



УДК (581.1+582.926.2):661.162.65

Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі

В.В. Рогач, І.В. Попроцька, В.Г. Кур'ята

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна

Досліджували вплив гібереліну та антигіберелінових препаратів – тебуконазолу та хлормекватхлориду – на ріст, розвиток, листковий апарат, формування мезоструктури, чисту продуктивність фотосинтезу, вміст різних форм вуглеводів і азотмісних сполук у вегетативних органах картоплі сорту Санта та її урожайність. Застосування тебуконазолу та хлормекватхлориду зменшувало лінійні розміри рослин та збільшувало кількість листків на них, масу сирої речовини листя та його площу. Гіберелінова кислота достовірно збільшувала висоту рослин і площу листя. Гіберелінова кислота та тебуконазол потовщували листкові пластинки за рахунок розростання клітин основної фотосинтезувальної тканини – хлоренхіми. За впливу цих препаратів зростав об'єм клітин стовпчастої паренхіми. За дії стимулятора росту збільшувалися розміри клітин губчастої паренхіми. Після обробки гібереліновою кислотою вміст суми хлорофілів у листках рослин картоплі достовірно знижувався, а після застосування тебуконазолу зростав. За дії хлормекватхлориду вміст фотосинтезувальних пігментів мав тенденцію до зростання. Ретарданти підвищували вміст крохмалю та білкового азоту в корінні, стеблах і бульбах з одночасним зменшенням у цих вегетативних органах вмісту цукрів. Гіберелінова кислота зменшувала вміст цукрів і крохмалю у корінні, стеблах та листках, збільшувала їх вміст у бульбах. Гормон також зменшував вміст білкового азоту в листках. Гіберелінін і антигіберелінові препарати збільшували масу сухої речовини рослин, підвищували чисту продуктивність фотосинтезу та оптимізували продуктивність культури. Обробка бульб картоплі ретардантами у період спокою уповільнює проростання, що сприяє збереженню продукції.

Ключові слова: *Solanum tuberosum*; морфогенез; регулятори росту; мезоструктура; вуглеводи; азот

Effect of gibberellin and retardants on morphogenesis, photosynthetic apparatus and productivity of the potato

V.V. Rogach, I.V. Poprotska, V.G. Kuryata

Vinnitsya State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky, Vinnitsya, Ukraine

We investigated the influence of gibberellin and antigibberellin agents (tebuconazole and chlormequat-chloride) on the growth, development, leaf apparatus, formation of the mesostructure, net photosynthetic productivity, contents of different forms of carbohydrates and nitrogen compounds in the vegetative organs of potatoes of the Sante sort and their productivity. We established that the use of tebuconazole and chlormequat-chloride reduced the linear dimensions of plants and increased the number of leaves on them, the mass of damp matter of leaves and their area. Gibberellic acid increased plant height and leaf area significantly. Gibberellic acid and tebuconazole thickened the laminae by cell proliferation of the main photosynthetic tissue – chlorenchyma. The volume of the cells of palisade parenchyma increased under the influence of these agents. The size of the spongy parenchyma cells increased due to the action of the growth stimulator. The content of chlorophyll in potato leaves was reduced significantly after processing by gibberellic acid and it grew after application of tebuconazole. Content of photosynthetic pigments tended to increase due to action of chlormequat-chloride. It was found that retardants increased starch content and protein nitrogen in the roots, stems and tubers with a simultaneous decrease in the sugar content of the vegetative organs. Gibberellic acid reduced the content of sugar and starch in the roots, stems and leaves and increased their content in the tubers. The hormone reduced content of protein nitrogen in leaves. Gibberellin and antigibberellin agents increased the weight of dry matter

in the plants, raised net photosynthetic productivity and optimized productivity of the culture. Treatment of potato tubers with the retardants during the dormant period led to slower germination, which contributed to preservation of production.

Keywords: *Solanum tuberosum*; morphogenesis; growth regulators; mesostructure; carbohydrates; nitrogen

Вступ

Перспективний напрям сучасного рослинництва – застосування синтетичних регуляторів росту, які за своєю природою є або аналогами, або модифікаторами дії фітогормонів. Із практичною метою широко застосовуються ростестимулювальні гіберелінові препарати, а також їх антагоністи – ретарданти, які блокують синтез гібереліну або утворення гормон-рецепторного комплексу, внаслідок чого зменшується інтенсивність лінійного росту рослин (Anikina et al., 2015; Kuriata et al., 2016). Питання регуляції швидкості росту, морфогенезу, формування фотосинтетичного апарату, виходу рослин зі стану спокою мають велике значення у продукційному процесі різноманітних сільськогосподарських культур, однак у літературі практично відсутні дані про порівняльний аналіз дії гібереліну та антигіберелінових препаратів (ретардантів) на ці процеси (Mahmood et al., 2012; Pirasteh et al., 2012).

Надмірний ріст картоплі часто спричинює затримання бульбоутворення, пізніше формування бульб і зниження урожаю. Посилене проростання бульб у зимовий період зумовлює зменшення в них вмісту крохмалю, погіршення якості продукції. Тому розроблення способів регуляції росту, перерозподілу потоків асимілятів до господарсько-цінних органів – бульб, уповільнення їх проростання під час зберігання – важливе практичне завдання (Pavlista, 2013; Rogach and Rogach, 2015).

Мета цього дослідження – встановити особливості морфогенезу, функціонування донорно-акцепторної системи рослин картоплі у період росту та під час виходу зі стану спокою за впливу гібереліну та ретардантів.

Матеріал і методи досліджень

Польові дрібноділянкові досліди закладали на землях СФГ «Бержан П.Г.» (с. Горбанівка Вінницького р-ну Вінницької обл.) у вегетаційні періоди 2013–2015 років. Посадку картоплі середньораннього сорту Санте проводили 18.04.2013, 03.05.2014 та 12.05.2015 р. за схемою 70 × 30 см. Площа ділянок – 33 м², повторність досліду – п'ятиразова.

Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків 0,005% розчином гіберелінової кислоти (ГКЗ), 0,25% розчином хлормекватхлориду (ССС-750), 0,025% розчином тебуконазолу (EW-250) у фазу бутонізації 14.06.2013, 17.06.2014 та 19.06.2015 р. Контрольні рослини обприскували водопровідною водою. Фітометричні показники (висоту рослин, масу сухої та сирої речовини окремих органів та цілої рослини, площу листків) визначали на 20 рослинах. Упродовж вегетації визначали чисту продуктивність фотосинтезу (Bala et al., 2013).

Відбирання матеріалів для вивчення мезоструктури листка проводили у фазу початку бульбоутворення. Мезоструктуру листків дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосову-

вали суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Визначення розмірів клітин і товщини хлоренхіми здійснювали за допомогою мікроскопа Микмед-1 та окулярмікрометра МОВ-1-15х. Для мезоструктурного аналізу відбирали листки середнього ярусу (Bala et al., 2013). Вміст різних форм вуглеводів визначали за Починком, а азоту – методом К'ельдаля.

Визначення вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-16 (Bala et al., 2013). Урожайність визначали методом підрахунку та зважування з кожної ділянки окремо. Для оцінювання впливу препаратів на швидкість виходу зі стану спокою бульби картоплі середньораннього сорту Поляна наприкінці лютого обприскували до повного змочування 0,05% водним розчином паклобутразолу, 0,5% водним розчином декстрелу, 1,0% водним розчином хлормекватхлориду та розчином гібереліну (ГКЗ) концентрації 150 мг/л. Контрольний варіант обробляли дистильованою водою. Бульби пророщували в терміві за кімнатної температури.

Інтенсивність вуглекислотного газообміну бульб картоплі вимірювали за допомогою інфрачервоного оптико-акустичного газоаналізатора ГІАМ-5М. Для цього бульби з паростками (4–5 шт.), розміщували в герметичному ексикаторі, через який продували атмосферне повітря зі швидкістю 2 л/хв. Під час визначення темного дихання ексикатор накривали чорною тканиною, температура в камері – 20 °С.

Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями вважали вірогідними за $P < 0,05$) (Van Emden, 2008). У таблицях і рисунках наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати та їх обговорення

Гіберелін та антигіберелінові препарати тебуконазол і хлормекватхлорид різнонаправлено впливали на лінійні розміри рослин картоплі сорту Санте. За дії гібереліну висота рослин картоплі перевищувала показник контролю на 17%, тоді як ретарданти зменшували висоту рослин на 16% (табл. 1). Аналогічний вплив ретардантів на рослини картоплі відмічали також інші дослідники (Tkachuk, 2015). Пришвидшення та гальмування ростових процесів за впливу різноспрямованих регуляторів росту супроводжувалися змінами у будові, розмірах і функціонуванні вегетативних та генеративних органів.

Суттєвих змін зазнавав листковий апарат дослідних рослин. Усі регулятори росту збільшували кількість листків на рослині. Найбільше даний показник зростав після застосування хлормекватхлориду (на 28%). Після обробки препаратами збільшувалася маса сирої речовини листків та, що надзвичайно важливо з погляду продуктивності культури, – площа листової поверхні (Kur'jata and Rogach, 2009; Kumar et al., 2012).

Найбільшою була площа листя у рослин картоплі, які зазнали дії гібереліну, разом із тим ретарданти також збільшували цей показник. На нашу думку, через те, що застосування стимулятора прискорювало процеси росту та розвитку. Це викликало відповідні морфологічні зміни в листовому апараті. Застосування ретардантів зумовило зростання кількості листків, їх маси та площі. Це зумовлено гальмуванням активності апікальних меристем і, відповідно, посиленням функціонування маргінальних меристем з одночасним перерозподілом над-

лишку пластичних речовин на ріст листків. Подібні результати спостерігалися у працях інших авторів (Kur'jata and Polyvanuj, 2015; Kur'jata and Rogach, 2009).

Кількісною характеристикою концентрації структурних елементів, які беруть участь у фотосинтетичних процесах, є питома поверхнева щільність листка. Всі препарати збільшували цей показник унаслідок змін у мезоструктурі листка. Регулятори росту потовщували хлоренхіму листків та збільшували об'єм клітин стовпчастої паренхіми (табл. 1) (Kur'jata and Polyvanuj, 2015).

Таблиця 1

Морфологіологічна характеристика рослин картоплі сорту Санте за дії регуляторів росту (фаза дозрівання бульб, середні дані за 2013–2015 рр., n = 20)

Показник	Контроль	ГК ₃	EW-250	CCC-750
Висота рослини, см	50,2 ± 2,3	58,7 ± 2,4*	41,5 ± 2,0*	42,2 ± 2,0*
Кількість листків на рослині, шт.	47,7 ± 2,3	52,2 ± 2,2	51,4 ± 2,1	60,9 ± 2,9*
Маса сирої речовини листків, г	103,9 ± 5,0	117,4 ± 5,2	120,7 ± 5,9*	123,2 ± 6,0*
Площа листків, см ²	5 200 ± 253	6 969 ± 345*	6 493 ± 313*	6 059 ± 298*
Питома поверхнева щільність листка, мг/см ²	2,98 ± 0,12	3,07 ± 0,14	3,42 ± 0,15*	3,73 ± 0,13*
Об'єм клітин стовпчастої паренхіми, мкм ³	10 097 ± 438	12 347 ± 597*	15 562 ± 713*	11 529 ± 567
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	20,2 ± 0,5	39,6 ± 1,2*	18,7 ± 0,6	27,9 ± 0,8*
Ширина клітин губчастої паренхіми, мкм	20,5 ± 0,4	32,9 ± 1,6*	21,1 ± 0,7	22,9 ± 0,9
Товщина хлоренхіми, мкм	165,0 ± 4,7	189,1 ± 8,4*	177,9 ± 3,2*	168,5 ± 2,3
Маса сухої речовини рослини, г	69,6 ± 3,3	98,8 ± 4,5*	136,0 ± 6,1*	114,8 ± 5,0*
Вміст суми хлорофілів (a + b), %	0,52 ± 0,02	0,46 ± 0,02*	0,63 ± 0,03*	0,58 ± 0,02
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² -добу	5,12 ± 0,22	7,40 ± 0,32*	13,68 ± 0,58*	12,23 ± 0,49*
Середній урожай бульб, ц/га	199,1 ± 8,9	265,2 ± 11,8*	265,6 ± 12,3*	231,6 ± 11,1

Примітка: * – різниця достовірна за P < 0,05.

Важливий показник, що впливає на продуктивність рослин, – вміст хлорофілів у листках. Результати наших досліджень свідчать, що упродовж вегетаційного періоду рістінгібувальні препарати збільшували вміст суми хлорофілів (a + b). У фазу дозрівання бульб застосування триазолопохідного ретарданту – тебуконазолу сума хлорофілів перевищувала контроль на 20%, а за дії онієвого препарату хлормекватхлориду на 12%. Аналогічні результати за дії ретардантів зафіксовані також іншими дослідниками (Baozhong et al., 2011; Kumar et al., 2012; Wang et al., 2016). Гіберелова кислота достовірно зменшувала вміст основного фотосинтетичного пігменту в листках картоплі. Аналогічні результати отримані на інших культурах (Kur'jata and Polyvanuj, 2015).

Головні показники, що характеризують біологічну продуктивність рослин, – динаміка накопичення сухої речовини рослинами та чиста продуктивність фотосинтезу. Як антигіберелінові препарати, так і гіберелова кислота збільшували масу сухої речовини рослин та чисту продуктивність фотосинтезу порівняно з контролем, але за дії ретардантів зростання цих показників суттєвіше, ніж за впливу гібереліну (Kur'jata and Polyvanuj, 2015; Tkachuk, 2015).

Модифікатори росту та розвитку рослин, впливаючи на морфологічні показники, зумовлюють зміни у накопиченні та розподілі різних форм вуглеводів і азотумісних сполук між органами рослин. Аналіз отриманих даних свідчить, що ретарданти зумовлювали достовірне зменшення вмісту цукрів у корінні рослин картоплі та збільшення вмісту крохмалю як у корінні, так і у стеблах. Це свідчить про інтенсивніше перетворення новоутворених цукрів на крохмаль. Підтвердження цього – вищі показники вмісту крохмалю у бульбах. У листках

рослин, оброблених антигібереліновими препаратами, зростає вміст загального азоту за рахунок білкової його форми, що може свідчити про формування потужнішого фотосинтетичного апарату, добре забезпеченого ферментами та іншими білками. Такі результати чітко корелюють із мезоструктурними показниками листків рослин, які зазнали дії антигіберелінів (табл. 1).

Застосування гіберелової кислоти зменшувало вміст цукрів і крохмалю, а також загального азоту за рахунок його білкової форми в корінні, стеблах і листках, що, на нашу думку, пов'язано з посиленням ростових процесів у рослині за впливу препарату. Одночасно стимулятор росту збільшував вміст цукрів у бульбах, що можна вважати негативним наслідком застосування цього препарату (табл. 2).

Такі зміни морфометричних показників рослин картоплі та хімічного складу вегетативних органів створюють передумови для оптимізації продуктивності картоплі сорту Санте. Ретарданти тебуконазол, хлормекватхлорид і стимулятор росту гіберелова кислота підвищували продуктивність культури картоплі відповідно на 33%, 16% і 34% (Matysiak and Kaczmarek, 2013).

Передчасне проростання бульб у період зимового спокою спричинює втрати продукції та негативно впливає на її якісні характеристики. Гіберелін суттєво пришвидшує проростання, а представники різних класів ретардантів уповільнюють його (рис. 1).

Як видно з наведених даних, найсуттєвіше інгібував проростання триазолопохідний препарат паклобутразол. Таким чином, застосування ретардантів може стати ефективним засобом уповільнення проростання бульб у зимовий період, що дозволить уникнути втрат продукції. Інтенсивність дихання рослин тісно пов'язана з ростови-

ми процесами. Посилення росту інтенсифікує дихання. Застосування гібереліну та його антагоністів – ретардантів – дозволяє змоделювати такий тип розбалансування активності донора й акцептора, за якого зменшується

попит на асимілювати основним акцептором – паростком, унаслідок гальмування активності його меристем. Аналіз отриманих даних свідчить про суттєві зміни дихання за дії препаратів (рис. 2).

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на вміст різних форм вуглеводів і азоту в листках рослин картоплі сорту Санта у фазу дозрівання бульб (% на суху речовину, середні дані за 2013–2015 рр., n = 5)

Орган	Показники	Контроль	Гіберелова кислота	Тебуконазол	Хлормекватхлорид
Коріння	сума цукрів	5,86 ± 0,15	5,52 ± 0,13	4,91 ± 0,11*	4,81 ± 0,11*
	крохмаль	10,61 ± 0,37	10,38 ± 0,39	12,63 ± 0,44*	13,21 ± 0,46*
	загальний азот	1,24 ± 0,04	1,16 ± 0,02	1,32 ± 0,02	1,37 ± 0,02*
	білковий азот	0,94 ± 0,04	0,92 ± 0,04	1,02 ± 0,05	1,01 ± 0,05
Стебло	сума цукрів	9,12 ± 0,41	8,38 ± 0,38	9,56 ± 0,42	9,32 ± 0,39
	крохмаль	4,55 ± 0,12	4,02 ± 0,11*	6,81 ± 0,22*	6,72 ± 0,26*
	загальний азот	1,45 ± 0,06	1,51 ± 0,07	1,72 ± 0,08	1,75 ± 0,08*
	білковий азот	1,15 ± 0,04	1,28 ± 0,04	1,35 ± 0,05*	1,32 ± 0,06
Листя	сума цукрів	4,02 ± 0,19	3,89 ± 0,15	4,13 ± 0,18	4,03 ± 0,16
	крохмаль	5,65 ± 0,23	2,13 ± 0,09*	4,79 ± 0,21	4,08 ± 0,17*
	загальний азот	3,21 ± 0,12	2,94 ± 0,11	3,61 ± 0,14	3,79 ± 0,15*
	білковий азот	2,52 ± 0,08	2,46 ± 0,07	3,12 ± 0,09*	3,14 ± 0,11*
Бульби	сума цукрів	4,05 ± 0,19	6,19 ± 0,28*	6,01 ± 0,25*	4,03 ± 0,18
	крохмаль	64,98 ± 3,13	66,81 ± 3,32	67,46 ± 3,35	64,81 ± 3,03
	загальний азот	0,99 ± 0,04	1,02 ± 0,05	0,91 ± 0,04	1,14 ± 0,05
	білковий азот	0,73 ± 0,03	0,75 ± 0,03	0,75 ± 0,03	0,87 ± 0,04

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

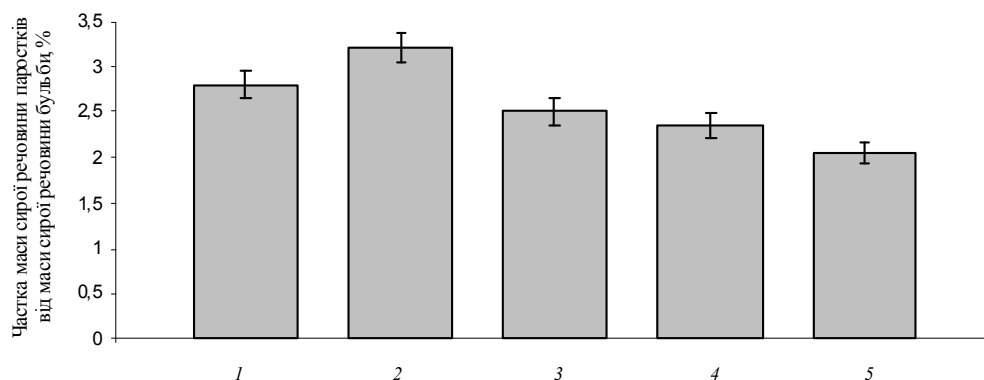


Рис. 1. Дія гібереліну та ретардантів на інтенсивність проростання бульб картоплі сорту Поляна:

1 – контроль, 2 – ГК₃ (150 мг/л), 3 – декстрел (0,5%), 4 – ССС (1%), 5 – паклобутразол (0,05%); 30-та доба проростання

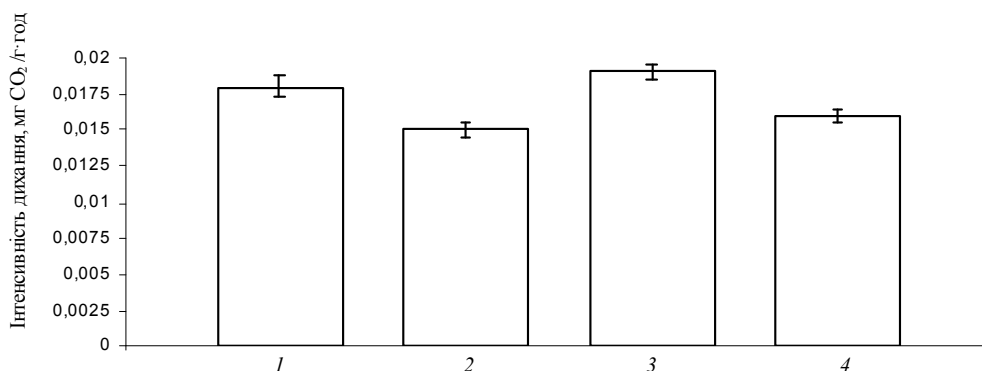


Рис. 2. Інтенсивність дихання бульб картоплі сорту Поляна за дії гібереліну та ретардантів:

1 – ГК₃ (150 мг/л), 2 – контроль, 3 – 0,05% паклобутразол, 4 – 1% хлормекватхлорид (40-а доба після обробки)

Застосування різних типів регуляторів росту незалежно від типу ростової реакції (пришвидшення проростання за дії ГК₃ чи гальмування за дії ретардантів) зумовлювало посилення інтенсивності дихання, максимальне за впливу ГК₃ і паклобутразолу. На нашу думку, посилення дихання за обробки гібереліном зумовлене зростанням інтен-

сивності проростання, в основі чого лежать гідроліз крохмалю, транспорт цукрів у паростки та новоутворення елементів структури вегетативного органа, що супроводжується підвищенням енерговитрат. Оскільки за дії паклобутразолу гідроліз крохмалю не супроводжується посиленням проростання через блокування активності

апикальних меристем паростка, утворюється надлишок доступних для дихання асимілятів. На відміну від інтенсифікації дихання за обробки гібереліном, де воно забезпечує енергією процеси росту, посилення дихання за обробки ретардантом можна вважати певною мірою «холостим ходом», що спалює надлишок розчинних цукрів, утворених унаслідок незворотного гідролізу крохмалю в бульбах. Тобто у цьому разі темнове дихання виступає як альтернативний росту акцептор (аналогічно інтенсифікації фотодихання в листках за умов гальмування відтоку асимілятів у разі зменшення на них попиту з боку акцепторів) (Кугузюж, 2015). Частина асимілятів за дії паклобутразолу вторинно депонується в амілопластах, що й викликає збільшення їх кількості та об'єму в клітинах тканин паростків (Rogach et al., 2015).

Послаблення швидкості ростових процесів у рослин картоплі сорту Санте шляхом інгібування активності апикальних меристем за впливу інгібіторів синтезу гібереліну та посилення швидкості ростових процесів унаслідок застосування екзогенної гіберелової кислоти сприяло поліпшенню кількісних показників листкового апарату, збільшувало площу листя, чисту продуктивність фотосинтезу та продуктивність культури (Matysiak and Kaczmarek, 2013). Встановлено збільшення вмісту хлорофілів у рослин, оброблених триазолпохідним препаратом тебуконазолом і зменшення їх вмісту після застосування гіберелової кислоти.

Ретарданти достовірно зменшували вміст цукрів у корінні та збільшували вміст крохмалю у стеблах, корінні та бульбах. Антигіберелінові препарати зумовлювали зростання вмісту білкового азоту в листках. Гіберелова кислота зменшувала вміст крохмалю у стеблах і листках, а також збільшувала вміст цукрів у бульбах. Обробка бульб картоплі ретардантами у період зимового спокою уповільнює проростання, що сприяє збереженню продукції, на відміну від варіантів із гібереловою кислотою.

Висновки

Гіберелін та антигіберелінові препарати з різним механізмом дії зумовлювали зміни морфогенезу та продуктивності рослин картоплі сорту Санте. Тебуконазол і хлормекватхлорид зменшували лінійні розміри дослідних рослин, а гіберелова кислота збільшувала. Усі препарати збільшували масу сухої речовини цілої рослини, масу сирої речовини листків, площу листя, чисту продуктивність фотосинтезу, питому поверхневу щільність листка за рахунок потовщення хлоренхіми та зростання об'єму клітин стовпчастої паренхіми.

Хлормекватхлорид достовірно збільшував кількість листків на рослині, а тебуконазол – вміст суми хлорофілів у листках. За дії гіберелової кислоти кількість листків достовірно не змінювалася, вміст суми хлорофілів достовірно знижувався. За дії ретардантів відбувалося зменшення вмісту цукрів у коренях і збільшення вмісту крохмалю у стеблах, коренях і бульбах, збільшувався вміст білкового азоту в листках. Гіберелова кислота зменшувала вміст крохмалю у стеблах і листках, а також збільшувала вміст цукрів у бульбах.

Обробка бульб картоплі ретардантами в період зимового спокою гальмує їх проростання, що сприяє збереженню продукції. Застосування регуляторів росту позитивно вплинуло на урожайність культури. Найефективнішим було застосування тебуконазолу та гіберелової кислоти.

Бібліографічні посилання

- Anikina, I., Bekseitov, T., Djaksybaeva, G., 2015. Use of the preparation chlormequat chloride to increase resistance of regenerated potato. *Int. J. Pharm. Bio. Sci.* 6(2), 417–422.
- Bala, M., Gupta, S., Gupta, N.K., Sangha, M.K., 2013. Practicals in plant physiology and biochemistry. Scientific, Jodhpur.
- Baozhong, Y., Yongsheng, Z., Yuechen, Z., 2011. Effects of plant growth regulators on growth and yields characteristics in adzuki beans (*Phaseolus angularis*). *Front. Agric. China* 5(4), 519–523.
- Kumar, S., Sreenivas, G., 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(1), 13.
- Kur'jata, V.G., Polyvanyj, S.V., 2015. Potuzhnist' fotosyntechnogo aparatu ta nasinnjeva produktyvnist' maku olijno-go za dii' retardantu folikuru. *Fyzyologija Rastenij y Genetyka* 47(4), 313–320.
- Kur'jata, V.G., Rogach, T.I., 2009. Morfofiziologichni zminy u roslin *Helianthus annuus* pid vplyvom hlormekvathloridu. *Visnyk Zaporiz'kogo Nacional'nogo Universytetu. Biologichni Nauky* 2, 151–155.
- Kyryzjy, D.A., 2015. Fotosyntezy y rost rastenij v aspekto donorno-akceptornih otnoshenij. *Logos, Kyiv* (in Russian).
- Mahmood, T., Farooq, M., Khokhar, M.A., Hussain, S.I., 2012. Plant growth regulators affecting sex expression of bottle gourd (*Lagenaria siceraria molina*) plants. *Pakistan J. Agric. Res.* 25(1), 50–54.
- 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. *J. Plant Prot. Res.* 53(1), 79–88.
- Pavlista, A.D., 2013. Influence of foliar-applied growth retardants on russet burbank potato tuber production. *Am. J. Potato Res.* 90, 395–401.
- Pirasteh Anosheh, H., Emam, Y., Ashraf, M., Foolad, M.R., 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Adv. Stud. Biol.* 4(11), 501–520.
- Rogach, V.V., Rogach, T.I., 2015. Vplyv syntetychnyh stymuljatoriv rostu na morfofiziologichni harakterystyky ta biologichnu produktyvnist' kul'tury kartopli [Influence of synthetic growth stimulators on morphological and physiological characteristics and biological productivity of potato culture]. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 23(2), 221–224 (in Ukrainian).
- Van Emden, H.F., 2008. Statistics for terrified biologists. Blackwell, Oxford.
- 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* 11(2):e0149404.

Надійшла до редколегії 04.10.2016