

УДК 581.14:541.144

ОСОБЛИВОСТІ НАДХОДЖЕННЯ І ПЕРЕРОЗПОДІЛУ НЕСТРУКТУРНИХ ВУГЛЕВОДІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ МІЖ ОРГАНАМИ РОСЛИН ТОМАТІВ ЗА ДІЇ ФОЛІКУРУ

Кур'ята В. Г., Кравець О. О.

Особливості надходження і перерозподілу неструктурних вуглеводів та елементів живлення між органами рослин томатів за дії фолікуру.- Кур'ята В.Г., Кравець О.О.- В умовах польового досліду за результатами трирічних досліджень встановлено динаміку накопичення та перерозподілу різних форм цукрів, крохмалю, азоту, фосфору і калію між вегетативними органами і плодами томатів сорту Солероссо за дії триазолохідного препарату фолікуру. З'ясовано, що застосування препарату суттєво змінює співвідношення між донорною і акцепторною сферами рослин, сприяє посиленню транспорту та реутилізації неструктурних вуглеводів, азотовмісних сполук та елементів живлення з вегетативних органів до плодів, наслідком чого є підвищення урожайності культури томатів.

Ключові слова: томати (*Lycopersicon esculentum* L.), фолікур, донорно-акцепторна система, вуглеводи, елементи живлення, продуктивність

Адреса: Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, Вінниця, 21100 Україна, e-mail: kravets07041992@gmail.com

Features of accumulation and redistribution of nonstructural carbohydrates and nutrition elements between organs of tomato plants under folicular treatment.- Kuryata V.G., Kravets O.O.- It has been established the dynamics of accumulation and redistribution of various forms of sugars, starch, nitrogen, phosphorus and potassium between vegetative organs and fruits of tomatoes sv. Solerosso under the action of triazole derivative drug folicur, in the conditions of field experiment, based on the results of three years of research. It was found that application of drug significantly led to change the correlation between donor and acceptor spheres of plants, promote the transport and reutilization of carbohydrates, nitrogen-containing compounds and nutrients from vegetative organs to the fruits, that increase the yield of tomato culture.

Key words: tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), folicur, "source-sink" relations, carbohydrates, nutrition elements, productivity.

Address: Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsiubynsky, 32, Ostrozkooho str., Vinnytsia, 21100 Ukraine, e-mail: kravets07041992@gmail.com

Вступ

В сучасній фізіології рослин регуляція донорно-акцепторних відносин (концепції "source-sink") розглядається як найбільш високий рівень у ієрархії процесів, що забезпечують функціонування рослини як цілісної системи (Киризи́й та ін. 2014; Bonelli et al. 2016). Регуляція цих відносин, як системи перерозподілу асимілятів між органами і тканинами рослини в процесі онтогенезу, може здійснюватися на різних рівнях організації рослинного організму за участі різних регуляторних механізмів (Малюване 2003; Ljung et al. 2015; Yu et al. 2015). Ця концепція застосовується для аналізу як гетеротрофної фази росту (проростання насіння за умов ското- і фотоморфогенезу, за дії різних груп регуляторів росту та абіотичних факторів

середовища (Poprotska, Kuryata 2017), так і при аналізі співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і росту, де перші виступають в якості основного донора, а другі – в якості акцептора асимілятів (Кур'ята 2009; Кур'ята, Поливаний 2015). Основні закономірності функціонування донорно-акцепторних відносин вивчаються, в основному, при аналізі співвідношення інтенсивності процесів росту і фотосинтезу, де процеси росту виступають в якості основного акцептора, а фотосинтез – в якості донора асимілятів (Кур'ята, Поливаний 2015; Рогач, Рогач 2015). Під асимілятами мають на увазі різні сполуки асимільованого рослиною у процесі фотосинтезу вуглецю, в першу чергу транспортні та запасні форми вуглеводів, які є основою енергетичних і метаболічних процесів, а

також "будівельним матеріалом" у процесах росту і розвитку на всіх рівнях організації рослинного організму (Киризий та ін. 2014). Відомо також, що запасні речовини різних типів відіграють роль буферу між фотосинтезом як "джерелом" асимілятів і ростом структурної речовини вегетативних, запасуючих і репродуктивних органів як "стоком" асимілятів, що і визначає до певної міри незалежність ростових процесів від фотосинтезу (Прядкіна та ін. 2016). При цьому особливості проміжного депонування асимілятів у вегетативних органах рослини як додаткового резерву, який використовується разом з новоутвореними формами неструктурних вуглеводів в процесах росту плодів вивчені недостатньо. Маловивченим є питання тимчасового депонування у вегетативних органах і тканинах рослини елементів мінерального живлення і можливостей наступної реутилізації цих елементів до акцепторних зон – плодів, насіння, кореневищ та інших органів запасу.

Одним із найпотужніших акцепторів продуктів фотосинтезу є зони росту рослини та процеси формування і росту плодів (карпогенез) (Кур'ята 2009). Збільшення кількості плодів призводить до підвищення атрагувальної здатності цих зон, і відповідний перерозподіл потоків асимілятів з вегетативного росту на формування і ріст плодів. Такого ефекту можна досягти обрізкою плодоносних пагонів, видаленням жируючих пагонів та ін. Однак це вимагає значних фізичних витрат і є економічно недоцільним. Для зміни інтенсивності росту окремих органів (а значить і їх акцепторного потенціалу) широко застосовується обробка екзогенними гормонами і регуляторами росту, що дозволяє моделювати різний ступінь напруження в системі "донор-акцептор" (Малюване та ін. 2003; Matysiak, Kaczmarek 2013; Pobudkiewicz 2014). Пізнання шляхів і механізмів функціонування та регуляції активності цієї системи, зокрема шляхом штучного перерозподілу продуктів фотосинтезу до плодів, коренеплодів, інших органів запасу під впливом фітогормонів та різних груп синтетичних регуляторів росту відкриває нові можливості для оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських культур.

Відомо, що застосування ретардантів – синтетичних препаратів з антигібереліновим механізмом дії, призводить до уповільнення лінійного росту, при цьому часто відбувається підвищення урожайності сільськогосподарських культур (Гуляев та ін. 2007; Икрина, Колбин 2005; Шерстобоева, Чабанюк 2014; Kasem, Abd El-Baset 2015). При цьому вплив цієї групи регуляторів росту на морфологічні і фізіологічні особливості функціонування донорно-акцепторної системи вивчено недостатньо. В

з'язку з цим метою даного дослідження було з'ясувати особливості морфогенезу, накопичення та перерозподілу неструктурних вуглеводів, азотовмісних сполук, фосфору і калію у рослин томатів за дії антигіберелінового препарату фолікуру.

Матеріал і методи дослідження

Роботу проведено з триазолпохідним препаратом фолікуром (виробництва Китаю).

Діюча речовина: тебуконазол – 4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ілметил)-1-п-хлорфенілпентан-3-ол.

Мікропольові досліди проводили у спеціалізованому господарстві ФГ «Сольський» Вінницького р-ну Вінницької обл. у 2015-2017 р.р. на насадженнях рослин високоурожайного ультрараннього детермінантного гібриду голандської селекції Солероссо. Площа облікової ділянки – 10 м², повторність п'ятикратна, ділянки розміщені рендомізовано. Обробка здійснювалась за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2 0,025%-им фолікуром одноразово у фазу бутонізації до повного змочування листків. Контрольні рослини обробляли водопровідною водою.

Фітометричні показники (висота рослин, маси сухої та сирої речовини органів та рослини в цілому) визначали на 20 рослинах через кожні 10 днів у кожен фазу розвитку (Починок 1976). Для визначення мас сухої речовини органів рослини розчленовували, фіксували рідким азотом, сушили 2 години при 105⁰ С, досушували на повітрі до повітряно-сухого стану.

У рослин бурого ступеню стиглості плоду визначали масу сухої речовини цілої рослини, співвідношення мас окремих органів рослини – кореня, стебла, листків та плоду. На початку фази плодоношення (два тижні після обробки), на етапах зеленої та бурої стиглості плодів томатів проводили кількісне визначення різних форм цукрів та крохмалю у вегетативних органах йодометричним методом, вміст загального азоту – за Кельдалем, фосфору – за утворенням «жовтого комплексу» з залізо-молібдатом амонію, калію – полум'яно-фотометричним методом (Починок 1976). Відбір проб для аналізу здійснювали в середині дня. В таблицях і на графіках представлені середні результати за роки досліджень.

Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою комп'ютерної програми "Statistica-6". У таблицях і на рисунках наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки (Икрина, Колбин 2005).

Результати дослідження

Отримані результати дослідження свідчать,

що препарат фолікур здійснює суттєвий вплив на лінійний ріст та морфогенез рослин томатів. В попередній роботі нами було показано, що на стадії дозрівання плодів за дії фолікуру висота рослин достовірно зменшувалася проти контролю, зростала загальна маса рослини та маса сирі величини листків, закладалася більша кількість плодів, наслідком чого було зростання урожайності (Kuryata, Kravets 2017). Урожай з одного куща томатів за дії фолікуру становив $2,08 \pm 0,06$ кг проти $1,61 \pm 0,04$ кг в контролі.

Отже, за дії ретарданту зростає донорний потенціал рослини внаслідок збільшення маси листків та листової поверхні, покращення мезоструктурної організації листка створювалися передумови для підвищення урожайності культури.

Концепцією функціонування донорно-акцепторної системи (Кур'ята 2009; Киризий та ін. 2014) передбачається, що активізація фотосинтетичних процесів значною мірою визначається «запитом» на асиміляти з боку акцептора. Отримані нами результати дослідження свідчать, що ємність акцепторної зони за дії фолікуру зростала (рис. 1). При практично незмінній масовій частці листя і

зменшенні частки стебла і кореня відбувалося підвищення масової частки плодів. Такі зміни додатково стимулюють активність фотосинтетичного апарату і посилюють транспорт асимілятів для формування плоду.

Відомо, що частина асимілятів може тимчасово депонуватися в органах запасу з наступною реутилізацією на процеси карпогенезу (Прядкіна та ін. 2016). Разом з тим, депонувальні можливості вегетативних органів рослини за дії регуляторів росту вивчені недостатньо. На нашу думку, для оцінки депонувальної потужності вегетативних органів в контролі та за дії фолікуру доцільним є визначення динаміки та співвідношення вмісту неструктурних вуглеводів по органах рослини на різних етапах формування плоду. Отримані нами результати свідчать, що в період росту плоду внаслідок формування більш потужної донорної активності листового апарату у вегетативних органах рослини – корені, стеблі та листках вміст суми неструктурних вуглеводів (цукри + крохмаль) був більш високим, ніж у контролі (табл. 1). Це свідчить про більш високі депонувальні можливості стебла рослин дослідного варіанту.

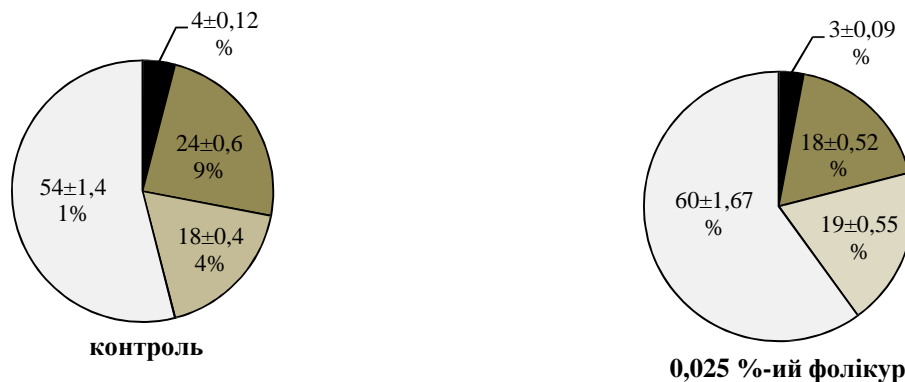


Рис. 1. Вплив фолікуру на розподіл мас сухої речовини плодів і вегетативних органів у фазу плодоношення:

□ – плоди, □ – листки, □ – стебло, □ – корінь.

Нами встановлено, що в стеблі у час формування плоду концентрація сахарози була стабільно вищою, ніж у листках, що підтверджує транспортну функцію цього цукру. При цьому вміст сахарози у вегетативних органах в період найбільш інтенсивного росту плодів за дії фолікуру був суттєво вищим ніж у контролі, у наступні етапи розвитку плодів різниця між варіантами досліджу нівелювалася. Оскільки сахароза - основна транспортна форма цукрів в рослині, на нашу думку це є свідченням більшої

напруженості транспорту вуглеводів до плодів за дії препарату на ранніх етапах розвитку плоду. На момент завершення росту плодів (бура ступінь стиглості) вміст цукрів і крохмалю у вегетативних органах суттєво зменшується. На нашу думку це пояснюється зменшенням запиту на асиміляти внаслідок припинення росту плодів і переходом їх до повного визрівання.

Аналіз динаміки вмісту загального азоту у вегетативних органах томатів контрольного варіанту досліджу свідчить про поступове його

зменшення на протязі всього періоду росту плодів. На нашу думку таке зменшення вмісту елементу не можна пояснити біорозбавленням, оскільки у період росту і формування плодів вегетативний ріст томатів суттєво уповільнюється. В зв'язку з цим такі зміни у вмісті елементу визначаються, на нашу думку,

відтоком азотовмісних сполук на потреби карпогенезу. При цьому основним донором азоту у рослин контролю виступали листки. За дії фолікуру більш інтенсивний відток елементу відбувався на перших етапах формування плодів, причому сильніше у порівнянні з контролем – з кореня та стебла (рис. 2).

Таблиця 1. Вплив 0,025%-ого фолікуру на динаміку вмісту вуглеводів у вегетативних органах рослин томатів у фазу плодоношення плодів (% на масу сухої речовини, середні значення за 2015-2017 рр.)

Період вегетації	Орган рослини	Сума вуглеводів		Сума цукрів		Відновлюючі цукри		Сахароза		Крохмаль	
		Контроль	Фолікур	Контроль	Фолікур	Контроль	Фолікур	Контроль	Фолікур	Контроль	Фолікур
Стадія формування плодів	Корінь	6,14±0,11	9,93±0,18*	4,67±0,08	7,18±0,14*	3,12±0,04	5,32±0,09*	1,48±0,02	1,78±0,01*	1,47±0,03	2,75±0,04*
	Стебло	8,07±0,14	11,95±0,16*	6,73±0,12	9,79±0,11*	4,99±0,09	7,25±0,13*	1,68±0,02	2,71±0,03*	1,34±0,02	2,16±0,05*
	Листя	6,74±0,21	9,84±0,31*	2,79±0,09	3,95±0,12*	1,86±0,04	2,41±0,03*	0,89±0,02	1,59±0,02*	3,95±0,11	5,89±0,18*
Стадія плодоношення (зелена ступінь стиглості)	Корінь	6,81±0,15	9,38±0,25*	4,28±0,12	5,03±0,12*	2,29±0,04	3,43±0,07*	1,88±0,01	1,52±0,02*	2,53±0,03	4,35±0,13*
	Стебло	9,13±0,26	10,47±0,27	6,67±0,19	7,05±0,18	4,24±0,09	4,93±0,16*	2,32±0,02	2,13±0,09	2,46±0,07	3,42±0,09*
	Листя	7,01±0,21	10,24±0,29*	2,73±0,08	2,57±0,08	1,96±0,04	1,81±0,05*	0,79±0,02	0,82±0,02	4,28±0,12	7,67±0,21*
Стадія плодоношення (бура ступінь стиглості)	Корінь	4,39±0,12	4,95±0,11*	3,03±0,08	3,12±0,08	1,71±0,02	2,29±0,03*	0,87±0,01	0,79±0,01*	1,36±0,04	1,83±0,02*
	Стебло	6,88±0,14	9,53±0,21*	5,27±0,11	6,42±0,21*	3,64±0,02	4,87±0,09*	1,55±0,01	1,64±0,04*	1,61±0,03	3,11±0,07*
	Листя	5,82±0,21	7,47±0,19*	2,41±0,08	2,74±0,04*	1,94±0,06	2,32±0,05*	0,47±0,01	0,39±0,01*	3,41±0,12	4,73±0,15*

Примітка: * - різниця достовірна при $P \leq 0,05$

На етапі бурі стиглості плоду різниця з початковим етапом формування плодів у рослин дослідного варіанту нівелювалася, а у коренях вміст азоту навіть зростав, очевидно за рахунок надходження «свіжого» азоту (рис. 2).

Вивчення динаміки вмісту іншого важливого елементу живлення – фосфору свідчить про поступове зменшення його концентрації у вегетативних органах рослин на протязі періоду росту і формування плодів томатів, що при відсутності інтенсивного росту вегетативних органів в цей період пояснюється реутилізацією сполук фосфору на потреби карпогенезу (табл. 2). При цьому більш низький вміст елементу у вегетативних органах рослин

дослідного варіанту на протязі всього періоду формування плодів пов'язаний, очевидно, з біорозбавленням – маса рослин, оброблених фолікуром була більшою (Kuryata, Kravets 2017). При цьому відносний вміст фосфору більш інтенсивно зменшувався у варіанті із застосуванням фолікуру. Так, за весь період формування плодів (від початку формування плодів до стадії бурого плоду) вміст елементу зменшився у коренях, стеблах і листках рослин дослідного варіанту відповідно на 19,1%, 24,3% та 10,9% проти 12,3%, 20,7% та 1,5% контролю. Це свідчить про більш активну реутилізацію елементу за дії фолікуру.

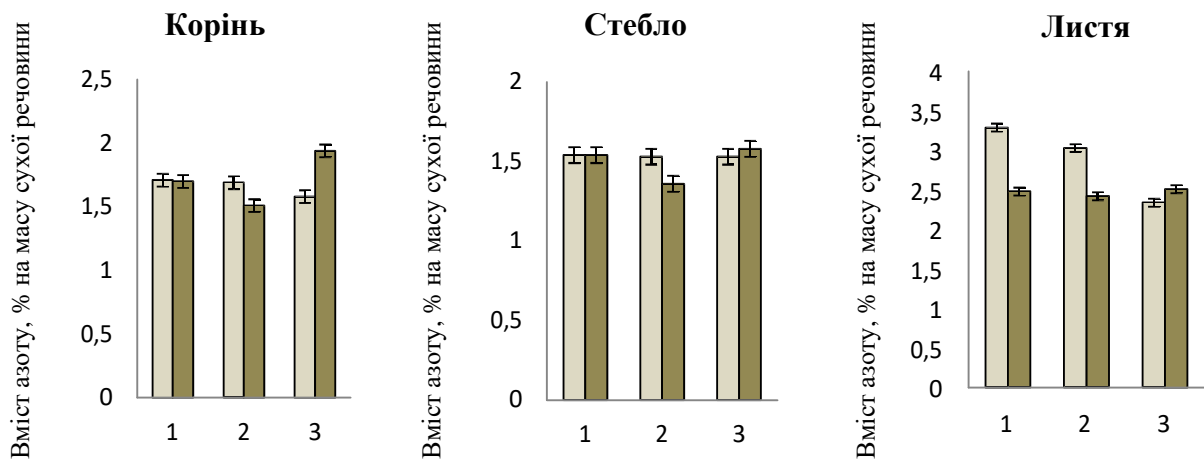


Рис. 2. Вплив фолікуру на вміст загального азоту у вегетативних органах томатів у фазу дозрівання плоду: 1 – стадія формування плодів, 2 – стадія плодоношення (зелена ступінь стиглості), 3 – стадія плодоношення (бура ступінь стиглості). □ - контроль, ■ - 0,025 %-ий фолікур

Таблиця 2. Вплив фолікуру на вміст калію та фосфору у вегетативних органах томатів в період вегетації (г/кг маси сухої речовини, середні значення за 2015-2017 рр.)

Стадія вегетації	Орган рослини	Вміст фосфору, г/кг на масу сухої речовини		Вміст калію, г/кг на масу сухої речовини	
		Контроль	Фолікур	Контроль	Фолікур
Стадія формування плодів	корінь	3,91±0,03	3,56±0,08*	20,27±0,32	20,21±0,14
	стебло	4,39±0,09	3,49±0,05*	27,76±0,63	23,03±0,25*
	листя	3,93±0,02	3,55±0,07*	14,31±0,16	13,11±0,12*
Стадія плодоношення (зелена ступінь стиглості)	корінь	3,59±0,09	3,27±0,05*	16,31±0,16	18,22±0,25*
	стебло	3,76±0,07	3,54±0,07*	21,01±0,25	20,31±0,15*
	листя	4,19±0,13	3,29±0,05*	11,67±0,08	9,82±0,19*
Стадія плодоношення (бура ступінь стиглості)	корінь	3,43±0,07	2,88±0,04*	17,14±0,27	19,29±0,25*
	стебло	3,48±0,06	2,64±0,05*	14,72±0,16	12,52±0,16*
	листя	3,87±0,06	3,16±0,07*	12,52±0,13	17,29±0,24*

Примітка: позначення див. табл. 1.

Відомо, що калій відіграє велику роль у стимуляції великої кількості ферментних систем і транспортних процесів рослини. На початок формування плодів вміст калію був нижчим в органах дослідного варіанту, що теж пояснюється більшим біорозбавленням елемента (табл. 2). У

період інтенсивного росту плодів (стадія формування плодів – зелена ступінь стиглості плоду) вміст калію зменшувався у тканинах кореня, стебла і листків рослин як контрольного, так і дослідного варіантів. При цьому не відмічалось посилення відтоку елемента з

вегетативних органів на потреби карпогенезу під впливом ретарданту. Можливо, це пов'язано з високим вмістом калію в тканинах рослини і меншою участю його у процесах формування плодів. На етапі бурого ступеню стиглості плоду вміст калію в стеблі продовжував зменшуватися, однак одночасно зростав вміст калію у листках і коренях, особливо рослин дослідного варіанту. На нашу думку це свідчить про більш раннє припинення транспорту калію до плодів у рослин,

оброблених фолікуром.

Отже, застосування ретарданту фолікуру суттєво змінює співвідношення між донорною і акцепторною сферами рослин, сприяє посиленню транспорту та реутилізації неструктурних вуглеводів, азотовмісних сполук та елементів живлення з вегетативних органів до плодів, наслідком чого є підвищення урожайності культури томатів.

- ГУЛЯЄВ, Б.І., КАРЛОВА, А.Б., КІРІЗІЙ, Д.А. (2007). Вплив хлормекватхлориду та естерону на засвоєння цукровим буряком елементів мінерального живлення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*, 39(5), 401–408.
- ИКРИНА, М.А., КОЛБИН, А.М. (2005). *Регуляторы роста и развития растений*. Химия, Москва, 471 с.
- КИРИЗИЙ, Д.А., СТАСИК, О.О., ПРЯДКИНА, Г.А., ШАДШИНА, Т.М. (2014). *Фотосинтез. Ассимиляция CO₂ и механизмы ее регуляции*. Логос, Киев, Том 2, 478 с.
- КУР'ЯТА, В.Г. (2009). Ретарданты – модификатори гормонального статусу рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. Логос, Київ, Том 1, 565 – 589.
- КУР'ЯТА, В.Г., ПОЛИВАНИЙ, С.В. (2015). Потужність фотосинтетичного апарату та насіннева продуктивність маку олійного за дії ретарданту фолікуру. *Фізіологія рослин і генетика*, 47(4), 313–320.
- МИЛЮВЕНЕ, Л., НОВИЦКЕНЕ, Л., ГАВЕЛЕНЕ, В. (2003). Эффект соединения 17-DMC на уровень фитогормонов и рост рапса *Brassica napus*. *Фізіологія рослин*, 50(5), 733–737.
- ПОЧИНОК, Х.Н. (1976). *Методы биохимического анализа растений*. Наукова думка, Киев, 334 с.
- Прядкіна, Г.О., Зборівська, В.П., Рижикова, П.Л. (2016). Депонувальна здатність стебла сучасних сортів озимої пшениці за змінних умов довкілля як фізіологічний маркер їх продуктивності. *Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів*, 14(2), 44–50.
- РОГАЧ, В.В., РОГАЧ, Т.І. (2015). Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфо-фізіологічні характеристики та біологічну продуктивність картоплі. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*, 23(2), 221–224. doi:10.15421/011532
- ШЕРСТОБОЄВА, О.В., ЧАБАНЮК, Я.В. (2014). Вплив сумісного застосування тебуконазолу та біополіциду на врожайність озимої пшениці. *Аграрна наука – виробництво: науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок*, 1, 5.
- 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, 215–225. doi:10.1016/j.fcr.2016.09.003.
- KASEM, M.M., ABD EL-BASET, M.M. (2015). Studying the Influence of Some Growth Retardants as a Chemical Mower on Ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Plant Sciences*, 3(5), 255–258. doi: 10.11648/j.jps.20150305.12
- KURYATA, V.G., KRAVETS, O.O. (2017). Peculiarities of the growth, formation of leaf apparatus and productivity of tomatoes under action of retardants folicur and ethephon. *The Bulletin of Kharkiv national agrarian university. Series Biology*. 1(40), 127–132.
- LJUNG, K., NEMHAUSER, J.L., PERATA, P. (2015). New mechanistic links between sugar and hormone signalling networks. *Current Opinion in Plant Biology*, 25, 130–137. doi: 10.1016/j.pbi.2015.05.022
- 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), 79–88. doi.org/10.2478/jppr-2013-0012
- POBUDKIEWICZ, A. (2014). Influence of growth retardant on growth and development of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Agrobotanica*, 67(3), 65–74. doi: 10.5586/aa.2014.030
- 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), 71–76. doi.org/10.15421/021713
- 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), 844–857. doi: 10.1016/j.tplants.2015.10.009

Отримано: 29 листопада 2017

Прийнято до друку: 21 грудня 2017 р.