

УДК 582.675.5:661.162.65/66

ПОТУЖНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ТА НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ МАКУ ОЛІЙНОГО ЗА ДІЇ РЕТАРДАНТУ ФОЛІКУРУ

В.Г. КУР'ЯТА, С.В. ПОЛИВАНИЙ

*Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського
21100 Вінниця, вул. Острозького, 32
e-mail: vspun@sovamua.com*

З позицій концепції донорно-акцепторних відносин проаналізовано результати вивчення впливу триазолпохідного препарату фолікуру на морфогенез і продукційний процес маку олійного сорту Беркут. Встановлено, що після обробки рослин маку олійного цим препаратом уповільнювався лінійний ріст, формувалася потужніший фотосинтетичний апарат, зростав «запит» на асиміляти процесами карпогенезу внаслідок посиленого галуження стебла та формування більшої кількості коробочок на рослині. Результатом такої корекції донорно-акцепторних відносин у рослині було підвищення насінневої продуктивності культури. Встановлено, що препарат фолікур не спричинює істотних змін у складі й вмісті вищих жирних кислот у маковій олії.

Ключові слова: *Papaver somniferum L.*, мак олійний, фолікур, морфогенез, фотосинтетичний апарат, насіннева продуктивність.

Одним із ключових підходів у вирішенні питання оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських рослин є регуляція донорно-акцепторних відносин, зокрема за допомогою штучного перерозподілу потоків асимілятів до господарсько важливих органів (плодів, коренеплодів). Згідно із сучасними теоретичними уявленнями про механізми функціонування і взаємозв'язки донорної та акцепторної сфер у рослині (система джерело—стік, source-sink relations) [4, 7], такого ефекту можна досягти через морфофізіологічні зміни — формування потужної листової поверхні, ефективної мезоструктури, пришвидшення темпів формування фотосинтетичного апарату, подовження тривалості життя листків як основного донора асимілятів [10]. Водночас ефективність функціонування цієї системи залежить від потужності акцепторних центрів, формування «запиту» на асиміляти. Одними з найпотужніших акцепторів асимілятів є процеси вегетативного росту й розвиток плодів (карпогенез). За достатньої активності асиміляційного апарату штучне обмеження росту вегетативних органів призводить до перерозподілу асимілятів у бік формування плодів [4]. Такого ефекту можна досягти механічними методами, зокрема обрізуванням пагонів, видаленням жируючих пагонів тощо, але це потребує істотних фізичних затрат і є економічно недоцільним. В останні роки з цією метою почали застосовувати ретарданти, зокрема високоефективні триазолпохідні препарати (паклбутразол).

Високу ефективність паклобутразолу встановлено на культурах малини, цукрових буряків [6]. Фізіологічний ефект дії триазолпохідних препаратів виявляється через модифікацію гормонального комплексу рослин. Як і інші ретарданти, триазолпохідні є антигіберелінами, однак їх дія реалізується не через блокування утворення гормон-рецепторного комплексу, а через переривання синтезу гіберелінів на етапі синтезу кауренової кислоти [6]. Останнім часом створено нові триазолпохідні препарати, зокрема фолікур (діюча речовина тебуконазол) — 4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ілметил)-1-*n*-хлорфенілпентан-3-ол. Препарат широко застосовують на посівах ріпаку як фунгіцид і регулятор росту, однак його ретардантна дія на ріст, формування листкового апарату й карпогенез інших культур, у тому числі й олійних, залишається практично невивченою [11].

У зв'язку з цим метою нашої роботи було встановлення можливості використання фолікуру як чинника регуляції морфогенезу та донорно-акцепторних відносин рослин маку олійного для оптимізації насінневої продуктивності культури.

Методика

Мікропольові дослідження проводили у спеціалізованих господарствах с. Кузьмин Красилівського р-ну Хмельницької обл. у 2011 р. та у с. Токарівка Жмеринського р-ну Вінницької обл. у 2014 р. Облікова площа кожної ділянки становила 10 м², повторність п'ятиразова.

Рослини маку олійного сорту Беркут обробляли 0,025 %-м (за діючою речовиною) водним розчином фолікуру одноразово 16.06.11 і 17.06.14 у фазу бутонізації за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2 до повного змочування листків. Рослини контрольного варіанта обприскували водопровідною водою.

Фітометричні показники (висота рослин, площа листків, маси сухої та сирої речовини листків) визначали на 20 рослинах через кожні 10 днів у кожну фазу розвитку [3]. Вміст хлорофілів вимірювали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-18 [1]. У фазу плодоношення визначали чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), листковий індекс (ЛІ) як площу всіх листків рослин на одиницю поверхні ґрунту, хлорофільний індекс (ХІ) як добуток площі листків рослини і вмісту сумарного хлорофілу в них [9].

Загальний вміст олії в насінні встановлювали за допомогою екстракції в апараті Сокслета. Органічним розчинником слугував петролейний ефір із температурою кипіння 40—65 °С [8]. Кількісний вміст та якісний склад вищих жирних кислот визначали методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі «Хром-5» (Чехія) [5]. Умови хроматографування: скляні колонки завдовжки 3,5 м з внутрішнім діаметром 3 мм, заповнені сорбентом Хромосорб WAW 100-120 mesh із сумішшю стаціонарних фаз SP-2300 (2 %), SP-2310 (3 %). Швидкість пропускання газу 50 мл/хв, газ-носієй — азот. Температура колонки — 200 °С, випаровувача — 230 °С, полуменево-іонізаційного детектора — 240 °С.

Результати досліджень оброблено статистично за допомогою комп'ютерної програми «Statistica-6». У таблицях і на рисунках наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати та обговорення

Згідно з отриманими результатами, препарат фолікур виявляв чітку ретардантну дію на рослинах маку олійного. В період активного росту оброблені препаратом рослини за висотою відставали від контрольних на 6–13 % залежно від погодних умов періоду вегетації. За вологіших умов вегетації 2014 р. рістгальмувальна дія препарату виявлялася меншою мірою. В попередніх дослідженнях ми встановили, що штучне обмеження ростових процесів рослин за допомогою ретардантів різних класів супроводжується істотними змінами морфогенезу, які перш за все стосуються формування різних рівнів організації фотосинтетичного апарату рослин [6]. Відомо, що формування листкової поверхні є одним із головних чинників, який визначає продуктивність рослин [10]. У зв'язку з цим доцільно проаналізувати вплив препарату фолікуру на особливості росту, формування листкової поверхні та інтенсивність відмирання листків маку олійного як чинників, що визначають потужність і терміни функціонування фотосинтетичного апарату.

Згідно з результатами дослідження, кількість листків, їх площа та маса у рослин дослідного й контрольного варіантів істотно різнилися (рис. 1).

За дії фолікуру в період формування і росту коробочок ці показники були вищими порівняно з контролем, що свідчить про формування потужнішого донорного потенціалу фотосинтетичного апарату. Культура маку олійного характеризується коротким періодом розвитку і швидкими темпами відмирання листків, особливо нижніх ярусів. Згідно з отриманими даними, оброблені препаратом рослини наприкінці вегетації мали більшу кількість листків та більшу листкову поверхню, що забезпечувало додатковий фонд асимілятів під час росту плодів.

Разом з тим у деяких дослідженнях відмічалось, що за дії ретардантів площа окремих листків може зменшуватися [14]. Ми визначили

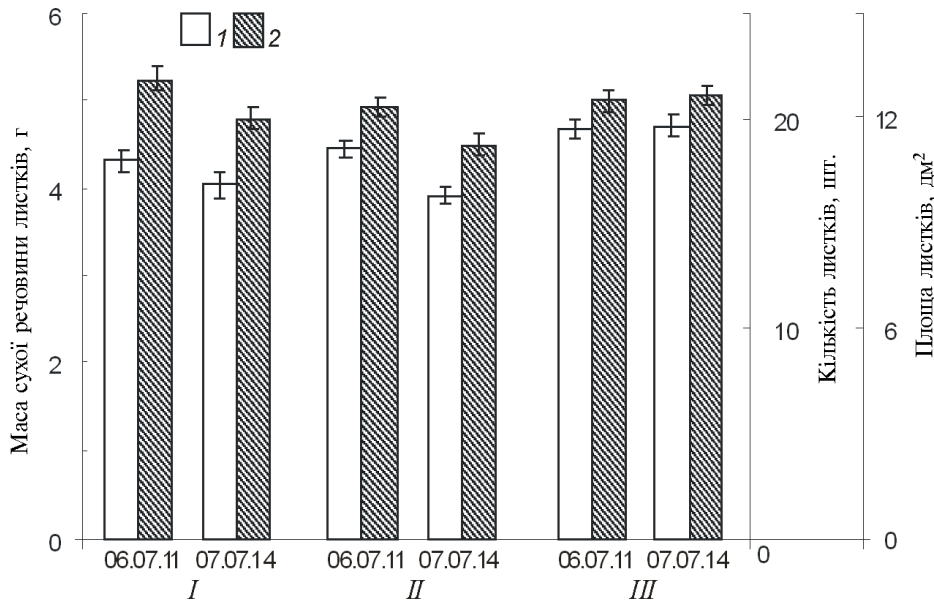


Рис. 1. Вплив фолікуру на морфогенез рослин маку олійного:

I — контроль; 2 — обробка 0,025 %-м розчином фолікуру; I — маса сухої речовини листків; II — кількість листків; III — площа листків (на одну рослину)

середню площу листків маку олійного і встановили, що середні розміри листків рослин контрольного і дослідного варіантів практично не відрізнялися: в 2011 р. в період формування і росту плодів вони становили відповідно $0,62 \pm 0,03$ і $0,61 \pm 0,02$ дм², у 2014 р. — $0,70 \pm 0,03$ і $0,69 \pm 0,03$ дм². Збільшення загальної площі і маси листової поверхні у рослин дослідного варіанта забезпечується перш за все інтенсивнішим галузненням стебла внаслідок утворення пагонів другого порядку. В 2011 р. кількість таких пагонів становила $3,4 \pm 0,1$ порівняно з $3,0 \pm 0,1$ в контролі, а 2014 р. — відповідно $2,4 \pm 0,1$ і $2,0 \pm 0,1$. Посилення галузнення стебла є, очевидно, загальною реакцією рослин на дію антигіберелінових препаратів — ретардантів, оскільки ми відмічали це й раніше на широкому спектрі культур [6].

З наведених даних видно, що листки рослин дослідних варіантів мають більшу питому масу (рис. 2). Відомо, що цей чинник істотно посилює потужність фотосинтетичного апарату: позитивна кореляція між інтенсивністю фотосинтезу і цим показником пояснюється підвищенням концентрації основних структурних елементів і фотосинтетичних пігментів, за безпосередньої участі яких здійснюється асиміляція CO₂.

Збільшення питомої маси листків свідчить про структурні зміни в них за дії препарату, що визначає необхідність глибокого вивчення причин цього явища. Фізіологічний стан листка знаходиться в тісній взаємодії з його структурними особливостями, що визначаються в науковій літературі як «мезоструктура» [7]. За мезоструктурними характеристиками можна проаналізувати фотосинтетичну функцію листка в багатьох випадках, однак при вивченні ретардантних ефектів вони застосовувалися рідко. Отримані нами результати вивчення елементів мезоструктури підтвердили, що за дії препарату фолікуру істотно збільшувалися товщина листків (у рослин контрольного варіанта $233,3 \pm 9,9$, дослідного — $303,7 \pm 14,6$ мкм), товщина шару хлорохімі

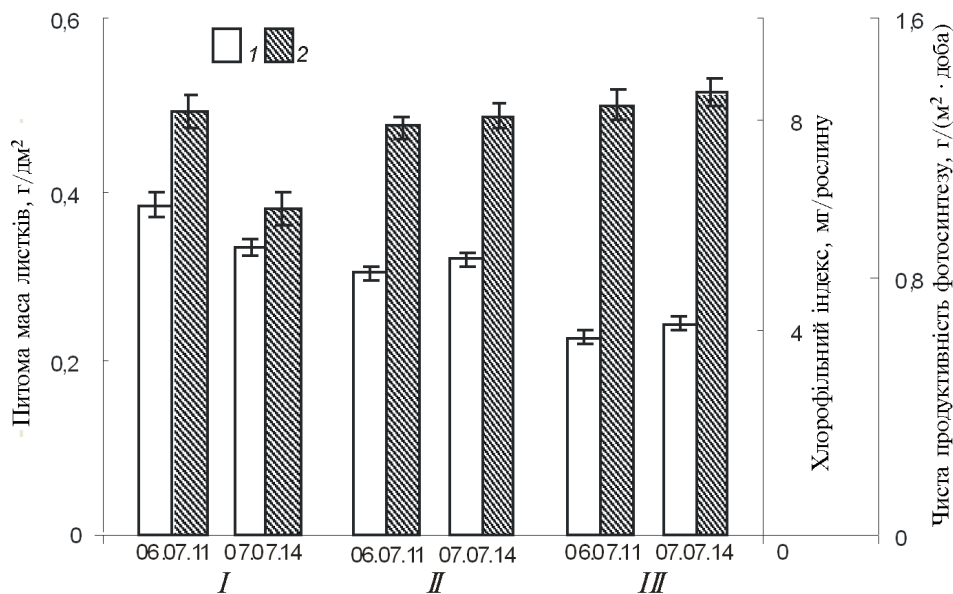


Рис. 2. Вплив фолікуру на фотосинтетичний апарат рослин маку олійного:

I — контроль; *2* — обробка 0,025 %-м розчином фолікуру; *I* — питома маса листків; *II* — хлорофільний індекс; *III* — чиста продуктивність фотосинтезу

(відповідно $157,5 \pm 13,0$ і $190,7 \pm 12,5$ мкм), а також довжина (відповідно $43,8 \pm 0,8$ і $54,1 \pm 1,0$ мкм) і товщина (відповідно $19,0 \pm 0,3$ і $21,9 \pm 0,4$ мкм) хлоренхімних клітин. При цьому чітка диференціація асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) на стовпчасту й губчасту в рослин маку олійного була відсутня. Зростання частки хлоренхіми в загальній структурі листків унаслідок формування більших за розмірами асиміляційних клітин за дії препарату є позитивним чинником, який впливає на вміст пігментів і фотосинтетичні процеси.

Аналіз даних літератури свідчить, що характер дії ретардантів різних класів на пігментну систему листка доволі складний і залежить від особливостей об'єкта дослідження, специфіки препарату та умов його застосування [6]. Разом з тим у низці досліджень відмічався позитивний вплив триазолпохідних препаратів, зокрема паклобутразолу [12, 13], та уніконазолу [15] на вміст хлорофілів у листках. Згідно з отриманими нами даними, препарат фолікур цього ж триазолового ряду також істотно збільшує вміст хлорофілів у листках маку олійного. При цьому за умов вологішого періоду вегетації 2014 р. вміст хлорофілу в листках був вищим. Так, у 2011 р. сумарний вміст хлорофілів $a + b$ у рослин дослідного варіанта становив $1,8 \pm 0,2$, контрольного — $1,2 \pm 0,1$ мг/дм², у 2014 р. — відповідно $1,9 \pm 0,2$ і $1,3 \pm 0,1$ мг/дм².

Важливими показниками потужності фотосинтетичного апарату є хлорофільний (див. рис. 2) та листковий (рис. 3) індекси [2, 9].

Вони були вищими у рослин, оброблених фолікуром. Поліпшення фітометричних і мезоструктурних показників листків, збільшення вмісту хлорофілів за дії фолікуру сприяли посиленню фотосинтетичної активності листового апарату, що підтверджують значно вищі значення чистої продуктивності фотосинтезу (див. рис. 2). Значення цього показника у фазу молочної стиглості рослин дослідного варіанта більш як удвічі перевершували контрольні.

Разом з тим зростання листового індексу в ценозі не завжди є позитивним явищем, оскільки загущення посівів, формування надмірної листової поверхні може призводити до затінення сусідніх рослин і, як наслідок, до зменшення урожайності культури [10].

Згідно з аналізом отриманих результатів, застосування фолікуру не призводило до таких негативних наслідків. Навпаки, насіннева продуктивність культури за дії ретарданту зростала (табл. 1), оскільки внаслідок

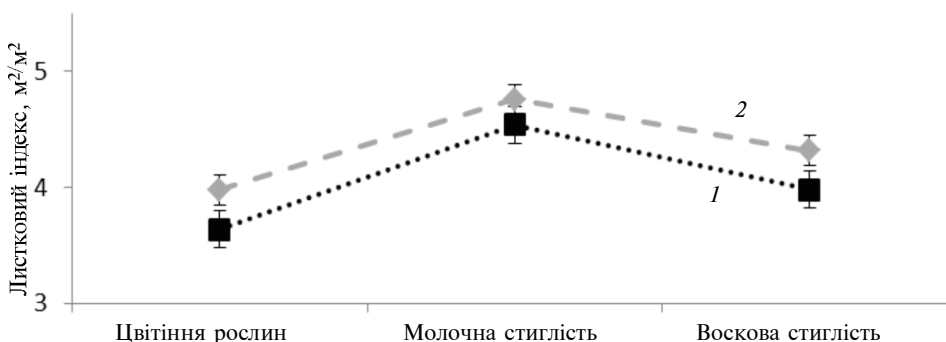


Рис. 3. Динаміка листового індексу в рослин маку олійного за дії фолікуру (усереднені дані за 2011—2014 рр.):

1 — контроль; 2 — обробка 0,025 %-м розчином фолікуру

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив фолікуру на насінневу продуктивність маку олійного сорту Беркут

Варіант досліджу	Кількість коробочок на рослині, шт.	Маса насіння в коробочці, г	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, кг/га
2011 р.				
Контроль	4,02±0,13	3,01±0,05	0,49±0,01	710,10±10,61
Обробка фолікуром	4,43±0,07*	3,42±0,08*	0,56±0,03*	764,70±13,60*
2014 р.				
Контроль	2,03±0,09	4,02±0,08	0,51±0,02	915,20±8,67
Обробка фолікуром	2,41±0,12*	4,31±0,11*	0,57±0,01*	974,40±9,44*

*Тут і в табл. 2: різниця вірогідна за $p \leq 0,05$.

обробки рослин фолікуром вірогідно збільшувалась кількість плодів на рослині — коробочок. Одночасно зростали маса тисячі насінин і маса насіння в коробочці, що забезпечувало збільшення урожайності культури.

Концепція функціонування донорно-акцепторних відносин у рослині передбачає, що активність донорної функції фотосинтетичного апарату великою мірою визначається активністю акцептора, потужністю його «запиту» на асиміляти. На організменому рівні акцепторними центрами є зони росту, зокрема процеси карпогенезу. Оскільки гальмування лінійного росту рослин маку олійного ретардантом сприяє посиленню галузження і, відповідно, закладанню більшої кількості коробочок — нових акцепторних центрів, це стимулює відтік асимілятів до них, що само по собі є додатковим чинником інтенсифікації фотосинтетичних процесів.

Обробка рослин маку фолікуром сприяла незначному підвищенню олійності насіння. Вміст олії в насінні маку дослідного варіанта з обробкою рослин 0,025 %-м розчином препарату становив $45,8 \pm 0,1$, контрольного — $45,6 \pm 0,1$ %.

Харчова цінність макової олії великою мірою визначається профілем жирних кислот. В олії насіння маку сорту Беркут виявлено пальмітинову, пальмітолеїнову, стеаринову, олеїнову, лінолеву, α -ліноленову, арахінову, гондоїнову кислоти, харчова цінність і значення яких

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив фолікуру на вміст (%) вищих жирних кислот у маковій олії (сорт Беркут, 2014 р.)

Кислота	Контроль	Обробка 0,025 %-м розчином фолікуру
Пальмітинова	7,691±0,130	8,061±0,560*
Пальмітолеїнова	0,110±0,001	0,110±0,005
Стеаринова	1,662±0,075	1,581±0,095
Олеїнова	18,310±0,020	16,901±0,050*
Лінолева	71,341±0,044	72,401±0,036*
α -Ліноленова	0,710±0,005	0,701±0,020
Арахінова	0,151±0,001	0,182±0,001*
Гондоїнова	0,041±0,001	0,061±0,005*

для організму людини і тварин різні. Ми встановили, що за дії препарату фолікуру вміст вищих жирних кислот у маковій олії істотно не змінювався (табл. 2).

Отже, обробка рослин маку олійного триазолпохідним регулятором росту фолікуром забезпечувала формування потужнішого фотосинтетичного апарату і збільшення «запиту» на асиміляти процесами карпогенезу внаслідок посиленого галуження стебла та формування більшої кількості коробочок на рослині. Результатом такої корекції донорно-акцепторних відносин рослини є підвищення насінневої продуктивності культури.

1. *Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е.* Большой практикум по физиологии растений. — М.: Высш. шк., 1975. — 392 с.
2. *Дуденко Н.В., Андрианова Ю.Е., Максютова Н.Н.* Формирование хлорофилльного фотосинтетического потенциала пшеницы в сухой и влажный годы // Физиология растений. — 2002. — **49**, № 5. — С. 684—687.
3. *Казakov С.О.* Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — 272 с.
4. *Киризий Д.А.* Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. — Киев: Логос, 2004. — 191 с.
5. *Кулик М.Ф., Кравців Р.Й., Обертюх Ю.В.* Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія. — Вінниця: ПП «Тезис», 2003. — 334 с.
6. *Кур'ята В.Г.* Ретарданти — модифікатори гормонального статусу рослин // Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку. Т. 1. — К.: Логос, 2009. — С. 565—589.
7. *Мокронос А.Т.* Онтогенетический аспект фотосинтеза. — М.: Наука, 1981. — 196 с.
8. *Починок Х.Н.* Методы биохимического анализа растений. — Киев: Наук. думка, 1976. — 334 с.
9. *Прядкіна Г.О., Швартау В.В., Михальська Л.М.* Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої озимої пшениці за різного рівня мінерального живлення // Физиология и биохимия культ. растений. — 2011. — **43**, № 2. — С. 158—163.
10. *Шадчина Т.М., Гуляев Б.И., Кірізій Д.А. та ін.* Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. — К.: Укр. фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.
11. *Шерстобова О.В., Чабанюк Я.В. та ін.* Вплив сумісного застосування тебуконазолу та біополіциду на врожайність озимої пшениці // Аграрна наука — виробництво: Наук.-інформ. бюл. завершених наук. розробок. — 2014. — № 1. — С. 5.
12. *Bekheta M.A., Abbas S., El-Kobisy O.S., Mahgoub M.H.* Influence of selenium and paclobutrazole on growth, metabolic activities and anatomical characters of *Gerbera jasmonii* L. // Austr. J. Basic and Applied Sci. — 2008. — **2**, N 4. — P. 1284—1297.
13. *Iremiren G., Adewumi P., Aduloji S., Ibitoye A.* Effects of paclobutrazol and nitrogen-fertilizer on the growth and yield of maize // J. Agr. Sci. — 1997. — **128**, N 6. — P. 425—436.
14. *Salazargarcia S., Varquezvaldivia V.* Physiological persistence of paclobutrazol on the Tommy Atking mango (*Mangifera indica* L.) under rain-fed conditions // J. Hort. Sci. — 1997. — **72**, N 2. — P. 339—347.
15. *Steinberg S., Zajicek J., Mofarland M.* Short-term effect of uniconazole on the water relation and growth of ligustrum // J. Amer. Soc. Hort. Sci. — 1991. — **116**, N 3. — P. 460—476.

Отримано 21.04.2015

МОЩНОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МАКА МАСЛИЧНОГО ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕТАРДАНТА ФОЛИКУРА

В.Г. Курьята, С.В. Польшаный

Винницкий государственный педагогический университет им. Михаила Коцюбинского

С позиций концепции донорно-акцепторных отношений проанализированы результаты изучения влияния триазолпроизводного препарата фолікур на морфогенез и продукционный процесс мака масличного сорта Беркут. Установлено, что после обработки растений

мака масличного этим препаратом замедлялся линейный рост, формировался более мощный фотосинтетический аппарат, возрастал «запрос» на ассимиляты процессами карпогенеза вследствие усиления ветвления стебля и формирования большего количества коробочек на растении. Результатом такой коррекции донорно-акцепторных отношений в растении было повышение семенной продуктивности культуры. Установлено, что препарат фоликур не вызывает существенных изменений состава и содержания высших жирных кислот в маковом масле.

EFFECT OF RETARDANT FOLICUR ON PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND SEED PRODUCTIVITY OF OIL POPPY

V.G. Kuryata, S.V. Polyvani

Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University
32 Ostroz'kogo St., Vinnytsia, 21100, Ukraine

From the positions of the concept of source-sink relations there were analyzed the results of the study of the influence of triazole derivative preparation folicur on morphogenesis and productive process of oil poppy cv. Berkut. It was established that the influence of folicur on the plant of oil poppy led to the slowing of linear growth, formation of a more powerful photosynthetic apparatus and increasing of the demand for assimilates by the processes of carpogenesis due to enhanced branching of stems and the formation of greater number of fruitcases per plant. The result of this correction of the source-sink relations in a plant was the rise of seed productivity. It was revealed that the use of folicur does not lead to significant changes in the composition and the amount of fatty acids in poppy oil.

Key words: *Papaver somniferum* L., oil poppy, folicur, morphogenesis, photosynthetic apparatus, seed productivity.