхіми, мкм	$16,48 \pm 0,39$	$*22,49 \pm 0,48$	$*21,78 \pm 0,32$
Об'єм клітин стовпчастої хлоренхіми, мкм ³	$2038,49 \pm 101,92$	$*2489,86 \pm 120,66$	$2295,36 \pm 116,25$

Примітки: 1. * – різниця достовірна при $P \leq 0,05$; 2. Середні дані за три роки.

Встановлено, що потовщення листової пластинки за дії екзогенних інгібіторів росту (хлормекватхлориду, фолікуру), відбувається за рахунок фотосинтетичної тканини – хлоренхіми. Препарати зумовили зростання об'єму клітин стовпчастої і лінійних розмірів клітин губчастої паренхіми. Більш ефективним було застосування хлормекватхлориду.

Під впливом антигіберелінових препаратів за рахунок збільшення розмірів хлоренхіми відбувалося потовщення листків рослин соняшнику (Рогач, & Кур'ята, 2009) льону олійного (Кур'ята, & Ходаніцька, 2018) та маку олійного (Поливаний, 2019), що є типовою реакцією рослин на вплив ретардантів (Ткачук, 2015).

Збільшення парціальної частки хлоренхіми в загальній структурі листків внаслідок формування більших за розмірами асиміляційних клітин за дії препаратів є позитивним чинником, який впливає на вміст пігментів та фотосинтетичні процеси. Аналіз одержаних

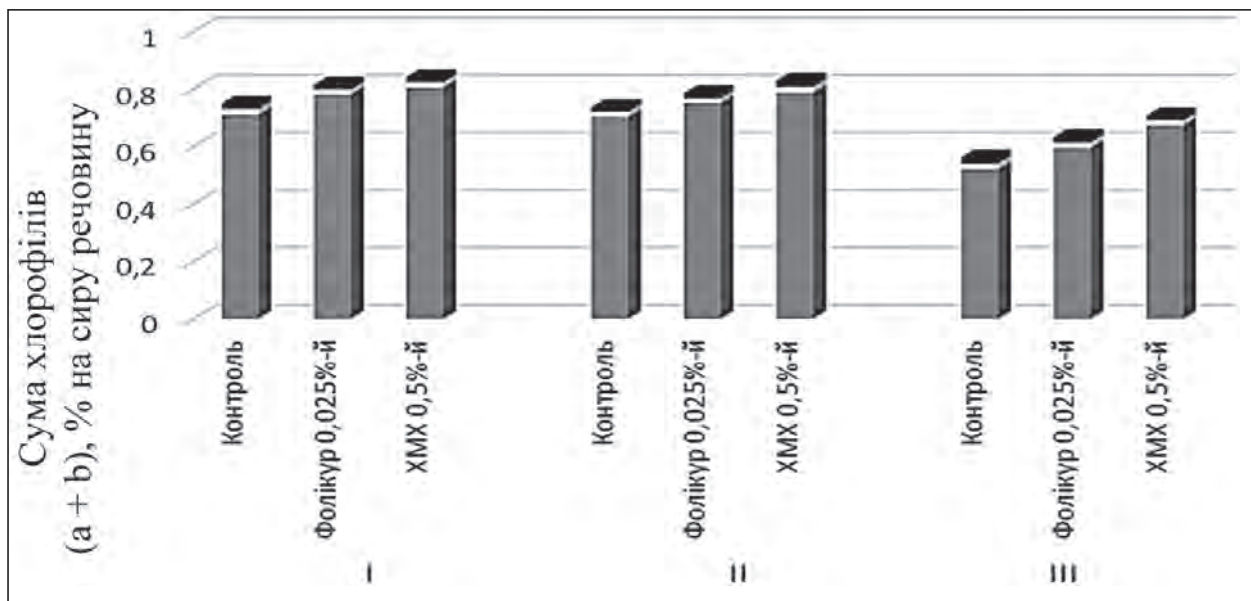


Рис. 1. Вплив ретардантів на вміст суми хлорофілів (a + b) в листках гірчиці білої (середні дані за три роки). I – 10-та, II – 20-та, III – 30-та доба після обробки.

нами даних свідчить, про істотний вплив ретардантів на вміст суми хлорофілів в листках гірчиці білої (рис 1.).

Рослинний організм є відкритою системою, метаболізм якої тісно пов'язаний із зовнішнім середовищем. Цей зв'язок здійснюється за допомогою різноманітних утворень у покривних тканинах. Одними з таких є продиhi, які відіграють суттєве значення в процесі транспірації.

Відомо, що антигіберелінові препарати здійснюють вплив на продишовий апарат листків (Кур'ята, 2009). Виявлено підвищення кількості і площі продихів також у рослин рису (Yim, Kwon, & Bayer, 1997), картоплі (Ткачук, 2015) за дії паклобутразолу та рослин маку олійного за дії хлормекватхлориду та фолікуру (Polyvani, 2019). Разом з тим, хлормекватхлорид на ролинах соняшника збільшував площу продихів і зменшував їх кількість на одиницю абаксіальної поверхні листка (Рогач, & Кур'ята, 2008).

Вивчення дії антигіберелінових препаратів на формування продишового апарату листків гірчиці свідчить, що у дослідних варіантах зростала кількість і площа продихів (табл. 3.).

Таблиця 3

Вплив ретардантів на формування продишового апарату листків гірчиці білої

Показники	Контроль	ХМХ 0,5%-й	Фолікур 0,025%-й
Кількість продихів на 1 мм ² абаксіальної поверхні листка, шт.	328,13±13,89	*377,79±10,78	*370,88±12,24
Площа одного продишу, мкм ²	120,76±1,79	*158,84±2,72	*149,03±2,19
Кількість клітин епідермісу на 1 мм ² абаксіальної поверхні листка шт.	993,24±18,02	*1065,98±16,06	*1184,36±14,44

Примітки: 1. * – різниця достовірна при P≤0,05; 2. Середні дані за три роки

Відмічено, що істотні зміни проходять за дії регуляторів росту і в епідермісі листків. Обробка листків гірчиці білої інгібіторами росту у фазу бутонізації призводила до потовщення верхнього епідермісу листків у всіх варіантах дослідження відносно контролю, та незначного зменшення товщини нижнього епідермісу. Разом з тим, збільшувалася кількість клітин епідермісу на одиницю абаксіальної поверхні листка, що призводило до зменшення розмірів клітин нижнього епідермісу.

Висновки. Отже, обробка рослин гірчиці білої регуляторами росту хлормекватхлоридом і фолікуром призводила до зменшення висоти рослин, збільшення товщини пагона, зростання кількості та площі листків на одній рослині.

Застосування ретардантів в період бутонізації зумовило зміни у мезоструктурній організації листків. Використання екзогенних інгібіторів росту призвело до збільшення товщини листкових пластинок за рахунок розростання клітин хлоренхіми.

Список використаної літератури:

- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва : Альянс, 2011. 352 с.
- Казаков Є. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.
- Киризий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. Киев : Логос, 2004. 191 с.
- Кур'ята В. Г. Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2012. Т. 44, № 6. С. 522–528.
- Кур'ята В. Г. Ретардантні – модифікатори гормонального статусу рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. Київ, 2009. Т. 1. С. 565–589.
- Кур'ята В. Г., Ходаницька О. О. Особливості анатомічної будови і функціонування листкового апарату та продуктивність рослин льону олійного за дії хлормекватхлориду. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Т. 8 (1). С. 918–926.
- Мокроносів А. Т. Фотосинтез. Физиолого-биохимические и экологические аспекты. Москва, 1992. 320 с.
- Поливаній С. В. Вплив регуляторів росту на особливості перерозподілу елементів мінерального живлення та продуктивність рослин маку олійного. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*. 2019. № 1 (75). С. 141–147.
- Поливаній С. В., Кур'ята В. Г. Вплив фолікуру на морфогенез та продуктивність рослин маку олійного. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2014. Вип 36. С. 64–67.
- Регуляція фотосинтезу і продуктивності рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / Т. М. Шадчина та ін. Київ : Укр. фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
- Рогач Т. І., Кур'ята В. Г. Вплив хлормекватхлориду на анатомічну будову і продуктивність рослин соняшнику (*HELIANTHUS ANNUUS L.*). *Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування*. Умань, 2008. С. 71–77.

- Рогач Т. І., Кур'ята В. Г. Морфофізіологічні зміни в рослин *Helianthus annuus* під впливом хлормекватхлориду. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2009. № 2. С. 151–155.
- Ткачук О. О. Вплив пахлобутразолу на анатомо-морфологічні показники рослин картоплі. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки*. 2015. № 2. С. 47–51.
- Kumar S., Guha A. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. *Crantz. BSK Research Notes*. 2012. № 5(1). P. 1–13.
- Kuryata V. H., Polyvanyi S. V. Features of morphogenesis, donor-acceptor system formation and efficiency of crop production under chlormequat chloride treatment on poppy oil. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(4). P. 165–174.
- Polyvanyi S. V. Influence of growth inhibitors on a leaf apparatus of poppy oil. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*. 2019. № 8 (381). P. 11–16.
- Yim K., Kwon Y., Bayer D. Growth-responses and allocation of assimilates of rice seedlings by paclobutrazol and gibberellin treatment. *Plant Growth Regulation*. 1997. Vol. 16 (1). P. 35–44.

S.V. Polyvanyi¹, A.S. Polivana², O. A. Shevchuk¹, O. O. Tkahuk¹, O. O. Khodanitska¹

¹Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University

²Vinnitsia Professional College of Construction, Architecture and Design

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

INFLUENCE OF RETARDANTS ON MORPHOGENESIS AND ANATOMICAL STRUCTURE OF A LEAF APPARATUS OF WHITE MUSTARD PLANTS

The influence of antigiberrellic preparations on morphogenesis and anatomical structure of a leaf apparatus was studied. It is found that treatment of white mustard plants with chlormequat chloride and follicle caused a decrease in linear size, stem thickening, increase in the number and area of leaves.

*The influence of growth inhibitors on the mesostructure of white mustard plant leaves (*Sinapis alba* L.) was investigated. The application of preparations on mustard plantations in the budding phase led to optimization of the leaf anatomical structure, a thickening of the assimilation parenchyma due to the growth of its cells was observed.*

Under the action of the preparations, the cell volume of the columnar parenchyma in the sample with chlormequat chloride application increased and now is $ 2489.86 \pm 120.66 \mu\text{m}^3$, with follicle - $2295.36 \pm 116.25 \mu\text{m}^3$, compared to the control sample, where the volume is $2038 \pm 101, 92 \mu\text{m}^3$. At the same time, the cell linear sizes of spongy parenchyma in experimental variants increase. A more expressible effect was observed under the action of chlormequat chloride.*

Investigation of the effect of synthetic plant growth regulators on the respiratory tract of white mustard leaves reveals that the number of stomata increased in the number of treated plants. The number of stomata in the variant with chlormequat chloride is - $377.79 \pm 10.78 \mu\text{m}^3$, using follicle is $ 370.88 \pm 12.24 \mu\text{m}^3$ compared to the control sample of $341.49 \pm 12.23 \mu\text{m}^3$.*

Key words: mustard white (*Sinapis alba*); retardant; chlormequat chloride; folikyry; morphogenesis; leaf mesostructure.

References

- Dospikhov, B. A. (2011). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moskva: Alians [in Russian].
- Kazakov, Ye. O. (2000). *Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziolohii roslin [Methodological bases of the experimentation on plant physiology]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
- Kirizii, D. A. (2004). *Fotosintez i rost rastenii v aspekte donorno-aktseptornykh otnoshenii [Photosynthesis and plant growth in the aspect of donor-acceptor relations]*. Kiev: Logos [in Russian].
- Kumar, S., & Guha, A. (2012). Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. *Crantz. BSK Research Notes*, 5(1), 1-13.
- Kuryata, V. H. (2009). Retardanty – modyfikatory hormonalnoho statusu roslin [Retardants are modifiers of the hormonal status of plants]. In V. V. Morhun (Ed.), *Fiziolohiia roslin: problemy ta perspektyvy rozvytku [Plant physiology: problems and prospects of development]* (Vol. 1, pp. 565-589). Kyev [in Ukrainian].
- Kuryata, V. H. (2012). Osoblyvosti morfohenezu i produktsiinoho protsesu lonu-kucheriavtsiu za dii khormekvatkhlorody i treptolemu [Features of morphogenesis and production process of flax-curler under the action of chlormequat chloride and treptolem]. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 44(6), 522-528 [in Ukrainian].
- Kuryata, V. H., & Khodanitska, O. O. (2018). Osoblyvosti anatomichnoi budovy i funktsionuvannia lystkovoho aparatu ta produktyvnist roslin lonu oliinoho za dii khormekvatkhlorody [Peculiarities of anatomical structure and functioning of leaf apparatus and productivity of oil flax plants under the action of chlormequat chloride]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 918-926 [in Ukrainian].
- Kuryata, V. H., & Polyvanyi, S. V. (2018). Features of morphogenesis, donor-acceptor system formation and efficiency of crop production under chlormequat chloride treatment on poppy oil. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 165-174.
- Mokronosov, A. T. (1992). *Fotosintez. Fiziologo-biokhimiicheskie i ekologicheskie aspekty [Photosynthesis. Physiological, biochemical and ecological aspects]*. Moskva [in Russian].

- Polyvaniy, S. V. (2019). Influence of growth inhibitors on a leaf apparatus of poppy oil. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*, 8(381), 1-16.
- Polyvaniy, S. V. (2019). Vplyv rehuliatoriv rostu na osoblyvosti pererozpodilu elementiv mineralnoho zhyvlennia ta produktyvnist roslyn maku oliinoho [Influence of growth regulators on features of redistribution of elements of mineral nutrients and productivity of plants of oil poppy]. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 1(75), 141-147 [in Ukrainian].
- Polyvaniy, S. V., & Kuryata, V. H. (2014). Vplyv folikuru na morfohenez ta produktyvnist roslyn maku oliinoho [Influence of folikur on morphogenesis and productivity of oil poppy plants]. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series Biology*, 36, 64-67 [in Ukrainian].
- Rohach, T. I., & Kuryata, V. H. (2008). Vplyv khlormekvatkhloridu na anatomichnu budovu i produktyvnist roslyn soniashnyku (NELIANTHUS ANNUUS L.) [Influence of chlormequat chloride on the anatomical structure and productivity of sunflower plants (HELIANTHUS ANNUUS L.). In *Osnovy formuvannia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur za intensyvnykh tekhnolohii vyroshchuvannia [Fundamentals of crop productivity formation with intensive cultivation technologies]* (pp. 71-77). Uman [in Ukrainian].
- Rohach, T. I., & Kuryata, V. H. (2009). Morfofiziologichni zminy v roslyn Helianthus annuus pid vplyvom khlormekvatkhloridu [Morphophysiological changes in Helianthus annuus plants under the influence of chlormequat chloride]. *Visnyk of Zaporizhzhya National University. Biological Sciences*, 2, 151-155 [in Ukrainian].
- Shadchyna, T. M., Huliaiev, B. I., & Kyrizii, D. A. (2006). *Rehuliatsiia fotosyntezy i produktyvnist roslyn: fiziologichni ta ekolohichni aspekty [Regulation of photosynthesis and plant productivity: physiological and environmental aspects]*. Kyiv: Ukr. Fitosotsio-tsentr [in Ukrainian].
- Tkachuk, O. O. (2015). Vplyv paklobutrazolu na anatomo-morfolohichni pokaznyky roslyn kartopli [Influence of paclobutrazol on anatomical and morphological parameters of potato plants]. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*, 2, 47-51 [in Ukrainian].
- Yim, K., Kwon, Y., & Bayer, D. (1997). Growth-responses and allocation of assimilates of rice seedlings by paclobutrazol and gibberellin treatment. *Plant Growth Regulation*, 16(1), 35-44.

Отримано 23.11.2021