

<https://doi.org/10.15407/frg2020.04.353>

УДК 581.1:[661.162.6:582.707]

ДІЯ ТЕБУКОНАЗОЛУ НА ФОРМУВАННЯ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ, НАКОПИЧЕННЯ ТА ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ЗВ'ЯЗКУ З ПРОДУКТИВНІСТЮ КУЛЬТУРИ ПЕРЦЮ СОЛОДКОГО (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

В.Г. КУР'ЯТА, О.В. КУШНІР, І.В. ПОПРОЦЬКА, О.О. КРАВЕЦЬ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
21001 Вінниця, вул. Острозького, 32
e-mail: vggk2006@ukr.net

В умовах польового дослідження вивчено вплив триазолопохідного ретарданту тебуконазолу на морфогенез, формування листкового апарату, мезоструктуру листків, особливості накопичення й перерозподілу елементів живлення — азоту, фосфору і калію — між вегетативними органами рослин у зв'язку з продуктивністю культури перцю солодкого (*Capsicum annuum* L.). Встановлено, що обробка рослин у фазу бутонізації 0,025%-м розчином тебуконазолу супроводжувалась уповільненням їх лінійного росту на 21 %, потовщенням стебла на 27 %, збільшенням загальної кількості (на 20 %) та маси (на 50 %) листків, зростанням на 53 % площі листкової поверхні рослин порівняно з необробленими. За впливу тебуконазолу збільшувалась відносна частка маси листків у масі всієї рослини. Застосування препарату сприяло оптимізації мезоструктури, наростанню питомої маси листків, кращому розвитку асиміляційної паренхіми внаслідок збільшення об'єму та лінійних розмірів клітин стовпчастої і губчастої паренхіми. Встановлено також підвищення вмісту суми хлорофілів. Наслідком цих змін було зростання чистої продуктивності фотосинтезу. Показано значну депонувальну потужність інших вегетативних органів — стебла і кореня рослин перцю солодкого. Протягом усього періоду вегетації в цих органах знаходилась значна частка азотовмісних сполук, фосфору і калію. Під впливом тебуконазолу накопичення цих елементів рослиною посилювалося. Внаслідок оптимізації мезоструктурної організації листків, зростання вмісту хлорофілів, формування потужнішого фотосинтетичного апарату та посилення накопичення рослинами елементів живлення за дії тебуконазолу врожайність культури підвищилась на 26 %.

Ключові слова: *Capsicum annuum* L., перець солодкий, тебуконазол, морфогенез, мезоструктура листків, елементи живлення, продуктивність.

Проблема регуляції перерозподілу продуктів фотосинтезу та елементів мінерального живлення в рослині у зв'язку з формуванням урожаю є важливим аспектом теорії продукційного процесу [1, 20].

Зони росту рослини є акцепторами асимілятів і потужними конкурентами плодів, коренеплодів, бульб [3]. Збільшення листкової поверхні рослини не завжди забезпечує підвищення продуктивності,

Цитування: Кур'ята В.Г., Кушнір О.В., Попроцька І.В., Кравець О.О. Дія тебуконазолу на формування листкового апарату, накопичення та перерозподіл елементів живлення у зв'язку з продуктивністю культури перцю солодкого (*Capsicum annuum* L.). *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. 52, № 4. С. 353—364. <https://doi.org/10.15407/frg2020.04.353>

оскільки в процесі росту листки використовують значні кількості фотоасимілятів та елементів живлення, тому необхідно вивчати фізіолого-біохімічні особливості регуляції потоків асимілятів та елементів живлення між органами рослини з метою спрямування їх на формування врожаю. Сучасні дані свідчать про ефективність застосування нативних і синтетичних регуляторів росту для вирішення цієї проблеми [4, 5].

Процеси накопичення і перерозподілу фотоасимілятів та елементів живлення між органами рослини за дії регуляторів росту доцільно проаналізувати з позицій концепції донорно-акцепторних відносин рослини (source-sink). Як донор асимілятів розглядають процеси фотосинтезу, акцепторами асимілятів є ріст, накопичення резервних речовин запасливими органами і зони активного метаболізму при автотрофному живленні [6, 7] або взаємодія орган запасу—ріст у гетеротрофну фазу розвитку паростка [8]. Донорна й акцепторна сфери рослини пов'язані системою гормональних і трофічних зв'язків, які забезпечують взаєморегуляцію інтенсивності процесів фотосинтезу і росту [9].

Відомо, що швидкість ростових процесів залежить від активності апікальних і латеральних меристем стебла, а також крайової меристеми листка, яку значною мірою контролюють гібереліни [10]. Екзогенне застосування гібереліну з метою оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських культур досить поширене [4, 10, 11]. Разом з тим широко застосовують також ретарданти — антигіберелінові препарати різних типів, які блокують синтез гормону або утворення гормон-рецепторного комплексу [9, 10]. У сучасному сільському господарстві, садівництві й виноградарстві широко використовують гібереліни та інгібітори їх біосинтезу, а глобальний ринок цих препаратів оцінений у ~ 500 млн доларів США [10]. Дія ретардантів є поліфункціональною. Їх застосування дає змогу штучно змінювати морфогенез [12, 13], активність ростових [14, 15] та фотосинтетичних [16, 17] процесів, індукувати цвітіння [18], регулювати навантаження рослин плодами і насінням [19—22], підвищувати стійкість рослин до несприятливих чинників середовища [23—26]. У прикладному плані застосування цих регуляторів росту для перерозподілу пластичних і мінеральних речовин у бік господарсько-цінних органів рослини уможливорює розроблення нових способів оптимізації росту і продукційного процесу сільськогосподарських культур [27—29], встановлення регламентів використання ефективних препаратів з метою підвищення врожайності та зменшення пестицидного навантаження на довкілля [2, 21, 31].

В експериментальних дослідженнях застосування таких препаратів дає змогу штучно регулювати активність ростових процесів і, відповідно, змінювати ступінь напруження донорно-акцепторних відносин у рослині, з'ясувати, які морфологічні, анатомічні та фізіологічні зміни супроводжують перерозподіл потоків асимілятів та елементів живлення між органами рослини.

На сьогодні серед різних груп ретардантів найуживанішими є триазолопохідні препарати [9, 26, 28]. Проте комплексні дослідження щодо всебічного вивчення впливу цих препаратів на функціону-

вання донорно-акцепторної системи у зв'язку з оптимізацією продукційного процесу є нечисленними.

Метою нашої роботи було з'ясування особливостей формування анатомо-морфологічних параметрів листкового апарату, накопичення й перерозподілу елементів живлення за дії триазолопохідного препарату тебуконазолу у зв'язку з продуктивністю культури перцю солодкого.

Методика

Експериментальну частину роботи виконували в лабораторії фізіології і біохімії рослин кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського та на землях селянського фермерського господарства «Бержан П.Г.» с. Горбанівка Вінницького р-ну Вінницької обл. протягом 2013—2015 рр. Вивчали вплив тебуконазолу на морфогенез і продуктивність перцю солодко-го сорту Антей.

Тебуконазол ($C_{16}H_{22}ClN_3O$) — 4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-метил)-1-n-хлорфенілпентан-3-ол. Синоніми фенетразол, колосаль, традеман, агросил, хоризон, фолікур, раксил, фараон. Це прозора кристалічна речовина з мол. м. 307,8 і температурою плавлення 104,7 °С. Погано розчиняється у воді, добре — в органічних розчинниках. Тебуконазол не гідролізується в діапазоні рН 4—7 у воді за 20 °С більш як рік. Малотоксичний для теплокровних, ЛД₅₀ для білих пацюків становить 3,9—5,0 г/кг, III клас небезпеки. У кількості, що не перевищує рекомендовані норми витрат, препарат не токсичний для бджіл. Тебуконазол рівномірно розподіляється акропетально всередині листка рослини на тривалий період часу. Речовина за 1—2 год проникає в рослину, тому препарат залишається ефективним навіть у випадку можливого дощу після застосування, зберігає свою ефективність протягом кількох тижнів. Виробник фірма Bayer Crop Science AG (Німеччина) [9].

Рослини обробляли у фазу бутонізації за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків вранці 0,025 %-м водним розчином тебуконазолу. Щільність насаджень становила 70 000 рослин на гектар. Розміщення ділянок рендомізоване, площа ділянок 10 м², повторність досліду п'ятиразова.

Морфологічні показники (висоту рослин, товщину стебла, маси сирію і сухої речовини рослин, площу листків) визначали у середині кожної фази розвитку (формування плодів, дозрівання плодів, повної зрілості плодів). Визначали ценотичний показник — листковий індекс (ЛІ) як площу всіх листків на одиницю поверхні ґрунту.

Мезоструктурну організацію листка вивчали на фіксованому матеріалі у фазу повної зрілості плодів. Для фіксації застосовували суміш однакових частин етанолу, гліцерину і води з додаванням 1 % формаліну. Розміри клітин і тканин листка визначали за допомогою мікроскопа «Микмед-1» та окулярного мікрометра МОВ-1-15х. За мацерувальну суміш було обрано 5 %-й розчин оцтової кислоти в 2 М соляній кислоті. Аналізували листки одного віку та ярусу. Повторність мікроскопічних досліджень 20-разова.

Вміст фосфору визначали за утворенням фосфорно-молібденового комплексу, калію — полуменево-фотометричним методом, загального азоту — методом К'ельдаля. Вміст хлорофілів визначали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-16 [32].

Дані оброблено статистично за допомогою комп'ютерної програми «Statistica-6» (StatSoft Inc.). Достовірність різниці контрольних і дослідних показників оцінено за *t*-критерієм Стьюдента. В таблицях і на графіках наведено усереднені дані за три роки досліджень та стандартні похибки.

Результати та обговорення

Зміни морфогенезу рослин під впливом регуляторів росту можуть істотно позначатися на продукційному процесі сільськогосподарських культур. Зокрема цей вплив виявляється у зміні співвідношення активностей донорної та акцепторної сфер рослини [2]. Продуктивність фотосинтезу залежить від анатомо-морфологічних, мезоструктурних і фізіологічних особливостей листка, а на рівні ценозу — від загальної площі листової поверхні [1, 9]. У зв'язку з цим при вивченні впливу регуляторів росту важливо оцінити зміни цих показників, зокрема кількість, масу і площу листків рослини.

Отримані нами результати свідчать про істотний вплив тебуконазолу на швидкість ростових процесів і морфогенез рослин перцю солодкого (рис. 1). Застосування ретарданту приводило до зменшення висоти рослин порівняно з контрольним варіантом за одночасного потовщення їх стебла. Так, у варіанті з тебуконазолом товщина стебла становила $1,4 \pm 0,1$ см, у контролі — $1,1 \pm 0,1$ см.

Під впливом тебуконазолу збільшувалася кількість листків на рослині, зростали їх маса та загальна площа листової поверхні, що є важливим показником потенційної продуктивності рослин. Отже, застосування триазолопохідного ретарданту тебуконазолу стимулювало формування листового апарату рослин перцю солодкого. На це-

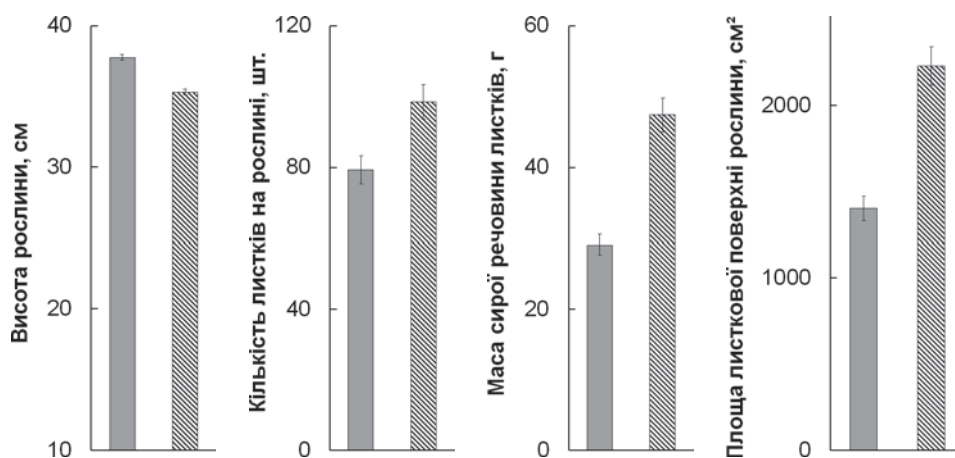


Рис. 1. Вплив тебуконазолу на висоту та формування листового апарату рослин перцю солодкого сорту Антей (фаза повної зрілості плодів)

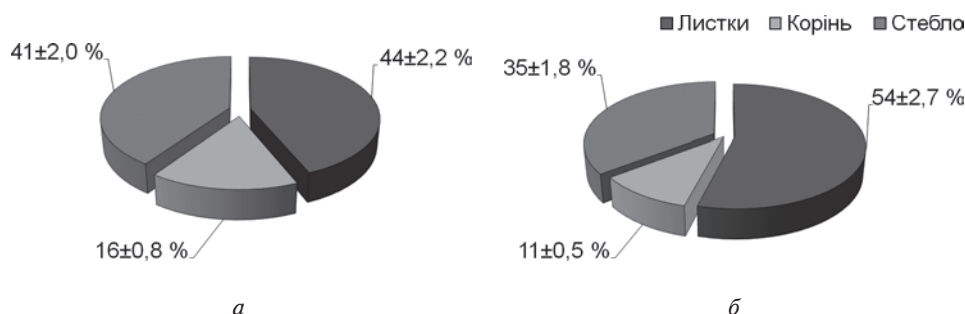


Рис. 2. Вплив тебуконазолу на співвідношення мас сухої речовини вегетативних органів рослини перцю солодкого у фазу повної зрілості плодів:

a — контрольний варіант; *б* — застосування тебуконазолу

нотичному рівні під впливом тебуконазолу зростав важливий показник продукційного процесу — листовий індекс. За дії препарату він становив $2,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у контрольному варіанті — $1,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Відомо, що обмеження лінійного росту рослини під впливом ретардантів сприяє накопиченню резерву асимілятів, які спрямовуються на ріст і формування плодів, насіння, коренеплодів [9, 15]. Згідно з отриманими результатами, за дії тебуконазолу зростала порівняно з контролем відносна частка маси листків у загальній масі вегетативних органів рослини перцю солодкого (рис. 2). Це означає, що формується потужніша донорна сфера рослини і ліпше забезпечуються процеси морфогенезу асимілятами під впливом препарату.

Результати вивчення анатомо-морфологічних змін перцю солодкого під впливом тебуконазолу доповнюють дані щодо мезоструктури листків, яка великою мірою визначає їх фотосинтетичну активність. Ми встановили, що під впливом ретарданту потовщувались листки, перш за все за рахунок основної фотосинтетичної тканини — хлоренхіми, а також за рахунок верхнього й нижнього епідермісу (таблиця). Відомо, що ключову роль у здійсненні фотосинтезу відіграє стовпчаста асиміляційна паренхіма. Отримані результати підтвердили, що у варіанті з тебуконазолом істотно зростав об'єм клітин цієї тканини. Достовірно збільшувались також розміри клітин губчастої паренхіми.

Показник питомої маси листка характеризує кількість структурних елементів, що припадають на одиницю його площі. Як видно з отриманих результатів, за дії тебуконазолу цей показник достовірно зростав. Аналогічні зміни у формуванні мезоструктури листків за впливу ретардантів різних типів встановлено на інших сільськогосподарських культурах [9, 14]. Тебуконазол також стимулював накопичення хлорофілів, що теж має сприяти посиленню фотосинтезу.

Очевидно, що наслідком саме змін мезоструктури листків за дії препарату стало зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу, який характеризує фотосинтетичну продуктивність одиниці площі листової поверхні рослини (див. таблицю). Оскільки за дії препарату зростає сумарна площа листової поверхні окремої рослини і фітоценозу, це свідчить про підвищення валової продуктивності

Вплив тебуконазолу на мезоструктурну організацію, вміст хлорофілів та чисту продуктивність фотосинтезу рослин перцю солодкого сорту Антей

Показник	Варіант досліду	
	Контроль	Тебуконазол
Товщина листка, мкм	263,72±13,18	353,92±17,69*
Товщина верхнього епідермісу, мкм	23,32±0,62	35,20±0,26*
Товщина хлоренхіми, мкм	216,48±1,68	282,31±5,58*
Товщина нижнього епідермісу, мкм	23,92±0,49	36,41±0,35*
Об'єм клітин стовпчастої паренхіми, мкм ³	19857,02±896,32	24366,09±787,69*
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	33,28±0,95	40,20±0,57*
Ширина клітин губчастої паренхіми, мкм	24,95±0,75	31,89±0,57*
Питома маса листка, мг/см ²	7,94±0,39	11,15±0,55*
Вміст суми хлорофілів (a+b), % маси сирової речовини	0,62±0,03	0,71±0,04*
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/(м ² · доба)	1,73±0,08	2,69±0,13*

*Різниця достовірна за $p \leq 0,05$.

фотосинтезу рослини і ценозу в цілому, а отже, створюються передумови для підвищення врожайності культури.

Загальновідомою є роль азоту у формуванні врожайності сільськогосподарських культур. Вивченням динаміки вмісту азоту у вегетативних органах перцю солодкого за дії тебуконазолу підтверджено, що застосування препарату істотно впливає на накопичення та реутилізацію елемента на потреби карпогенезу (рис. 3). Зокрема, у процесі дозрівання плодів зменшувався вміст азоту в листках, стеблах і коренях рослин як за дії препарату, так і в контрольному варіанті. Оскільки в онтогенезі інтенсивність росту листків уповільнюється, пояснити це процесами біорозбавляння неможливо. На нашу думку, це означає, що накопичений у листках азот використовується на процесі формування і росту плодів. Отримані результати відображають значні депонувальні потужності стебла і кореня рослин перцю солодкого. Протягом усього періоду вегетації в цих органах містилася значна частка азотовмісних сполук, а застосування тебуконазолу поліпшувало забезпечення азотом вегетативних органів.

Відомо, що фосфор і калій відіграють важливу роль у період формування плодів. Аналіз вмісту цих елементів у вегетативних органах рослин в онтогенезі перцю солодкого також свідчить про істотний вплив препарату на їх накопичення та перерозподіл між органами. Вміст фосфору зменшувався від фази формування плодів до фази зрілого плоду в листках, стеблах і коренях рослин контрольного і дослідного варіантів. У варіанті із застосуванням тебуконазолу вміст фосфору в органах був вищий. Аналогічним було накопичення та ви-

ДІЯ ТЕБУКОНАЗОЛУ

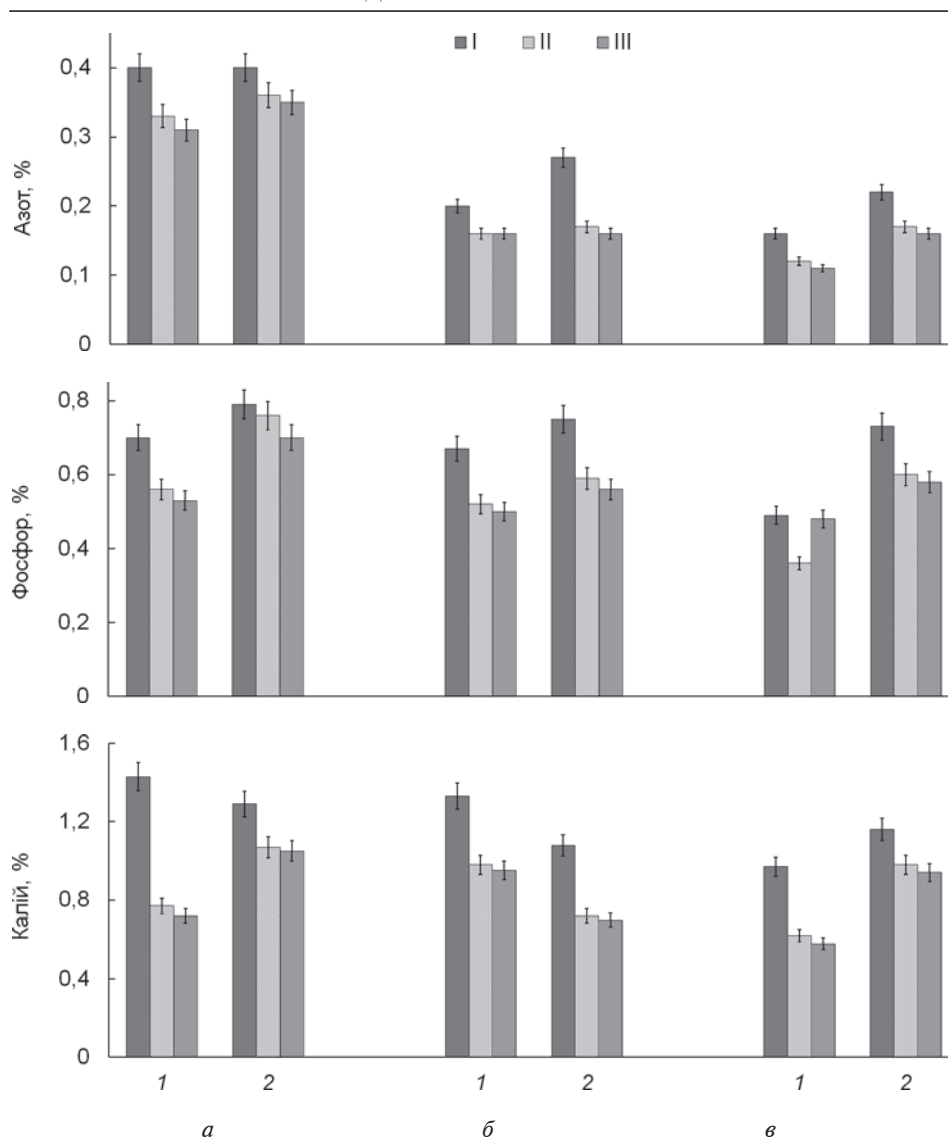


Рис. 3. Вплив тебуконазолу на динаміку вмісту азоту, фосфору і калію в листках (а), стеблі (б) і корені (в) рослин перцю солодкого сорту Антей у процесі карпогенезу (% маси сухої речовини):

1 — контрольний варіант; 2 — застосування тебуконазолу; I — фаза формування плодів; II — фаза дозрівання плодів; III — фаза повної зрілості плодів

користання калію. В листках, стеблах і коренях вміст елемента у фази дозрівання плодів та зрілого плоду зменшувався. На нашу думку, це також пов'язано з реутилізацією калію з вегетативних органів рослини на потреби росту плодів. При цьому за дії препарату вміст калію у вегетативних органах рослин перцю солодкого був вищий, ніж у рослин контрольного варіанта. Отже, застосування тебуконазолу сприяло інтенсивнішому накопиченню основних елементів живлення рослинами перцю солодкого.

Внаслідок перебудови мезоструктури листків, збільшення площі листової поверхні як окремої рослини, так і фітоценозу, підвищен-

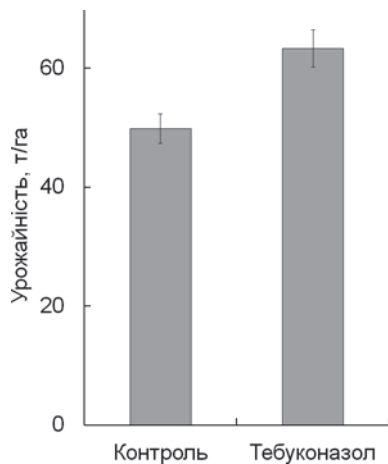


Рис. 4. Вплив тебуконазолу на врожайність перцю солодкого

ня показника чистої продуктивності фотосинтезу, а також стимуляції накопичення та реутилізації азоту, фосфору і калію до плодів під впливом ретарданту тебуконазолу врожайність культури зростає на 26 % (рис. 4).

Отже, застосування ретарданту тебуконазолу є ефективним засобом оптимізації продукційного процесу перцю солодкого. Обробка рослин перцю солодкого у фазу бутонізації 0,025 %-м розчином триазолопохідного ретарданту тебуконазолу забезпечувала зростання площі листової поверхні рослини та листового індексу, ліпший розвиток асиміляційної паренхіми внаслідок збільшення об'єму та лінійних розмірів її клітин, підвищення вмісту хлорофілів. Наслідком такої перебудови було зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу. Під впливом тебуконазолу інтенсивніше накопичувались азот, фосфор і калій вегетативними органами рослини. Оптимізація мезоструктури, посилення фотосинтетичної активності та накопичення елементів живлення сприяло зростанню врожайності культури.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Киризий Д.А., Стасик О.О., Прядкина Г.А., Шадчина Т.М. Фотосинтез. Ассимиляция CO_2 и механизмы ее регуляции. Т. 2. Киев: Логос, 2014. 478 с.
2. Kuryata V.G., Rogach V.V., Buina O.I., Kushnir O.V. Impact of gibberelic acid and tebuconazole on formation of the leaf system and functioning of donor-acceptor plant system of solanaceae vegetable crops. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. **8**(2). P. 162–168. <https://doi.org/10.15421/021726>
3. Poprotska I.V., Kuryata V.G. Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. **8**(1). P. 71–76. <https://doi.org/10.15421/021713>
4. Fagherassi A.F., Grimaldi F., Kretschmar A.A., Rufato L., Lucchi P., Maltoni M.L., Faedi W., Baruzzi G. Effects of GA_3 on vegetative growth in strawberry. *Acta Hort.* 2017. **1156**. P. 497–500. <https://doi.org/10.17660/Acta Hort. 2017.1156.73>
5. Kuryata V.G., Polyvanyi S.V. Formation and functioning of source-sink relation system of oil poppy plants under treptolem treatment towards crop productivity. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. **8**(1). P. 11–20.
6. Yu S.M., Lo S.F., Ho T.D. Source-sink communication: regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. *Trends in Plant Science*. 2015. **20**(12). P. 844–857. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.009>
7. Bonelli L.E., Monzon J.P., Cerrudo A., Rizzalli R.H., Andrade F.H. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research*. 2016. **198**. P. 215–225.
8. Poprotska I., Kuryata V., Khodanitska O., Polyvanyi S., Golunova L., Prysedsky Y. Effect of gibberellin and retardants on the germination of seeds with different types of reserve substances under the conditions of skoto- and photomorphogenesis. *Biologija*. 2019. **65**(4). P. 296–307.
9. Кур'ята В.Г., Попрощка І.В. Фізіолого-біохімічні основи застосування ретардантів в рослинництві. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. 98 с.

10. Rademacher W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annual Plant Reviews*. 2016. **49**. P. 359–403. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0541>
11. Hedden P., Thomas S.G. The gibberellins. John Wiley and Sons. 2016. <https://doi.org/10.1002/9781119210436>.
12. Macedo W.R., Araujo D.K., Santos V.M., Camargo G.M., Castroand P. R. Plant growth regulators on sweet sorghum: physiological and nutritional value analysis. *Comunicata Scientiae*. 2017. **8**(1). P. 170–175. <https://doi.org/10.14295/CS.v8i1.1315>
13. Kuryata V.G., Polyvaniy 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.
14. Рогач В.В., Попрощька І.В., Кур'ята В.Г. Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі. *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія, екологія*. 2016. **24**(2). С. 416–419. <https://doi.org/10.15421/011656>
15. Rogach V.V., Kravets O.O., Buina O.I., Kuryata V.G. Dynamic of accumulation and redistribution of various carbohydrate forms and nitrogen in organs of tomatoes under treatment with retardants. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. **9**(2). P. 293–299. <https://doi.org/10.15421/021843>
16. Zhang W., Xu F., Hua C., Cheng S. Effect of chlorocholine chloride on chlorophyll, photosynthesis, soluble sugar and flavonoids of *Ginkgo biloba*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2013. **41**(1). P. 97–103. <https://doi.org/10.15835/nbha4118294>
17. Yan Y., Wan Y., Liu W., Wang X., Yong T., Yang W. Influence of seed treatment with uniconazole powder on soybean growth, photosynthesis, dry matter accumulation after flowering and yield in relay strip intercropping system. *Plant Production Science*. 2015. **18**(3). P. 295–301. <https://doi.org/10.1626/ppls.18.295>
18. Sousa Lima G.M., Pereira M.C.T., Oliveira M.B., Nietsche S., Mizobutsi G.P., Filho W.M. Floral induction management in 'Palmer' mango using uniconazole. *Ciencia Rural*. 2016. **46**(8). P. 1350–1356. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150940>
19. Carvalho M.E.A., Castro C.P.R., Castro F.M.V., Mendes A.C.C. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower. *Comunicata Scientiae*. 2016. **7**(1). P. 154–164. <https://doi.org/10.14295/CS.v7i1.1286>
20. Koutroubas S.D., Damalas C.A. Morpho-physiological responses of sunflower to foliar applications of chlormequatchloride (CCC). *Bioscience Journal*. 2016. **32**(6). P. 1493–1501. <https://doi.org/10.14393/BJ-v32n6a2016-33007>
21. Pavlista A.D. Influence of foliar-applied growth retardants on russet burbank potato tuber production. *Amer. Journal Potato*. 2013. **90**. P. 395–401. <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9307-2>
22. Kumar S., Ghattay S., Satyanarayana J., 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**. P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-137>
23. Matysiak K., Kaczmarek S. Effect of chlorocholine chloride and triazoles — tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) in response to the application term and sowing density. *Journal of Plant Protection Research*. 2013. **53**(1). P. 79–88. <https://doi.org/10.2478/jppr-2013-0012>
24. Peng D., Chen X., Yin Y., Lu K., Yang W., Tang Y., Wang Z. Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid. *Field Crops Research*. 2014. **157**. P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.015>
25. Yang L., Yang D., Yan X., Cui L., Wang Z., Yuan H. The role of gibberellins in improving the resistance of tebuconazole-coated maize seeds to chilling stress by microencapsulation. *Scientific Reports*. 2016. **60**. P. 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep35447>
26. Tae-Yun K., Jung-Hee H. Effects of hexaconazole on growth and antioxidant potential of cucumber seedlings under UV-B radiation. *Environmental Sciences*. 2012. **21**(12). P. 1435–1447. <https://doi.org/10.5322/JES.2012.21.12.1435>
27. Kuryata V.G., Poprotska І.В., Rogach Т.І. The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. **8**(3). P. 317–322. <https://doi.org/10.15421/021726>
28. Panyapruerk S., Sinsiri W., Sinsiri N., Arimatsu P., Polthanee A. Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta*

- Crantz). *Asian Journal of Plant Sciences*. 2016. **15**(1-2). P. 1–7. <https://doi.org/10.3923/ajps.2016.1.7>
29. Pobudkiewicz A. Influence of growth retardant on growth and development of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Agrobotanica*. 2014. **67**(3). P. 65–74. <https://doi.org/10.5586/aa.2014.030>
30. Yan W., Yanhong Y., Wenyu Y., Taiwen Y., Weiguo L., Wang X. Responses of root growth and nitrogen transfer metabolism to uniconazole, a growth retardant, during the seedling stage of soybean under relay strip. *Communications in Soil Science and Plant Analysis Intercropping System*. 2013. **44**(22). P. 3267–3280. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.840838>
31. Wang Y., Gu W., Xie T., Li L., Sun Y., Zhang H., Li J., Wei S. Mixed Compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and up-regulating photosynthetic capacity and antioxidants. *PLoS One*. 2016. **1**. P. 25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149404>
32. Official Methods of Analysis of Association of Analytical Chemist (AOAC) International. Rev. 3. Gaithersburg, Maryland, USA, 2016. P. 3172.

Отримано 21.04.2020

REFERENCES

1. Kiriziy, D.A., Stasik, O.O., Pryadkina, G.A. & Shadchina, T.M. (2014). Photosynthesis (Vol. 2) Assimilation of CO₂ and the mechanisms of its regulation. Kyiv: Logos [in Russian].
2. Kuryata, V.G., Rogach, V.V., Buina, O.I. & Kushnir, O.V. (2017). Impact of gibberelic acid and tebuconazole on formation of the leaf system and functioning of donor — acceptor plant system of solanaceae vegetable crops. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(2), pp. 162-168. <https://doi.org/10.15421/021726>
3. Poprotska, I.V. & Kuryata, V.G. (2017). Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(1), pp. 71-76. <https://doi.org/10.15421/021713>
4. Fagherassi, A.F., Grimaldi, F., Kretzschmar, A.A., Rufato, L., Lucchi, P., Maltoni, M.L., Faedi, W. & Baruzzi, G. (2017). Effects of GA₃ on vegetative growth in strawberry. *Acta Horti*, 1156, pp. 497-500. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.73>
5. Kuryata, V.G. & Polyvanyi, S.V. (2018). Formation and functioning of source-sink relation system of oil poppy plants under treptolem treatment towards crop productivity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), pp. 11-20.
6. Yu, S.M., Lo, S.F. & Ho, T.D. (2015). Source-sink communication: regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. *Trends in Plant Science*, 20(12), pp. 844-857. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.009>
7. Bonelli, L.E., Monzon, J.P., Cerrudo, A., Rizzalli, R.H. & Andrade, F.H. (2016). Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research*, 198, pp. 215-225.
8. Poprotska, I., Kuryata, V., Khodanitska, O., Polyvanyi, S., Golunova, L. & Prysedsky, Y. (2019). Effect of gibberellin and retardants on the germination of seeds with different types of reserve substances under the conditions of skoto- and photomorphogenesis. *Biologija*, 65(4), pp. 296-307.
9. Kuryata, V.G. & Poprotska, I.V. (2019). Physiological and biochemical basics of application of retardants in plant growing. Vinnitsa: Tvory [in Ukrainian].
10. Rademacher, W. (2016). Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annual Plant Reviews*, 49, pp. 359-403. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0541>
11. Hedden, P. & Thomas, S.G. (2016). The gibberellins. John Wiley and Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119210436>
12. Macedo, W.R., Araujo, D.K., Santos, V.M., Camargo, G.M. & Castroand, P.R. (2017). Plant growth regulators on sweet sorghum: physiological and nutritional value analysis. *Comunicata Scientiae*, 8(1), pp. 170-175. <https://doi.org/10.14295/CS.v8i1.1315>

13. Kuryata, V.G. & 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), pp. 165-174.
14. Rogach, V.V., Poprotska, I.V. & Kuryata, V.G. (2016). Effect of gibberellin and retardants on morphogenesis, photosynthetic apparatus and productivity of the potato. *Visnik Dnipropetrovsk University. Seria Biology. Ekology*, 24(2), pp. 416-419 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/011656>
15. Rogach, V.V., Kravets, O.O., Buina, O.I. & Kuryata, V.G. (2018). Dynamic of accumulation and redistribution of various carbohydrate forms and nitrogen in organs of tomatoes under treatment with retardants. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(2), pp. 293-299. <https://doi.org/10.15421/021843>
16. Zhang, W., Xu, F., Hua, C. & Cheng, S. (2013). Effect of chlorocholine chloride on chlorophyll, photosynthesis, soluble sugar and flavonoids of Ginkgo biloba. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), pp. 97-103. <https://doi.org/10.15835/nbha4118294>
17. Yan, Y., Wan, Y., Liu, W., Wang, X., Yong, T. & Yang, W. (2015). Influence of seed treatment with uniconazole powder on soybean growth, photosynthesis, dry matter accumulation after flowering and yield in relay strip intercropping system. *Plant Production Science*, 18(3), pp. 295-301. <https://doi.org/10.1626/ppls.18.295>
18. Sousa Lima, G.M., Pereira, M.C.T., Oliveira, M.B., Nietsche, S., Mizobutsi, G.P. & Filho, W.M. (2016). Floral induction management in 'Palmer' mango using uniconazole. *Ciencia Rural*, 46(8), pp. 1350-1356. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150940>
19. Carvalho, M.E.A., Castro, C.P.R., Castro F.M.V. & Mendes A.C.C. (2016). Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower. *Comunicata Scientiae*, 7 (1), pp. 154-164. <https://doi.org/10.14295/CS.v7i1.1286>
20. Koutroubas, S.D. & Damalas, C.A. (2016). Morpho-physiological responses of sunflower to foliar applications of chlormequatchloride (CCC). *Bioscience Journal*, 32(6), pp. 1493-1501. <https://doi.org/10.14393/BJ-v32n6a2016-33007>
21. Pavlista, A.D. (2013). Influence of foliar-applied growth retardants on russet burbank potato tuber production. *Amer. Journal Potato*, 90, pp. 395-401. <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9307-2>
22. Kumar, S., Ghatty, S., Satyanarayana, J. & 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, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-137>
23. Matysiak, K. & Kaczmarek, S. (2013). Effect of chlorocholine chloride and triazoles — tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) in response to the application term and sowing density. *Journal of Plant Protection Research*, 53(1), pp. 79-88. <https://doi.org/10.2478/jppr-2013-0012>
24. Peng, D., Chen, X., Yin, Y., Lu, K., Yang, W., Tang, Y. & Wang, Z. (2014). Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid. *Field Crops Research*, 157, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.015>
25. Yang, L., Yang, D., Yan, X., Cui, L., Wang, Z. & Yuan, H. (2016). The role of gibberellins in improving the resistance of tebuconazole-coated maize seeds to chilling stress by microencapsulation. *Scientific Reports*, 60, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1038/srep35447>
26. Tae-Yun, K. & Jung-Hee, H. (2012). Effects of hexaconazole on growth and antioxidant potential of cucumber seedlings under UV-B radiation. *Environmental Sciences*, 21(12), pp. 1435-1447. <https://doi.org/10.5322/JES.2012.21.12.1435>
27. Kuryata, V.G., Poprotska, I.V. & Rogach, T.Ī. (2017). The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(3), pp. 317-322. <https://doi.org/10.15421/021726>
28. Panyapruek, S., Sinsiri, W., Sinsiri, N., Arimatsu, P. & Polthanee, A. (2016). Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Asian Journal of Plant Sciences*, 15(1-2), pp. 1-7. <https://doi.org/10.3923/ajps.2016.1.7>
29. Pobudkiewicz, A. (2014). Influence of growth retardant on growth and development of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Agrobotanica*, 67(3), pp. 65-74. <https://doi.org/10.5586/aa.2014.030>

30. Yan, W., Yanhong, Y., Wenyu, Y., Taiwen, Y., Weiguo, L. & Wang, X. (2013). Responses of root growth and nitrogen transfer metabolism to uniconazole, a growth retardant, during the seedling stage of soybean under relay strip. *Communications in Soil Science and Plant Analysis Intercropping System*, 44(22), pp. 3267-3280. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.840838>
31. Wang, Y., Gu, W., Xie, T., Li, L., Sun, Y., Zhang, H., Li, J. & Wei, S. (2016). Mixed Compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and up-regulating photosynthetic capacity and antioxidants. *PLoS One*, 1, p. 25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149404>
32. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International (2016). Rev. 3. Gaithersburg, Maryland, USA, p. 3172.

Received 21.04.2020

INFLUENCE OF TEBUCONAZOLE ON LEAF APPARATUS FORMATION, ACCUMULATION AND REDISTRIBUTION OF NUTRIENTS IN RELATION WITH SWEET PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM* L.) CROP PRODUCTIVITY

V.G. Kuryata, O.V. Kushnir, I.V. Poprotska, O.O. Kravets

Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsya State Pedagogical University
32 Ostrozhsky St., Vinnytsya, 21001, Ukraine
e-mail: vgk2006@ukr.net

In the field experiment, it was studied the influence of triazole retardant tebuconazole on the morphogenesis, leaf formation, leaf mesostructure, peculiarities of nutrients — nitrogen, phosphorus and potassium — accumulation and redistribution between the vegetative organs of the plant in relation with sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) crop productivity. It was found that treatment of sweet pepper at the budding stage with 0,025 % tebuconazole reduced the linear growth by 21 %, thickened the stem by 27 %, increased leaves total number (by 20 %) and weight (by 50 %), increased leaf surface area (by 53 %). Relative proportion of leaf weight increased under the influence of tebuconazole. The retardant application resulted in mesostructure optimization, leaf specific weight increase, enhance the assimilative parenchyma development due to increase in the volume and linear cell size of columnar and spongy parenchyma, and increased the chlorophyll content. The consequence of this changes was an increased of net photosynthetic productivity. The plant total leaf area and the leaf area index increased under tebuconazole treatment that affected to enhance the plant gross photosynthesis and census productivity in general. It is an important factor for increasing the sweet pepper yield. The obtained results suggest a significant storage capacity of other vegetative organs — stems and roots of sweet pepper plants, which accumulated a significant amount of nitrogen-containing compounds, phosphorus and potassium. The tebuconazole treatment enhanced the accumulation of those elements by plant. The yield of sweet pepper increased by 26 % under tebuconazole treatment due to formation of more powerful leaf apparatus, leaf mesostructure optimization, increase of chlorophyll content and nutrients accumulation.

Key words: *Capsicum annuum* L., sweet pepper, tebuconazole, morphogenesis, leaf mesostructure, mineral nutrients, productivity.