

Розділ II. Ботаніка

Серія: Біологічні науки, 2018, 8 (381)

УДК 582.675.5: 661.162.65/66

doi.org/10.29038/2617-4723-2018-381-11-16

Вплив інгібіторів росту на листковий апарат маку олійного

Степан Поливаний

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна
Адреса для листування: stepan.polivaniy@ukr.net

Отримано: 15.09.18; прийнято до друку: 14.10.18; опубліковано: 26.12.18

Резюме. В умовах польового дослідження вивчали вплив хлормекватхлориду та фолікуру на морфологічні особливості формування листкової поверхні й анатомічні показники листків рослин маку олійного. Показано, що обробка рослин маку інгібіторами росту приводить до посилення галузнення стебла, збільшення кількості, маси, площі листків на рослині та тривалості їх життя. Такі зміни можуть сприяти подовженню синтезу й накопиченню асимілятів й мати позитивний вплив на врожайність культури. Протягом періоду вегетації, незалежно від погодних умов, кількість листків в оброблених ретардантами рослин була більшою, ніж у контрольних і, відповідно, на кінець вегетації становила у варіанті з хлормекватхлоридом $*19,18 \pm 0,59$; із фолікуром – $*18,62 \pm 0,45$, проти контролю, де кількість листків дорівнювала $16,53 \pm 0,39$. Більш ефективним було застосування розчину хлормекватхлориду, порівняно з фолікуром. Аналогічну тенденцію простежимо за дії регуляторів росту на площу листкової поверхні, котра зростала у всіх варіантах дослідження.

Використання ретардантів четвертинної амонієвої солі хлормекватхлориду й триазолпохідного препарату фолікуру призводило до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин, а також сприяло збільшенню чисельності продохів і загальної їх площі на одиницю поверхні листка.

Формування потужнішого листкового апарату забезпечило підвищення продуктивності рослин маку олійного. Установлено, що застосування антигіберелінових регуляторів росту призводить до позитивних змін у структурі врожаю – збільшення кількості коробочок на рослині, насінин у плодах, маси самого насіння. Це сприяло зростанню продуктивності рослин маку олійного й, отже, у варіанті із застосуванням хлормекватхлориду врожайність становить $*895,43 \pm 10,35$ кг/га, фолікуру – $*869,52 \pm 11,52$ кг/га, проти контролю, де продуктивність дорівнювала $812,66 \pm 9,64$ кг/га.

Ключові слова: мак олійний (*Papaver somniferum*), регулятори росту рослин, хлормекватхлорид, фолікур, мезоструктура листків, морфогенез.

Influence of Growth Inhibitors on a Leaf Aparatus of Poppy Oil

Stepan Polyvaniy

Mychailo Kotsubinskyi Vinnitsya State Pedagogical University, Ukraine
Correspondence: stepan.polivaniy@ukr.net

Abstract. During the field experiment we studied the effect of chlormequat-chloride and folikyur on the morphological peculiarities of the leaf surface formation and the anatomical indices of the leaves of the oilseed

poppy plants. It is proved that the treatment of oilseed poppy plants with growth inhibitors leads to strengthening in the branching of the stem, the increase in the number, leaves' mass and area and the duration of their lifespan. Such changes can contribute to the prolongation of synthesis and accumulation of assimilates, and they can also have a positive impact on crop yield. During the entire period of vegetation, regardless of weather conditions, the number of leaves in the plants treated with retardants was greater than in the control ones and, accordingly, at the end of the vegetation the number was the following: with chlormequat-chloride – $*19,18 \pm 0,59$, with the folikeyr – $*18,62 \pm 0,45$, against the control items where the number of leaves was $16,53 \pm 0,39$. Thus, it is more effective to use chlormequat-chloride solution rather than the folikeyr. A similar trend is observed in the influence of growth regulators on the leaf area, it increased in all variants of the case study.

The use of retardants of the quaternary ammonium salt of chlormequat-chloride and the triazole derivative of the folikeyr resulted in thickening of the main assimilation tissue of chlorenchyme leaf due to the growth of its cells, and it also contributed to the increase in the number of stomata and their total area per leaf surface unit.

The formation of a more powerful leaf apparatus ensured an increase in the productivity of oilseed poppy plants. It is proved that the use of anti-giberlin regulators of growth leads to positive changes in the structure of the crop, namely an increase in the number of poppy heads per plant, the number of seeds in a head, the mass of the seed itself. This contributed to the growth of crop capacity of oilseed poppy plants, and in the samples with the use of chlormequat-chloride, the crop capacity was – $*895,43 \pm 10,35$ kg/ha, the folikeyr – $*869,52 \pm 11,52$ kg/ha, against the control samples, where it was – $812,66 \pm 9,64$ kg/ha.

Key words: oil poppy (*Papaver somniferum*), regulator of growth, chlormequat-hloride, folikeyr, mesostructure of leaves, morphogenesis.

Вступ

Вивчення закономірностей функціонування донорно-акцепторної системи рослин задля розробки засобів перерозподілу потоків асимілятів до господарсько-важливих органів є актуальним завданням сучасної фізіології рослин. Відомо, що регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу й ростової функції, причому будь-які природні або експериментальні зміни швидкості ростових процесів супроводжуються перебудовою фотосинтетичного апарату. Основним донором асимілятів виступають, насамперед, листки [1]. Донорна функція листків значною мірою визначається особливостями їх морфології, анатомічної будови та співвідношенням розмірів окремих тканин [2]. Відомо, що ретарданти діють на клітини субапикальної меристеми, унаслідок чого вповільнюється ріст стебла в довжину, однак вплив препаратів ростогальмівної дії на апікальну меристему, яка відповідає за утворення й формування листків, залишається значною мірою не вивченим. Застосування ретардантів на багатьох сільськогосподарських культурах у період інтенсивного росту й морфогенезу листків призводить до зменшення як сумарної листкової поверхні, так і площі окремих листків [3].

Застосування інгібіторів росту на багатьох сільськогосподарських культурах у період утворення та інтенсивного росту листків приводить до збільшення їх кількості з одночасним зменшенням площі. Зокрема, обробка рослин манго антигібереліновим

препаратом паклобутразолом призводила до зменшення площі листкової поверхні [4]. Подібний ефект спостерігали за використанням четвертинної амонієвої солі хлорхолінхлориду на рослинах цукрового буряку [5]. Водночас у разі застосування хлормекватхлориду на рослинах соняшнику площа листків зростала [6]. У літературі трапляються суперечливі дані про дію ретардантів на морфогенез сільськогосподарських культур, а дію сучасних препаратів хлормекватхлориду та фолікуру на анатомічну будову рослин маку олійного не вивчали. Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що застосування ретардантів спричиняло зростання врожайності культури [7; 8]. Проте в літературі відсутні дані про перебудову мезоструктури листків за дії антигіберелінових препаратів.

Мета роботи – вивчити вплив перспективних препаратів інгібуючої дії хлормекватхлориду й фолікуру на морфологічні особливості будови листкового апарату та диференціації тканин листка рослин маку олійного.

Матеріали й методи досліджень

Дослідження проводили на рослинах маку олійного сорту Беркут у 2011 р. в с. Кузьмин Хмельницької області та 2014 р. в с. Токарівка Вінницької області. Площі ділянок – 10 м^2 , повторність дослідів п'ятикратна, ділянки розміщені рендомізовано. Кількість рослин на 1 м^2 ділянки – 35, вимірювання проводили на 25 рослинах (по п'ять рослин із кожної ділянки). Рослини обробляли розчинами хлормекватхлориду $0,5 \text{ \%}$ -ї та фолікуру $0,025 \text{ \%}$ -ї

концентрації одноразово у фазі бутонізації за допомогою ранцевого оприскувача. Контрольні рослини оприскували водопровідною водою.

Морфометричні показники визначали кожні 10 днів, починаючи з дня обробки. Площу листків установлювали ваговим методом [9]. Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Суміш для фіксації – однакові частини етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Визначення розмірів клітин й окремих тканин здійснювали за допомогою мікроскопа «Микмед-1» та окулярного мікрометра МОВ-1-15х. Збільшення мікроскопа – 120х, при цьому збільшення площі поля зору складає 1 мм². Підраховували кількість клітин продихів у тканині епідермісу в ¼ поля зору з наступним перерахунком на одиницю площі поля зору, статистична вибірка вимірювань становить 20 промірів.

Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. За мацеруючий агент обрано 5 %-й розчин оцтової кислоти у 2 моль/л соляної кислоти [3]. Визначення вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі на спектрофотометрі СФ-18 [2].

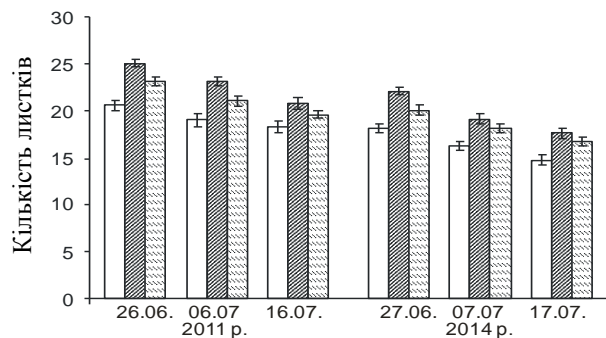


Рис. 1. Вплив інгібіторів росту на кількість листків на рослині маку олійного.

Дати обробки: 2011 р. – 16 червня,
2014 р. – 17 червня.

- – контроль;
- ▨ – хлормекватхлорид 0,5 %-й;
- ▩ – фолікур 0,025 %-й.

Матеріали досліджень оброблено статистично з використанням комп'ютерної програми «Statistica» [10].

Результати

Продукційний процес суттєво залежить від особливостей формування та розвитку листкового апарату. Аналіз отриманих результатів свідчить, що обробка рослин маку ретардантами зумовлювала суттєву різницю в

кількості та площі листків між дослідними рослинами й контролем (рис. 1).

Кількість листків за дії обох застосованих препаратів була більшою за контроль протягом усього періоду вегетації [7; 11]. Максимальна кількість листків формувалася під впливом хлормекватхлориду. На фоні більш посушливих умов вегетації 2011 р. відбувається суттєвіше зростання кількості листків, порівнянно з вологими умовами 2014 р.

Зростання кількості листків пов'язане з посиленням галузнення стебла за дії препаратів. У варіанті з використанням хлормекватхлориду кількість пагонів становить $3,71 \pm 0,11$, у варіанті з обробкою фолікуром – $3,41 \pm 0,08$, а в контрольному варіанті – $3,02 \pm 0,11$.

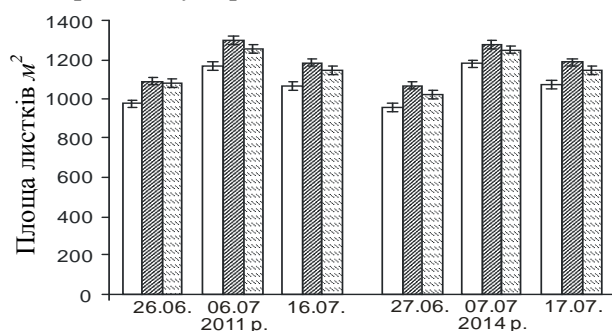


Рис. 2. Вплив ретардантів на площу листків на рослині маку олійного.

Дати обробки: 2011 р. – 16 червня,
2014 р. – 17 червня.

- – контроль;
- ▨ – хлормекватхлорид 0,5 %-й;
- ▩ – фолікур 0,025 %-й.

Установлено, що в процесі вегетації відбувається швидке відмирання нижніх листків, що може впливати на врожайність. Відомо, що застосування інгібіторів росту подовжує термін життя листків. Так, на кінець вегетації кількість живих листків у дослідних варіантах була більшою за контрольні (рис. 1). Незалежно від погодних умов простежемо аналогічну тенденцію. Схожі результати спостерігали й на інших культурах [12].

Визначення сумарної площі листків на одній рослині маку олійного свідчить про її збільшення відносно контролю протягом усього періоду спостереження (рис. 2). Так, за дії антигіберелінових препаратів хлормекватхлориду та фолікуру зростання кількості листків на одній рослині забезпечило збільшення сумарної площі листків.

Очевидно, саме завдяки посиленому галузненню, збільшенню кількості й сумарної площі листків у дослідних рослин відбувається збільшення маси сухої речовини листків (рис. 3).

Одержані результати свідчать, що під впливом хлормекватхлориду та фолікуру утворювався потужніший листковий апарат, продовжувався час вегетації листків.

Важливим показником фотосинтетичної активності є питома маса листків. У варіантах із застосуванням 0,5 %-го хлормекватхлориду й 0,25 %-го фолікуру встановлено зростання питомої маси листків, порівняно з контролем (рис. 4).

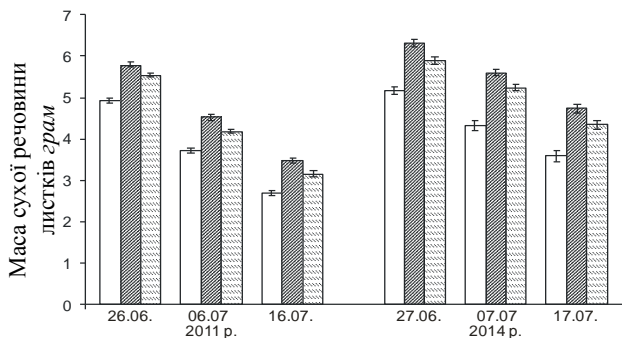


Рис. 3. Накопичення маси сухої речовини листків рослинами маку олійного за дії інгібіторів росту.

Дати обробки: 2011 р. – 16 червня, 2014 р. – 17 червня.

- – контроль;
- ▨ – хлормекватхлорид 0,5 %-й;
- ▩ – фолікур 0,025 %-й.

причини цього явища. Установлено, що фізіологічний стан листка тісно пов'язаний із його структурними особливостями, що в літературі визначено як «мезоструктура» [2].

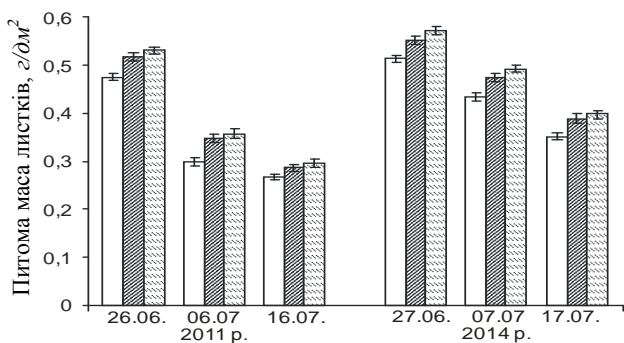


Рис. 4. Вплив регуляторів росту на питому масу листків рослин маку олійного.

Дати обробки: 2011 р. – 16 червня, 2014 р. – 17 червня.

- – контроль;
- ▨ – хлормекватхлорид 0,5 %-й;
- ▩ – фолікур 0,025 %-й.

Фотосинтетичний процес визначається анатомо-морфологічними особливостями листка [13]. Нами встановлено, що в рослин маку за дії інгібіторів росту простежено достовірно зростання товщини листків (табл. 1), що є типовою

реакцією рослин на вплив ретардантів [14]. Листкові пластинки за дії хлормекватхлориду та фолікуру потовщувалися внаслідок

Збільшення питомої маси листка та зміни в наростанні листкової поверхні в дослідних варіантах свідчить про структурні зміни в ньому за дії екзогенних інгібіторів росту, що зумовлює необхідність посиленого вивчення розростання фотосинтетичної тканини – хлоренхіми. Використання препаратів приводило до зростання лінійних розмірів її клітин. Більш виражену дію спостерігали за дії хлормекватхлориду [11]. На нашу думку, це є суттєвою передумовою підвищення фотосинтетичної продуктивності листків за дії препаратів. Водночас у рослин маку олійного відсутній поділ асиміляційної паренхіми на стовпчасту та губчасту. Зростання частки хлоренхіми в загальній структурі листка внаслідок збільшення лінійних розмірів її клітин за дії препаратів позитивно впливає на вміст пігментів та фотосинтетичний процес.

Одержані результати дослідження свідчать, що препарати фолікур і хлормекватхлорид призводили до суттєвого збільшення вмісту суми хлорофілів у листках рослин маку олійного.

Використання хлормекватхлориду й фолікуру на рослинах маку олійного спричиняло до зміни в продиховому апараті макових листків. Зокрема, у дослідних рослин збільшувалася площа продихів по всіх варіантах дослідження та одночасно зростала їх кількість на одиницю площі листка.

Відзначено, що суттєві зміни відбувалися під впливом препаратів і в епідермісі листків. Обробка стимуляторами росту листків маку олійного у фазу бутонізації приводила до потовщення нижнього епідермісу листків в обох варіантах дослідження відносно контролю й незначно впливала на товщину верхнього епідермісу. Привертає увагу той факт, що застосування хлормекватхлориду призводить до зменшення кількості клітин епідермісу на одиницю абаксіальної поверхні листка, порівняно з контролем, що свідчить про збільшення розмірів клітин нижнього епідермісу, а у варіанті із використанням триазолпохідного препарату фолікуру – збільшення епідермальних клітин.

Відомо, що регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу й ростової функції [13]. Такого ефекту можна досягти завдяки морфологічним змінам – формування потужної листкової поверхні, ефективної мезоструктури, прискорення темпів

**Вплив регуляторів росту на мезоструктурну організацію листків рослин маку олійного (фаза
цвітіння $M \pm m, n = 20$)**

Показник	Контроль	XMX 0,5 %-й	Фолікур 0,025 %-й
Товщина листової пластинки, мкм	232,27±5,92	*293,58±5,89	*302,71±4,65
Товщина верхнього епідермісу, мкм	68,13±1,65	71,59±1,43	71,26±1,52
Товщина хлоренхіми, мкм	127,32±2,77	*169,69±2,04	*190,48±2,41
Товщина нижнього епідермісу, мкм	37,61±1,25	*52,38±2,43	*43,69±0,73
Довжина клітин паренхіми, мкм	43,62±0,96	*52,74±1,08	*51,45±1,09
Ширина клітин паренхіми, мкм	23,07±0,89	*33,99±1,06	*31,35±1,04
Кількість продихів на 1 мм ² абаксіальної поверхні листка, шт.	117,33±5,27	*141,62±3,85	122,54±3,26
Площа одного продиху, мкм ²	394,55±9,52	*441,48±9,26	*432,86±8,47
Кількість клітин епідермісу на 1 мм ² абаксіальної поверхні листка, шт.	440,03±8,37	*357,64±6,59	*416,82±6,46
Уміст суми хлорофілів (а+в), % на масу сирої речовини	0,22±0,002	*0,31±0,003	*0,33±0,004

Примітка. * – Різниця достовірна при $P \leq 0,05$.

формування фотосинтетичного апарату та продовження тривалості життя листків як основного донора асимілятів [15].

Нами встановлено що під впливом хлормеватхлориду й фолікуру формувалася потужніший листовий апарат рослин маку, продовжувалася тривалість життя листків, що призводило до формування надлишку асимілятів, які використовуються для росту плодів маку олійного. Застосування інгібіторів росту приводить до змін у структурі врожаю, що є важливим підґрунтям для збільшення врожайності культури (табл. 2). Препарати сприяли збільшенню кількості коробочок, зростанню маси тисячі насінин і маси насіння в коробочці [7; 8; 11].

Обговорення

Екзогенне застосування синтетичних регуляторів росту призводить до змін інтенсивності росту окремих органів рослини, а отже, і до перерозподілу потоків асимілятів від донорної зони рослини (листки, процеси фотосинтезу) до акцепторних зон та процесів, зокрема процесу карпогенезу – росту й формування плодів. Отримані результати свідчать про суттєву роль морфологічної та мезоструктурної складових регуляції донорно–акцепторної системи рослин маку олійного.

Застосування інгібіторів росту хлор-мекватхлориду й фолікуру сприяло формуванню більш потужної донорної сфери рослини – відбувалося збільшення кількості та маси листків, площі листової поверхні самої рослини. Установлено, що причиною таких морфологічних змін є посилене галуження стебла, яке за дії препаратів достовірно зростало. Підсилення донорної функції рослин маку за дії препарату відбувалося також унаслідок мезоструктурних змін у листках. За дії інгібіторів росту формувалася більш потужний шар хлоренхіми – основної фотосинтезуючої тканини рослини, зростали лінійні розміри хлоренхімних клітин та збільшувався вміст хлорофілів у них. Отже, інтенсифікація ростових процесів під впливом препаратів сприяла формуванню більш потужного донорного потенціалу рослини, що створювало передумови для підвищення продуктивності культури.

Відомо, що одним із найпотужніших акцепторів асимілятів є процеси карпогенезу – формування й росту плодів. Унаслідок посиленого галуження стебла під впливом препарату закладалася більша кількість квітів і плодів – коробочок, а відтак акцепторна ємність цієї сфери рослини зростала.

Отже, застосування в період бутонізації хлормекватхлориду й фолікуру на культурі

Вплив стимуляторів росту на продуктивність маку олійного ($M \pm m, n = 25$)

Варіант досліджу	Кількість коробочок на рослині (<i>шт</i>)	Маса насіння в коробочці (<i>г</i>)	Маса 1000 насінин (<i>г</i>)	Урожайність <i>кг/га</i>
Контроль	3,01±0,12	3,19±0,07	0,486±0,011	812,66±9,64
Хлормекватхлорид 0,5%-й	*3,63±0,11	*3,89±0,08	*0,547±0,012	*895,43±10,35
Фолікур 0,025-й	*3,40±0,08	*3,85±0,09	*0,566±0,014	*869,52±11,52

Примітка. * – Різниця достовірна при $P \leq 0,05$.

маку олійного приводить до підвищення врожайності культури внаслідок оптимізації морфологічної будови рослини, мезоструктурної організації.

Висновок

Під впливом розчину 0,5 %-го хлормекватхлориду відбувається більш суттєве збільшення кількості, площі та маси листків, розгалуження стебла рослин маку олійного, ніж під впливом 0,25 %-го фолікуру. Обробка рослин інгібіторами росту призводила до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин, а також сприяла збільшенню кількості продихів і загальної їх площі на одиницю поверхні листка.

Література

1. Гуляев, Б. И. Фотосинтез и биопродуктивность растений: проблемы, достижения, перспективы исследований. *Физиология и биохимия культурных растений*; 1996, 28 (1–2), с 15–35.
2. Мокроносов, А. Т.; Гавриленко, В. Ф. *Фотосинтез. Физиолого-биохимические и экологические аспекты*; Изд-во Моск. ун.-та: Москва, 1992; с 320.
3. Кур'ята, В. Г. Действие ретардантов на мезоструктуру листьев малины. *Физиология и биохимия культурных растений*; 1998, 30 (2), с 144–149.
4. Salazar-Garcia, S.; Varquez-Valdivia, V. Physiological persistence of paclobutrazol on the Tommy Atking mango (*Mangifera indica L.*) under rain-fed conditions. *Journal of Horticultural Science*; 1997, 72 (2), pp 339–345.
5. Шевчук, О. А.; Кур'ята, В. Г.; Кірізій, Д. А.; Гуляев, Б. І. Структурно-функціональна організація листка цукрового буряка за дії ретардантів. *Физиология и биохимия культурных растений*; 2002, 34 (1), с 11–16.

6. Рогач, Т. І.; Кур'ята, В. Г. Морфофізіологічні зміни в рослин. *Helianthus annuus* під впливом хлормекватхлориду. *Вісник Запорізького національного університету. Зб. наук. праць. Біологічні науки*; 2009, 2, с 151–155.

7. Поливаний, С. В.; Кур'ята В. Г. Вплив фолікуру на морфогенез та продуктивність рослин маку олійного. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія»*; 2014, 36, с 64–67.

8. Поливаний, С. В. Дія антигіберелінового препарату хлормекватхлориду на структуру урожаю і якісні характеристики олії маку олійного. *Сільськогосподарські науки. Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту*; 2012, 1 (57), с 90–93.

9. Казаков, Є. О. *Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин*; Фітосоціоцентр: Київ, 2000; с 272.

10. Доспехов, Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*; Альянс: Москва, 2011; с 352.

11. Кур'ята, В. Г.; Поливаний, С. В. Потужність фотосинтетичного апарату та насіннева продуктивність маку олійного за дії ретарданту фолікуру. *Физиология растений и генетика*; 2015, 47 (4), с 313–320.

12. Рогач, В. В. Вплив хлормекватхлориду на морфогенез та продуктивність озимого ріпаку. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія*; 2011, 4 (49) с 70–76.

13. Киризій, Д. А. *Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений*; Логос: Киев, 2004; с 191.

14. Ткачук, О. О. Вплив паклобутразолу на анатомо-морфологічні показники рослин картоплі. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*; 2015, 2, с 47–50.

15. Шадчина, Т. М.; Гуляев, Б. І.; Кірізій, Д. А. *Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти*; Фітосоціоцентр: Київ, 2006; с 384.

«Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом №Ф75/190–2018 Державного фонду фундаментальних досліджень».