

УДК [581.1:582.926.2]:661.162.65  
DOI: 10.15587/2519-8025.2019.188951

## ВПЛИВ АНТИГІБЕРЕЛІНОВИХ ПРЕПАРАТІВ НА НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОЗПОДІЛ РІЗНИХ ФОРМ ВУГЛЕВОДІВ У РОСЛИН КАРТОПЛІ СОРТУ САНТЕ

В. В. Рогач, О. В. Рябоконт, Т. І. Рогач

**Метою дослідження** було встановлення впливу антигіберелінових препаратів з різним механізмом дії на ростові процеси, листковий апарат, накопичення і перерозподіл різних форм вуглеводів у рослин картоплі та з'ясування змін у продуктивності культури під їх впливом.

**Матеріали та методи.** Польові дрібноділянкові дослідження закладали у вегетаційні періоди 2013-2015 років. Рослини картоплі (*Solanum tuberosum* L.) сорту Санте обробляли у фазу бутонізації водними розчинами тебуконазолу (EW-250) (0,025 %), хлормекватхлориду (ССС-750) (0,25 %) і есфоном (2-ХЕФК) (0,15 %) за допомогою ранцевого обприскувача СО-12 «Marolex». Досліджували вплив препаратів на висоту рослин, листковий апарат, концентрацію суми хлорофілів у листках, питому поверхневу щільність листків, площу листя та вміст різних форм вуглеводів у вегетативних органах. Забір сухого матеріалу для біохімічних досліджень та визначення фітометричних показників і вмісту хлорофілу проводили кожні 10 діб. Вміст різних форм вуглеводів в органах рослин визначали йодометричним методом у фіксованому сухому матеріалі. Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0.

**Результати.** Встановлено, що всі препарати зменшували лінійні розміри рослин картоплі, збільшували вміст суми хлорофілів у листках та питому поверхневу щільність листкових пластинок. За дії етиленпродуценту 2-ХЕФК найсуттєвіше гальмувалися ростові процеси та найбільше потовщувалися листкові пластинки у рослин картоплі. Під впливом ретардантів зростала кількість листків на рослині та маса їх сухої речовини. EW-250 збільшував площу листя та максимально підвищував вміст хлорофілу.

Застосування EW-250 та ССС-750 посилювало відтік цукрів та реутилізацію крохмалю з коріння, стебел та листків у другій половині вегетації. Препарати посилювали накопичення крохмалю у бульбах картоплі.

Застосування етиленпродуценту 2-ХЕФК було неефективним, незважаючи на ряд позитивних змін у фізіолого-біохімічних показниках.

**Висновки.** Ретарданти EW-250 та ССС-750, гальмуючи ростові процеси у рослин картоплі, оптимізувало листковий апарат, змінювали характер донорно-акцепторних відносин у них шляхом посилення відтоку пластичних речовин від надземних вегетативних органів до коріння та бульб, що підвищувало продуктивність культури. Найефективнішим виявилося застосування EW-250

**Ключові слова:** *Solanum tuberosum* L., антигіберелінові препарати, хлорофіл, листковий апарат, цукри, крохмаль, ріст, продуктивність

Copyright © 2019, V. Rogach, O. Ryabokon, T. Rogach.

This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

### 1. Вступ

Одним із провідних завдань сучасної фітофізіології є пошук нових шляхів та способів підвищення продуктивності культурних рослин. Умовою отримання значних досягнень у цьому напрямку є оптимізація рівня реалізації генетичного потенціалу рослин з одночасною мінімізацією впливу негативних факторів зовнішнього середовища в процесі онтогенезу [1, 2]. Більш ефективно і цілеспрямовано управляти продуктивністю рослин дають можливість синтетичні регулятори росту та розвитку, серед яких чільне місце займають інгібітори гібереліну – ретарданти та етиленпродуценти [3, 4].

Регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу і ростової функції, причому будь-які природні чи експериментальні зміни швидкості ростових процесів супроводжуються перебудовою фо-

тосинтетичного апарату. Застосування ретардантів та етиленпродуцентів дозволяє затримувати ріст тих чи інших органів рослини, внаслідок чого можливий перерозподіл потоків асимілятів до господарсько важливих тканин і органів [5].

З'ясування темпів та напрямків переміщення пластичних речовин по рослині та їх накопичення у певних органах за дії інгібіторів росту можливо за умови вивчення динаміки різних форм вуглеводів у вегетативних та генеративних органах в онтогенезі, про що в літературних джерелах згадується досить обмежено.

### 2. Літературний огляд

Фотосинтез – це основа функціонування донорно-акцепторної системи у рослині. Відносини в системі «депо асимілятів – ріст» пов'язані як з прямими, так і зворотними зв'язками між листком, як

джерелом пластичних речовин, та іншими вегетативними і генеративними органами – споживачами асимілятів [5, 6]. Вказані процеси знаходяться під гормональним контролем, а застосування інгібіторів гібереліну з різним механізмом дії по-різному впливає на них [7].

Вплив антигіберелінових препаратів пов'язаний із двома фізіологічними ефектами. Вони або інгібують синтез гібереліну (триазолпохідні та онієві препарати [8]), або ж блокують утворення гормон-рецепторного комплексу (етиленпродуценти та гідразинпохідні сполуки [9]).

Дія похідних триазолу на ріст осьових органів рослин пов'язана з пригніченням активності енткаурен-синтетази та інгібуванням біосинтезу гіберелінів у трьох ланках цього процесу, що забезпечує надзвичайно високу і стабільну ретардантну активність стосовно росту стебла і проростання насіння багатьох рослин за рахунок пригнічення активності  $\alpha$ -амілази [8]. Четвертинні солі амонію фосфонію і сульфонію та дихлорізобутирати переривають синтез гібереліну лише в одній із ланок, тому їх ретардантна активність слабша і більш вибіркова стосовно виду рослини, фази застосування, препаративної форми та способу внесення чи обробки.

Дія етиленпродуцентів пов'язана із блокуванням утворення гормон-рецепторного комплексу. Етилен запобігає сполученню гормону з рецептором, чим інгібуює дію гіберелінів, і, як результат, пригнічує ростові процеси. Але на відміну від онієвих препаратів, триазолів та дихлорізобутиратів етиленпродуценти швидко розкладаються і мають більш короткий час дії [8].

Різний механізм впливу антигіберелінів на синтез терпенових гормонів обумовлює відмінності у морфогенезі рослин та накопиченні і перерозподілі різних форм вуглеводів у вегетативних та генеративних органах культурних рослин.

Застосування хлормекватхлориду та паклобутразолу на рослинах ліллі змінювала гормональний статус рослин. Препарати зменшували вміст гіберелінів і збільшували вміст індоліл-оцтової та абсцизової кислот, що проявлялося в гальмуванні ростових процесів з одночасним зростанням маси сирової речовини листків та стебел і підвищенням вмісту хлорофілу у листках. Застосування вказаних ретардантів сприяло накопиченню цукрів та крохмалю в цибулинах і зростанню кількості лусочок й маси цибулин [10].

У рослин батату обробка триазолпохідним ретардантом паклобутразолом обумовлювала зростання площі листової поверхні та підвищувала вміст редуруючих та нередуруючих цукрів у листках на 3,8 %. За дії препарату також підвищувалася продуктивність культури [11].

Застосування паклобутразолу на рослинах каболу у фазу бутонізації гальмувало ростові процеси та посилювало накопичення розчинних цукрів, сахарози і крохмалю у стеблах й плодах з одночасним зменшенням їх вмісту у корінні. Ретардант підвищував ефективність утилізації вуглеводів рослинами, що позитивно вплинуло на урожайність культури [12].

Іншим триазолпохідним препаратом – уніконазолом обробляли рослини ячменю в умовах засолення. Ретардант одночасно із підвищенням стійкості до засолення призводив до збільшення маси сирової та сухої речовини вегетативних органів і збільшував загальний вміст цукрів у рослині за рахунок редуруючих форм [13].

З літературних джерел відомо, що хлормекватхлорид пришвидшував відтік розчинних цукрів від листків до плодів у рослин кукурудзи [14]. Він також збільшував вміст редуруючих цукрів і крохмалю у бульбах картоплі [15].

За іншими даними, гальмування ростових процесів у рослин картоплі за дії хлормекватхлориду супроводжувалося зменшенням маси сухої речовини листків та збільшенням маси сухої речовини бульб. Одночасно препарат збільшував вміст хлорофілу у листках. Встановлено, що ретардант посилював відтік асимілятів від листків і стебел та сприяв їх накопиченню в корінні, столонах та бульбах. Такі зміни у перерозподілі цукрів і крохмалю сприяли підвищенню урожайності бульб [16].

Нами раніше було встановлено, що ретардант тебуконазол посилював реутилізацію цукрів і крохмалю у вегетативних органах томатів та спрямовував їх до плодів [17, 18].

Разом з цим, у літературі практично відсутні порівняльні дані щодо впливу антигіберелінових препаратів з різним механізмом дії на депонуючу активність вегетативних органів овочевих культур, зокрема, картоплі.

### 3. Мета і завдання дослідження

Тому метою нашої роботи було з'ясування особливостей накопичення і перерозподілу різних форм вуглеводів впродовж вегетації в районі Санте за дії тебуконазолу, хлормекватхлориду та есфону в зв'язку із продуктивністю культури.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідити дію інгібіторів гібереліну на ростові процеси та листовий апарат рослин картоплі.
2. Вивчити вплив антигіберелінових препаратів з різним механізмом дії на накопичення та перерозподіл різних форм вуглеводів в органах рослин картоплі сорту Санте.
3. Встановити зміни у продуктивності картоплі за дії ретардантів та етиленпродуценту.

### 4. Матеріали та методи

Польові дрібноділянкові досліди закладали на землях СФГ «Бержан П.Г.» с. Горбанівка Вінницького району Вінницької області у вегетаційні періоди 2013–2015 років. Посадку картоплі середньораннього сорту Санте проводили 18.04.2013 р., 03.05.2014 р. та 12.05.2015 р. за схемою 70×30 см. Внесення мінеральних добрив  $N_{50}P_{40}K_{30}$ . Площа ділянок 33 м<sup>2</sup>, повторність п'ятикратна.

Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого оприскувача СО-12 «Marolex» до повного змочування листків водними розчинами тебуконазолу (EW-250) (0,025 %), хлормекватхлориду (CCC-750)

(0,25 %) і есфеном (2-ХЕФК) (0,15 %) у фазу бутонізації 17.07.2013 р., 10.07.2014 р. та 19.07.2015 р. Контрольні рослини обприскували водою.

Фітометричні показники визначали кожні 10 діб на п'ятнадцяти рослинах [19]. Вміст цукрів і крохмалю визначали йодометричним методом [19]. Впродовж вегетаційного періоду визначали вміст суми хлорофілів у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-16 [19]. Повторність біохімічних досліджень п'ятикратна [19]. У таблицях і на графіках наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки. Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями обчислювали за критерієм

ANOVA, їх вважали вірогідними за критерієм Стюдента коли  $P \leq 0,05$ ) [20].

### 5. Результати дослідження та їх обговорення

Результати наших досліджень свідчать, що ретарданти тебуконазол, хлормекватхлорид та етиленпродуцент есфон обумовлювали зміни морфометричних та біохімічних показників сорту картоплі Санте. Встановлено, що препарати уповільнювали швидкість росту головних пагонів дослідних рослин. Найбільш суттєве гальмування ростових процесів спостерігалося після застосування есфону. Препарат зменшував лінійні розміри рослин на 24 %. Обробка картоплі тебуконазолом та хлормекватхлоридом вкорочувала висоту рослин відповідно на 14 % та 15 %. Схожі результати отримували і інші дослідники [2–4] (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив інгібіторів гібереліну на ростові процеси рослин картоплі сорту Санте (фаза формування бульб, середні дані за 2013–2015 роки,  $n=15$ ,  $x \pm SD$ )

Варіант досліджу	Контроль	2-ХЕФК	EW-250	CCC-750
Показник				
Висота рослини, см	53,49±1,33	40,67±1,02*	46,03±1,28*	45,57±1,18*
Кількість листкових пластинок на рослині, шт.	305,71±7,05	231,33±5,12*	342,92±8,67	380,11±9,88*
Маса сухої речовини листків, г	14,41±0,67	13,73±0,61	22,17±1,08*	21,93±1,01*
Питома поверхнева щільність листка, мг/см <sup>2</sup>	2,98±0,14	3,94±0,18*	3,42±0,15*	3,73±0,17*
Вміст хлорофілу, % на сиру речовину	0,521±0,03	0,553±0,03	0,632±0,03*	0,584±0,03
Площа листків, см <sup>2</sup>	4953,95±144,14	3045,31±151,57*	5552,07±155,32*	4624,38±128,18

Примітка. \* –  $P \leq 0,05$

Основним місцем синтезу асимілятів, що надходять до усіх інших органів і прямо впливають на вміст вуглеводів у вегетативних та генеративних органах рослин, є листок. Тому доцільно з'ясувати зміни кількісних показників листкового апарату, як відповідь на дію інгібіторів гібереліну.

Результати наших досліджень свідчать, що онієвий ретардант хлормекватхлорид обумовлював зростання кількості листкових пластинок на рослині на 24 % та маси сухої речовини листків на 52 % (табл. 1). Обробка рослин картоплі тебуконазолом збільшувала кількість листків на 12 %, а маса сухої речовини листків при цьому зростала на 54 %. Аналогічні зміни під впливом цього препарату зафіксовані нами раніше на культурі томату [17, 18]. Етиленпродуцент есфон зменшував як кількість листків, так і масу сухої речовини [3].

З точки зору фотосинтетичної активності важливим є показник питомої поверхневої щільності листків, який вказує на сукупність структур, що забезпечують фотосинтез, та опосередковано вказує на товщину листкових пластинок. Нами встановлено, що усі інгібітори гібереліну збільшували його на 15–32 % [18].

Не менш важливою характеристикою фотосинтетичного апарату рослин є вміст хлорофілів у листках. Досліджено, що інгібітори гібереліну збільшували концентрацію основного фотосинтетичного пігменту в листках картоплі. Найвищим бу-

ло зростання вмісту суми хлорофілів у рослин, оброблених тебуконазолом (21 %). Хлормекватхлорид збільшував даний показник на 12 %, а есфон – на 6 % [16, 18].

Різні за механізмом дії інгібітори гібереліну по-різному впливали на площу листків. Есфон достовірно зменшував цей показник (на 39 %), а тебуконазол достовірно збільшував (на 12 %), тоді як хлормекватхлорид практично не змінював його. Схожі результати зафіксовані іншими дослідниками як на культурі картоплі, так і на інших пасльонових культурах [3, 16, 18]. Зокрема, обробка рослин картоплі іншою препаративною формою четвертинної амонієвої солі – хлорхолінхлоридом зумовлювала гальмування ростових процесів у дослідних рослин з одночасним підвищенням вмісту фотосинтетичних пігментів в листках та зменшенням маси їх сухої речовини. Площа листкової поверхні за дії препарату суттєво не змінювалася. Однак фотосинтетична активність зростала, що обумовило підвищення продуктивності рослин картоплі [16].

Застосування етиленпродуценту есфону на рослинах томатів призводило не лише до гальмування ростових процесів, а і до зменшення кількості листків на рослині, їх сумарної площі та маси сухої речовини, що у кінцевому підсумку знижувало інтенсивність фотосинтетичних процесів та урожайність плодів [3].

Раніше у наших роботах вказувалося на зменшення лінійних розмірів у рослин томатів за дії триазолпохідного ретарданту тебуконазолу. Препарат збільшував кількість листків на рослині, масу їх сирової речовини. Площа листової поверхні за дії тебуконазолу залежала від сортових особливостей досліджуваних рослин. Але не залежно від сорту тебуконазол оптимізував продуктивність томатів. Разом з тим, есфон регресивно впливав не лише на листовий апарат томатів, а і на продуктивність культури [18].

Зважаючи на зміни кількісних показників листового апарату рослин картоплі після обробки регуляторами росту, доцільно вивчити особливості накопичення та перерозподілу різних форм вуглеводів між органами рослин у процесі онтогенезу.

Аналіз вмісту цукрів у корінні вказує на те, що протягом вегетаційного періоду відбувається відтік їх від підземного вегетативного органу переважно за рахунок редукуючих форм як у контролі, так і у досліді (рис. 1). Етиленпродуцент есфон уповільнював відтік цукрів від кореня. У фазу утворення бульб вміст суми цукрів та редукуючих цукрів перевищував контрольні показники відповідно на 10 та 20 %. Натомість ретарданти тебуконазол та хлормекватхлорид, навпаки, пришвидшували процес транспортування цукрів з коріння до надземних органів. Лише наприкінці досліджуваного періоду за дії хлормекватхлориду спостерігалось накопичення суми цукрів (12 %) та редукуючих форм (16 %) у корінні.

Протягом вегетаційного періоду вміст крохмалю у корінні рослин, оброблених антигібереліновими препаратами, був суттєво вищим ніж у контролі. Найбільш високі значення спостерігалися після застосування ретардантів. З початком фази цвітіння спостерігається швидка утилізація основного запасуючого полісахариду з коріння. Причому у рослин, що зазнали впливу ретардантів тебуконазолу та хлормекватхлориду, відтік відбувався більш інтенсивно.

На нашу думку, зменшення вмісту крохмалю в корінні пов'язане з появою нових атрагувальних центрів – бульб, що знаходяться в безпосередній близькості до коріння. Оскільки ретарданти посилювали процес бульбоутворення, то і відтік крохмалю у цих рослин відбувався швидше. Усі антигіберелінові препарати зменшували вміст нередукуючих цукрів у корінні.

Проаналізувавши динаміку накопичення цукрів у стеблах рослин картоплі встановлено, що у першій половині вегетації відбувалося зростання їх вмісту, а з початком процесу бульбоутворення спостерігалось суттєве їх зменшення, як у контролі так і у досліді. За дії усіх регуляторів росту вміст як редукуючих так і нередукуючих форм цукрів був вищим ніж у контролі. Вважаємо, що такий ефект пов'язаний з більш інтенсивним надходженням новоутворених пластичних речовин із листків внаслідок посилення фотосинтетичних процесів, що відбуваються в них під впливом інгібіторів гібереліну.

Крохмаль в стеблах, як і в корінні, накопичувався в першій половині вегетації та суттєво зменшувався його вміст у другій, після початку формування бульб. За дії тебуконазолу та хлормекватхлориду вміст крохмалю в стеблах протягом вегетації був більшим, ніж у контролі та варіанті із есфоном. Ретарданти посилювали реутилізацію основного запасуючого полісахариду з стебел до коріння та бульб.

Нами встановлено, що у листках рослин картоплі сорту Санте вміст цукрів зменшувався протягом вегетаційного періоду за рахунок як редукуючих, так і нередукуючих форм і в контролі, і у варіантах із регуляторами росту.

Вміст суми цукрів протягом усього досліджуваного періоду був найбільшим у варіанті із тебуконазолом за рахунок олігосахаридів, оскільки вміст моносахаридів був близьким до контролю. На кінець періоду досліджень вміст олігосахаридів був більшим у варіанті з триазолпохідним ретардантом на 41 % у порівнянні з контролем. На накопичення сахарози в листках дослідних рослин під впливом ретардантів вказують і інші дослідники [10].

У листках рослин, оброблених хлормекватхлоридом, вміст суми цукрів був меншим, ніж у контролі, за рахунок суттєвого зменшення вмісту моносахаридів. У варіанті з есфоном показники вмісту цукрів у листках були близькими до контролю.

Крохмаль, що синтезувався у листках, швидко реутилізувався з них до стебел, коріння та бульб. Найбільш інтенсивно це відбувалося у варіанті із тебуконазолом. На кінець періоду досліджень вміст крохмалю в листках за обробки триазолпохідним ретардантом був нижчим, ніж у контролі, на 12 %. У листках рослин, що зазнали дії есфону та хлормекватхлориду, відтік крохмалю з листя відбувалося не так інтенсивно.

За результатами наших досліджень встановлено, що есфон, тебуконазол та хлормекватхлорид зменшували вміст суми цукрів у бульбах картоплі переважно за рахунок нередукуючої форми. При цьому вміст редукуючих цукрів, у рослин оброблених регуляторами росту, на кінець досліджуваного періоду зростав у порівнянні з контролем відповідно на 7 %, 12 % та 8 %. Антигіберелінові препарати збільшували вміст крохмалю у бульбах картоплі сорту Санте. На кінець досліджуваного періоду найвищим вміст запасуючого полісахариду був у рослин, оброблених есфоном (10,7 %). При застосуванні тебуконазолу та хлормекватхлориду вміст крохмалю перевищував контрольний показник на 7,4 %.

Гальмування ростових процесів під впливом інгібіторів гібереліну обумовило зростання продуктивності культури картоплі. Нами встановлено, що середня маса однієї бульби практично не змінювалася незалежно від застосовуваного препарату. Однак при застосуванні ретардантів тебуконазолу та хлормекватхлориду зростала кількість бульб на 32 % і 37 % відповідно. В результаті урожайність бульб з одного куща збільшилася відповідно на 36 % та 25 %, а з ділянки в середньому на 35 % та 18 % (табл. 2).

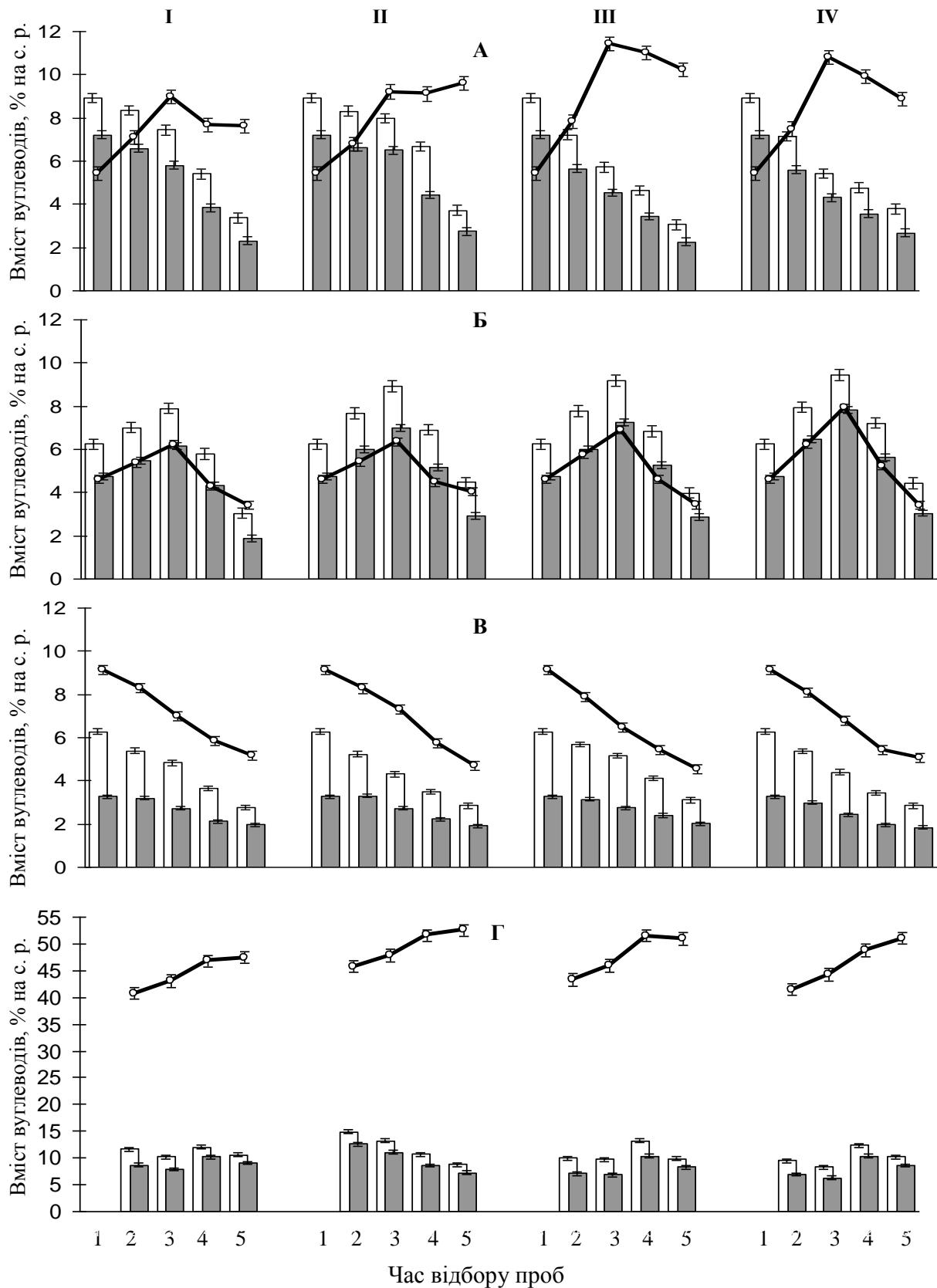


Рис. 1. Дія інгібіторів росту на вміст різних форм вуглеводів в органах рослин картоплі сорту Санта (середні дані за 2013-2015 роки):  – сума цукрів;  – редукуючі цукри;  – крохмаль. А – коріння; Б – стебла; В – листя; Г – плоди. I – контроль; II – 2-ХЕФК; III – EW-250, IV – CCC-750. 1 – доба обробки; 2 – 10-а доба після обробки; 3 – 20-а доба після обробки; 4 – 30-а доба після обробки; 5 – 40-а доба після обробки

Таблиця 2

Вплив інгібіторів росту на елементи продуктивності картоплі сорту Санте (середні дані за 2013–2015 роки, n = 15, x ± SD)

Показник	Варіант досліджу	Контроль	2-ХЕФК	EW-250	CCC-750
Кількість бульб в одному куші, шт.		6,63±0,32	7,34±0,35	8,72±0,41*	9,06±0,44*
Середня маса однієї бульби, г		74,11±3,03	63,51±2,88	77,63±3,32	69,06±3,12
Середній урожай бульб з одного куша, г		488,92±22,12	415,88±18,08*	664,56±32,32*	611,66±28,18*
Середній урожай бульб з 33 м <sup>2</sup> , кг		57,15±2,81	47,70±2,32*	77,29±3,83*	67,18±3,33*

Примітка. \* –  $P \leq 0,05$

Застосування етиленпродуценту есфону обумовлювало суттєве гальмування ростових та фізіологічних процесів у рослині і не зважаючи на деякі позитивні зміни в анатомо-морфологічних та фізіолого-біохімічних характеристиках регресивно впливав на біологічну продуктивність культури картоплі сорту Санте.

## 6. Висновки

1. Зміни у гормональній сфері рослин картоплі за дії інгібіторів гібереліну обумовлювали гальмування ростових процесів, що проявлялося у зменшенні лінійних розмірів рослин та площі листя. Одночасно за дії препаратів зростала питома поверхнева щільність листків та вміст суми хлорофілів у них.

2. Ретарданти тебуконазол та хлормекватхлорид збільшували кількість листкових пластинок на рослині, масу сухої речовини листків.

3. Уповільнення ростових процесів під впливом антигіберелінів при одночасному покращенні показників листового апарату створювало ефект надлишку пластичних речовин, які спрямовувалися до господарськоцінних органів – бульб.

4. Ретарданти посилювали накопичення пластичних речовин у вегетативних органах на початку вегетації та інтенсифікували відтік цукрів та крохмалю від листків до стебел, коренів та бульб у другій її половині.

5. Наслідком посилення функціонування фотосинтетичного апарату рослин за дії тебуконазолу та хлормекватхлориду з одночасним перерозподілом потоків асимілятів до органів запасу – бульб, відбувалося зростання урожайності культури на 18–35 %.

6. Надмірне гальмування росту та розвитку рослин картоплі під впливом етиленпродуценту есфону регресивно впливало на біологічну продуктивність культури.

## Література

1. Кур'ята, В. Г., Попрощька, І. В., Рогач, Т. І. (2017). Вплив стимуляторів росту та ретардантів на утилізацію резервної олії проростками соняшнику. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (3), 317–322. doi: <http://doi.org/10.15421/021750>
2. Кур'ята, В. Г., Поливаний, С. В. (2012). Потужність фотосинтетичного апарату та насіннева продуктивність маку олійного за дії ретарданту фолікуру. *Фізіологія рослин і генетика*, 47 (4), 313–320.
3. Кур'ята, В. Г., Кравець, О. О. (2016). Дія есфону на ростові процеси і морфогенез томатів. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Біологія*, 1 (65), 80–85.
4. Кур'ята, В. Г., Ходаніцька, О. О. (2012). Особливості морфогенезу і продуктивності льону кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*, 44 (6), 522–528.
5. Киридий, Д. А., Стасик, О. О., Прядкина, Г. А., Шадчина, Т. М. (2014). Фотосинтез. Ассимиляція CO<sub>2</sub> і механізми її регуляції. Київ: Логос, 480.
6. Yu, S.-M., Lo, S.-F., Ho, T.-H. D. (2015). Source–Sink Communication: Regulated by Hormone, Nutrient, and Stress Cross-Signaling. *Trends in Plant Science*, 20 (12), 844–857. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.009>
7. 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: <http://doi.org/10.15421/021713>
8. Rademacher, W. (2017). Chemical Regulators of Gibberellin Status and Their Application in Plant Production. *Annual Plant Reviews Online*, 49, 359–403. doi: <http://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0541>
9. Землянская, Е. В., Омелянчук, Н. А., Ермаков, А. А., Миронова, В. В. (2016). Механизмы регуляции передачи этиленового сигнала у растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 20 (3), 386–395. doi: <http://doi.org/10.18699/vj15.105>
10. Zheng, R., Wu, Y., Xia, Y. (2012). Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium Oriental* hybrids “Sorbonne.” *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 13 (2), 136–144. doi: <http://doi.org/10.1631/jzus.b1000425>
11. Yooyongwech, S., Samphumphuang, T., Tisarum, R., Theerawitaya, C., Cha-um, S. (2017). Water-Deficit Tolerance in Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] by Foliar Application of Paclobutrazol: Role of Soluble Sugar and Free Proline. *Frontiers in Plant Science*, 8. doi: <http://doi.org/10.3389/fpls.2017.01400>
12. Hua, S., Zhang, Y., Yu, H., Lin, B., Ding, H., Zhang, D., Ren Y., Fang, Z. (2014). Paclobutrazol application effects on plant height, seed yield and carbohydrate metabolism in canola. *International journal of agriculture & biology*, 16, 471–479.
13. Hussein, M., Bakheta, M., Safi-naz, S. (2014). Influence of uniconazole on growth characters, photosynthetic pigments, total carbohydrates and total soluble sugars of *Hordium vulgare* L. plants grown under salinity stress. *International Journal of Science and Research*, 3 (12), 2208–2214.
14. Wang, Y., Gu, W., Xie, T., Li, L., Sun, Y., Zhang, H. et. al. (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. doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0149404>

15. Rao, G. K., Babu, M. S., Nagaraju, M. M., Thomson, T., Ranganna, G., Siva, M. (2017). A Critical Review on Effect of Plant Growth Regulators on Root Vegetables. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (7), 1243–1247. doi: <http://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.150>
16. Wang, H., Li, H., Liu, F., Xiao, L. (2009). Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Scientia Horticulturae*, 119 (2), 113–116. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.019>
17. Рогач, В. В., Кур'ята, В. Г., Буйная, О. И., Буйный, О. В. (2017). Динаміка накопичення та перерозподілу різних форм вуглеводів та азоту в органах рослин томатів за дії регуляторів росту. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Біологія*, 3 (70), 174–179.
18. Рогач, В. В., Кравець, О. О., Буйна, О. І., Кур'ята, В. Г. (2018). Динаміка накопичення та перерозподілу різних форм вуглеводів та азоту в органах рослин томатів за дії ретардантів. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 293–299. doi: <http://doi.org/10.15421/021843>
19. AOAC (2010). *Official Methods of Analysis of Association of Analytical Chemist International*. Association of Analytical Chemist. Gaithersburg. Available at: [https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoac-international-18th-edition-revision-3?product\\_id=1678986](https://www.techstreet.com/standards/official-methods-of-analysis-of-aoac-international-18th-edition-revision-3?product_id=1678986)
20. Van Emden, H. F. (2008). *Statistics for terrified biologists*. Oxford: Blackwell. doi: <http://doi.org/10.1007/s11099-011-0058-3>.

*Received date 15.05.2019*

*Accepted date 06.06.2019*

*Published date 30.06.2019*

**Рогач Віктор Васильович**, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра біології, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21100

E-mail: [rogachv@ukr.net](mailto:rogachv@ukr.net)

**Рябокоть Ольга Володимирівна**, доктор філософії, доцент, кафедра екології природничих та математичних наук, Комунальний вищий навчальний заклад "Вінницька академія неперервної освіти", вул. Грушевського, 13, м. Вінниця, Україна, 21100

E-mail: [Olya\\_riabokon1986@ukr.net](mailto:Olya_riabokon1986@ukr.net)

**Рогач Тетяна Іванівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач, кафедра біології, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21100

E-mail: [rogachv@ukr.net](mailto:rogachv@ukr.net)