



Influence of growth stimulants on photosynthetic apparatus, morphogenesis and production process of eggplant (*Solanum melongena*)

V. V. Rohach

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynsky State Pedagogical University, Vinnitsia, Ukraine

Article info

Received 14.10.2017

Received in revised form
17.11.2017

Accepted 18.11.2017

Vinnitsya State Pedagogical
University after named
Mykhailo Kotsiubynsky,
Ostrozshskogo st., 32,
Vinnitsa, 21000, Ukraine.
Tel.: +38-098-59-44-832.
E-mail: rogachv@ukr.net

Rohach, V. V. (2017). Influence of growth stimulants on photosynthetic apparatus, morphogenesis and production process of eggplant (*Solanum melongena*). *Biosystems Diversity*, 25(4), 297–303. doi:10.15421/011745

Artificial regulation of the growth and development of cultivated plants aiming at an increase of biological productivity and improvement of the quality of agricultural products is a significant objective of modern phytophysiology. The use of natural and synthetic growth stimulants is quite effective. The present paper discusses the issue of the influence of gibberellin acid (GA3), 1-naphthylacetic acid (1-NAA) and 6-benzylaminopurine (6-BAP) on the morphogenesis and productivity of aubergine plants of Diamond variety. Field experiments were conducted in 2013–2015. The plants were treated with such growth stimulators as 1-NAA, GA3 and 6-BAP at the concentration of 0.005% using a portable sprayer. The phytometric indices were fixed every 10 days, the mesostructure was checked in the leaves of the middle layer in the phase of fruit formation, the content of the amount of chlorophylls was determined in the fresh material by spectrophotometric method, the content of different forms of carbohydrates and nitrogen in the plant organs was estimated by biochemical methods in fixed dry material. It was found that GA3 increased plant height on average by 16.3%. 1-NAA and 6-BAP practically did not change linear plant sizes. The germicides increased the number of leaves per plant (10.8–30.8%), the mass of their raw matter (19.9–47.5%) and the area of the leaf surface (17.5–42.5%). The most significant impact on these indicators was made by GA3. All the germicides increased the number of leaves per plant (14.3–20.9%). 6-BAP increased the thickness of the leaf blades by 6.3% due to the growth of chlorenchyma, and GA3 reduced it by 9.2%. Under the influence of 6-BAP and 1-NAA, the thickness of chlorenchyma was increased by 7.0% and 5.9% respectively. The upper and lower epidermis became thinner or did not change under the effects of these germicides. Under the plant treatment with 1-NAA and 6-BAP, the size of columnar parenchyma cells increased by 25.6% and 19.6% and the size of the spongiform parenchyma cells increased by 8.4–76.7%. Under the action of GA3, the cell volume of the columnar parenchyma did not change significantly, and the size of the spongy cells increased. This paper reveals that all growth stimulants reduced the number of epidermis cells (6.6–7.4%). Under the action of 1-NAA and 6-BAP, there was a decrease in the number of stomata per 1 mm² of the abacus leaf surface, respectively, by 6.5% and 21.2%. Instead, after the use of GA3, an increase in the number of stomata was observed by 21.8%. Such germicides as 1-NAA and GA3 reduced the area of respiratory area by 11.7% and 21.4%, while the 6-BAP increased its area by 10.4%. The results of the research show that 6-BAP increased the content of the sum of chlorophylls *a + b* in leaves by 13.3%. Under the action of 1-NAA, this indicator had only a tendency to increase (6.7%), but under the influence of GA3 it decreased. Moreover, the processing with germicides significantly increased leaf and chlorophyll indices. All three growth stimulants have increased the mass of dry matter of plants and the net productivity of photosynthesis. The data demonstrate that growth stimulants have contributed to the accumulation of various forms of carbohydrates in the roots and fruits. In the stems and leaves there was a tendency to decrease the content of sugars and starch. The germicides significantly reduced the content of all forms of nitrogen in the roots, stems and fruits, and increased the content of protein nitrogen in the leaves. Under the action of GA3 and 6-BAP, the number of fruits per plant increased by 19.3% and 16.1%, respectively. All growth stimulants have significantly increased the average weight of the individual fetus (7.4–10.3%). As a result, the weight of the fruits from one plant after treatment with 1-NAA, GA3 and 6-BAP increased by 11.0%, 28.0% and 29.4%, respectively. There are grounds to think that growth stimulants, influencing anatomical, morphological, physiological and biochemical characteristics of aubergines, changed the nature of the donor-acceptor relationships in the plant, which intensified the production process and optimized its productivity.

Keywords: growth activators; morphology of Solanaceae; mesostructure; leaf apparatus; productivity

Вплив стимуляторів росту на фотосинтетичний апарат, морфогенез і продукційний процес баклажана (*Solanum melongena*)

В. В. Рогач

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна

Штучна регуляція росту та розвитку культурних рослин із метою підвищення біологічної продуктивності та поліпшення якості аграрної продукції – важливе завдання сучасної фітофізіології. Досить ефективне застосування природних та синтетичних стимуляторів

росту. Досліджували вплив гіберелової кислоти (ГКЗ), 1-нафтилоцтової кислоти (1-НОК) і 6-бензиламінопурину (6-БАП) на морфогенез і продуктивність рослин баклажанів сорту Алмаз. Польові дрібноділянкові досліді закладали в 2013–2015 роках. Рослини обробляли стимуляторами росту 1-НОК, ГКЗ та 6-БАП у концентрації 0,005% за допомогою ранцевого обприскувача. Фітометричні показники визначали кожні 10 діб, мезоструктуру визначали в листках середнього ярусу у фазу формування плодів, вміст суми хлорофілів визначали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом, вміст різних форм вуглеводів і азоту в органах рослин визначали біохімічними методами у фіксованому сухому матеріалі. ГКЗ збільшувала висоту рослин у середньому на 16,3%. Препарати збільшували кількість листків на рослині, масу їх сирової речовини та площу листової поверхні. Найсуттєвіше на ці показники впливала ГКЗ. Усі препарати підвищували питому поверхневу щільність листків. 6-БАП збільшував товщину листових пластинок на 6,3%, а ГКЗ зменшувала її на 9,2%. За впливу 6-БАП і 1-НОК товщина хлоренхіми зростала на 7,0% і 5,9% відповідно. Верхній та нижній епідерміси за дії препаратів потоншувалися або ж не змінювалися. За обробки рослин 1-НОК та 6-БАП зростали об'єм клітин стовпчастої паренхіми та розміри клітин губчастої паренхіми. За дії ГКЗ об'єм клітин стовпчастої паренхіми достовірно не змінювався, а розміри клітин губчастої зростали. 6-БАП підвищував у листках вміст суми хлорофілів $a + b$ на 13,3%. За дії 1-НОК цей показник мав лише тенденцію до зростання (6,7%), а за впливу ГКЗ недостовірно зменшувався. За обробки препаратами суттєво зростали листовий і хлорофільний індекси. Усі три стимулятори росту збільшували масу сухої речовини рослин і чисту продуктивність фотосинтезу. Стимулятори росту сприяли накопиченню різних форм вуглеводів у корінні та плодах. У стеблах і листках спостерігали тенденцію до зниження вмісту цукрів і крохмалю. Препарати достовірно зменшували вміст усіх форм азоту в корінні, стеблах і плодах і збільшували вміст білкового азоту в листках. За дії ГКЗ та 6-БАП кількість плодів на рослині збільшувалася на 19,3% і 16,1% відповідно. Усі стимулятори росту достовірно збільшували середню масу окремо взятого плоду (на 7,4–10,3%). У результаті маса плодів з однієї рослини після застосування 1-НОК, ГКЗ та 6-БАП збільшувалася порівняно з контролем відповідно на 11,0%, 28,0% та 29,4%. Таким чином, стимулятори росту, впливаючи на анатомо-морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики рослин баклажанів, змінювали характер донорно-акцепторних відносин у рослині, що інтенсифікувало продукційний процес і оптимізувало урожайність культури.

Ключові слова: активатори росту; морфометрія пасльонових; мезоструктура; листовий апарат; урожайність

Вступ

Одне з важливих завдань сучасної фізіології та біохімії рослин – пошук нових шляхів і способів підвищення продуктивності культурних рослин і поліпшення якості їх продукції (Rogach, 2009; Khodanitska and Kuryata, 2011). Умова отримання значних досягнень у цьому напрямку – оптимізація рівня реалізації генетичного потенціалу рослин з одночасною мінімізацією впливу негативних факторів зовнішнього середовища у процесі їх онтогенезу (Muhammad and Muhammad, 2013; Rai et al., 2017).

Цілеспрямовано управляти продуктивністю рослин дають можливість регулятори росту та розвитку, серед яких одна з найперших і найбільше застосовуваних в аграрному виробництві – група стимуляторів. За своєю природою ці препарати – нативні фітогормони або їх синтетичні аналоги. Вони володіють широким спектром дії на рослини, а їх застосування дозволяє спрямовано регулювати окремі етапи росту та розвитку рослин із метою мобілізації потенційних можливостей рослинного організму, а насамперед повніше використовувати світлову енергію для посиленого синтезу пластичних речовин із наступним їх направленням до господарсько цінних тканин і органів (Aremu et al., 2017; Madzikane-Mlungwana et al., 2017).

Дія фізіологічно активних речовин зумовлює перебудову асиміляційного апарату рослини, зміну габітусу, співвідношення мас її органів, появу додаткових атрактивних центрів і посилення або послаблення функціонування вже існуючих, що свідчить про зміни характеру донорно-акцепторних відносин у рослині (Kuryata et al., 2017; Poprotska and Kuryata, 2017). Вплив рістстимулювальних препаратів пов'язаний із пришвидшенням процесів поділу, розтягуванням і диференціюванням з одночасним збільшенням лінійних розмірів рослин (Mesejo et al., 2012; Aremu et al., 2017; Madzikane-Mlungwana et al., 2017; Rai et al., 2017), площі асиміляційної поверхні (Rogach, 2009; Polyvanuj and Kuryata, 2015; Ren et al., 2017), підвищенням концентрації хлорофілу (Xiaotao et al., 2013; Luo et al., 2016; Ren et al., 2017) і як наслідок, активізацією фотосинтетичних процесів (Muhammad and Muhammad, 2013; Rai et al., 2017; Ren et al., 2017) і зростанням продуктивності культури (Gonzatto et al., 2016; Khalid et al., 2016; Alexopoulos et al., 2017).

У науковій літературі достатньо інформації про застосування нативних та синтетичних рістстимуляторів із метою активізації продукційного процесу шляхом морфометричних змін у зернових (Javid et al., 2011; Muhammad and Muhammad, 2013; Luo et al., 2016; Zhao et al., 2017), зернобобових (Xing et al., 2016), олійних (Rogach, 2009; Khodanitska and Kuryata, 2011; Fu et al., 2014; Froschle et al., 2017), овочевих (Xiaotao et al., 2013; Tubic et al., 2016; Alexopoulos et al., 2017), технічних (Khodanitska and Kuryata, 2011; Muhammad and Muhammad, 2013; Rai et al., 2017),

фруктових (Ahmed et al., 2012; Cruz-Castillo et al., 2014; Li et al., 2016), лікарських і декоративних (Gouveia et al., 2012; Aremu et al., 2017; Madzikane-Mlungwana et al., 2017) культурах. Стимулятори росту також підвищують стійкість сільськогосподарських культур до несприятливих абіотичних та біотичних факторів середовища завдяки змінам у гормональному статусі та активізації антиоксидантних систем рослинного організму (Javid et al., 2011; Muhammad and Muhammad, 2013; Piotrowska-Niczyporuk et al., 2014; Tubic et al., 2016; Xing et al., 2016).

У науковій літературі є достатня кількість інформації про застосування гіберелінів для регуляції росту, розвитку та продуктивності культурних рослин. Дія гіберелінів пов'язана з активізацією насамперед твірних тканин і, як наслідок, утворенням більших рослин із потужним асиміляційним апаратом і кращими потенційними можливостями щодо формування біологічної продуктивності (Ahmed et al., 2012; Cruz-Castillo et al., 2014; Alexopoulos et al., 2017). Окрім цього, гібереліни затримують старіння листків та індукують закладання більшої кількості квіток на рослині.

Зокрема, гіберелова кислота прискорювала ростові процеси, збільшувала біомасу листя, активізувала фотосинтетичні процеси рослин *Polygonum cuspidatum*, але зменшувала питому поверхневу щільність листків (Sugiura et al., 2015). Гіберелова кислота сприяла накопиченню сухої речовини рослинами льону, зростанню показника чистої продуктивності фотосинтезу, збільшенню урожайності насіння, підвищенню його олійності та виходу волокон (Mohammad and Mohammad, 2013). Цей самий препарат підвищував стійкість проростків пшениці до засолення та збільшував урожайність культури (Muhammad and Muhammad, 2013), а в іншому випадку прискорював ріст і розтягування стебла та листків, збільшував масу сирової та сухої речовини рослини та площу листя (Zhao et al., 2017). Зростання сухої маси плодів і зменшення сирової маси зафіксовані після застосування препарату на мандаринах (Khalid et al., 2016). Гіберелова кислота в концентрації 35 мг/л суттєво зменшувала обпадання плодів манго та збільшувала їх розмір чим зумовлювала підвищення урожайності (Ahmed et al., 2012). Застосування гіберелової кислоти на насадженнях цукрової тростини викликало збільшення лінійних розмірів рослин, кількість стебел і міжвузлів на стеблі, маси сирової речовини та діаметра стебла, площі листя, індексу листової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу та тривалості фотосинтетичного періоду порівняно з контролем. Такі морфометричні зміни рослин зумовили підвищення біологічної продуктивності культури (Rai et al., 2017).

Досить різноманітні за хімічною структурою, але схожі за анатомо-морфологічними та фізіолого-біохімічними ефектами ауксини стимулятори росту. Літературні дані містять інформацію про те, що синтетичний ауксин із групи індолінів індол-3-масляна кислота посилювала укорінення саджанців *Eriosephalus africanus*

(Madzikane-Mlungwana et al., 2017), а індол-3-оцтова кислота збільшувала урожайність рису в умовах засолення (Javid et al., 2011).

У наукових джерелах достатньо інформації щодо застосування галогеновмісних похідних феноксиоцтової кислоти. Зокрема, обробка 3,5,6-трихлор-2-піридилоксиоцтовою кислотою рослин мандарина викликала гальмування ростових і фотосинтетичних процесів упродовж першої декади після обробки та посилювала їх у наступні етапи онтогенезу, що зумовило підвищення продуктивності порівняно з контролем (Mesejo et al., 2012). За результатами інших дослідників, вказаний препарат підвищував урожайність мандарина за рахунок збільшення розмірів і маси плодів без збільшення їх кількості (Gonzatto et al., 2016). Аналогічний ефект спостерігали за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти, застосованої на рослинах манго (Ahmed et al., 2012). 2,4-дихлорфеноксипропіонова кислота підвищувала урожайність апельсинів за рахунок зменшення опадання незрілих плодів та збільшення їх розмірів і маси (Yildirim et al., 2012). Представник цієї ж групи ауксинів – фенілоцтова кислота збільшувала концентрацію фотосинтетичних пігментів у зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris* (Piotrowska-Niczyporuk et al., 2014).

Надзвичайно активна група ауксинів – похідні нафтилкарбонових кислот і їх солі. Низка дослідників констатує позитивний вплив 1-нафтилоцтової кислоти на ріст, розвиток і продуктивність культурних рослин. Препарат збільшував концентрацію хлорофілів у клітинах зеленої водорості (Piotrowska-Niczyporuk et al., 2014), за його впливу збільшувалися розміри рослини та довжина листків пшениці, одночасно зростала маса сирогої та сухої речовини цілої рослини (Zhao et al., 2017). Разом із тим, за іншими даними, препарат практично не впливав на морфометричні показники *Lachenalia montana* (Aremu et al., 2017).

У літературних джерелах міститься інформація щодо застосування цитокініних препаратів в аграрній практиці. Похідні фенілсечовини – тидіазурон і N-(2-хлор-4-піридил)-N-фенілсечовина збільшували кількість бруньок у цибулі (Tubic et al., 2016). Найпоширеніший представник іншої групи цитокінінів – N-оксид заміщених піридину – це 2,6-диметилпіридин-1-оксид. Препарат широко застосовують, як стимулятор росту під час вирощування овочевих і технічних культур. Обробка рослин соняшнику (Rogach, 2009), маку олійного (Polyvanuy and Kurvata, 2015), льону (Khodanitska and Kurvata, 2011) трептолемом (2,6-диметилпіридин-1-оксид) зумовила зростання урожайності культур і поліпшення якості олії.

Найширше застосовують групу синтетичних цитокінінів – аналоги природних цитокінінів пуринового ряду. У науковій літературі міститься інформація про застосування 6-бензиламінопурину на багатьох сільськогосподарських культурах. Обробка препаратом розсади *Polygonum cuspidatum* підвищувала сиру масу листа (Sugiura et al., 2015). У *Plukenetia volubilis* стимулятор збільшував кількість жіночих квіток, що позитивно вплинуло на урожайність культури (Fu et al., 2014), як і в *Jatropha curcas* (Froschle et al., 2017). 6-бензиламінопурин гальмував ріст молодих пагонів у яблуні, але посилював цвітіння рослини (Li et al., 2016). Застосування цього ж препарату на посівах кукурудзи позитивно впливало на мезоструктуру листків, збільшувало кількість хлоропластів та вміст хлорофілу в них, а також підвищувало індекс листової поверхні та чисту продуктивність фотосинтезу. Такі зміни в листовому апараті позитивно вплинули на урожайність зерна (Ren et al., 2017). Зростання вмісту хлорофілу в листках пшениці (Luo et al., 2016) та огірка (Xiaotao et al., 2013) за дії 6-бензиламінопурину відмічали у своїх працях також інші автори. Одночасно в цих культур збільшувалася урожайність зерна (Luo et al., 2016) та поліпшувалися якісні показники продукції (Xiaotao et al., 2013). Застосування різних препаратів цієї групи синтетичних аналогів цитокініну (6-бензиламінопурину, ізопентениладеніну, мета-тополіну, мета-тополінірибозиду та 6-(3-гідроксибензиламіно)-9-(тетрагідропіран-2-іл) пурину) на лікарській рослині *Eriosephalus africanus* по-різному впливало на морфогенез культури. Найбільшу кількість стебел зафіксовано за впливу мета-тополіну, максимальні лінійні розміри стебел спостерігали після обробки ізопентениладеніном, а зростання сирогої речовини рослини сприяли 6-бензиламіно-

пурин та 6-(3-гідроксибензиламіно)-9-(тетрагідропіран-2-іл) пурин) (Madzikane-Mlungwana et al., 2017). Подібні результати за впливу цих самих препаратів показано у досліді інших авторів (Aremu et al., 2017). У декоративної культури *Lachenalia montana* мета-тополінірибозид збільшував кількість стебел, 6-бензиламінопурин – кількість цибулин, а ізопентениладенін практично не впливав на анатомо-морфологічні характеристики. Зростання продуктивності *Jatropha curcas* відбувалося після застосування 6-бензиламінопурину та форхлорфенурону (Froschle et al., 2017). Препарат форхлорфенурон збільшував масу плодів киви (Cruz-Castilloa et al., 2014), а фурфуриладенін (кінетин) – урожайність зерна рису (Javid et al., 2011).

Отже, численні дані літератури свідчать, що екзогенно застосовані гібереліни, ауксини та цитокініни викликають оптимізацію продукційного процесу сільськогосподарських культур і підвищення їх урожайності та якості продукції. Разом із тим, у літературі практично відсутні порівняльні системні дослідження регуляції швидкості росту, морфогенезу, формування фотосинтетичного апарату за дії синтетичних стимуляторів росту на рослинах баклажанів. У зв'язку з викладеним, мета цього дослідження – встановити роль морфологічної та мезоструктурної складових у регуляції донорно-акцепторних відносин рослин баклажанів за дії гібереллової, 1-нафтилоцтової кислот і 6-бензиламінопурину.

Матеріал і методи досліджень

Польові дрібноділянкові досліді закладали на землях СФГ «Бержан П. Г.» с. Горбанівка Вінницького району Вінницької області у вегетаційні періоди 2013–2015 років. Розсаду баклажанів сорту Алмаз висаджували стрічковим способом за формулою 80 + 50 + 50 × 25. Площа ділянок – 33 м², повторність – п'ятикратна. Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків 0,005% розчином нафтилоцтової кислоти (1-НОК), 0,005% розчином гібереллової кислоти (ГКЗ) та 0,005% розчином 6-бензиламінопурину (6-БАП) у фазу бутонізації 17.07.2013 р., 10.07.2014 р. і 19.07.2015 р. Контрольні рослини обприскували водопровідною водою. Фітометричні показники (висоту рослин, масу сухої та сирогої речовини рослини та листя, площу листків) визначали на 20 рослинах. Відбирали матеріали для вивчення мезоструктури листка у фазу утворення плодів. Мезоструктуру листків дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Визначення розмірів клітин хлоренхіми та її товщину здійснювали за допомогою мікроскопа Микмед-1 і окулярного мікрометра МОВ-1-15х у 35-кратній повторності. Для мезоструктурного аналізу відбирали листки середнього ярусу. У фазу плодоношення визначали вміст суми хлорофілів у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-16, вміст цукрів і крохмалю визначали за Починком, а вміст різних форм азоту – методом К'ельдаля (Latimer, 2010). Протягом вегетації визначали чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) як приріст маси сухої речовини за одиницю часу на одиницю площі листків, індекс листової поверхні (ЛП) – як відношення сумарної площі листків до одиниці площі насаджень, хлорофільний індекс (ХІ) – як добуток площі листків рослини та вмісту сумарного хлорофілу в них і питомої поверхневої щільності листка (ППЩЛ) – як відношення сухої маси листків до їх площі. У таблицях і на графіках наведено середні дані за три роки досліджень. Результати обробляли за допомогою програми Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA). Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями вважали вірогідними за P < 0,05) (Van Emden, 2008). У таблицях наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки (SE).

Результати

Стимулятори росту 1-нафтилоцтова кислота (1-НОК), гібереллова кислота (ГКЗ) та 6-бензиламінопурин (6-БАП) у концентрації

0,005% зумовлювали зміни морфогенезу та продуктивності рослин баклажанів сорту Алмаз. Гіберелова кислота достовірно збільшувала висоту рослин баклажанів на кінець вегетації упродовж усіх років досліджень у середньому на 16,3%. Синтетичні аналоги ауксину (1-нафтилоцтова кислота) та цитокиніну (6-бензиламінопурин) лінійні розміри рослин практично не змінювали (табл. 1).

За дії стимуляторів росту відбувалися зміни будови та функціонування листового апарату. Такі показники основного фото-

синтетичного органа рослини як кількість, маса сирової речовини та площа асиміляційної поверхні виявляються важливими для формування біологічної продуктивності рослини. Всі три препарати збільшували кількість листових пластинок на рослині на 9,8–30,8%. Одночасно відбувалося зростання маси сирової речовини листків на 19,9–47,5% і площі листової поверхні на 17,5–42,5%. Найсуттєвіше вказані показники зростали після застосування гіберелової кислоти.

Таблиця 1

Морфологічна характеристика рослин баклажанів сорту Алмаз за дії стимуляторів росту (фаза утворення плодів, середні дані за 2013–2015 роки, n = 20, x ± SD)

Показники	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Висота рослини, см	54,6 ± 2,68	53,4 ± 2,53	63,5 ± 2,88*	52,8 ± 2,43
Кількість листків на рослині, шт.	88,7 ± 4,12	97,4 ± 4,41	116,1 ± 4,98***	103,6 ± 4,76*
Маса сирової речовини листків, г	141 ± 6,9	169 ± 7,7*	208 ± 9,1***	182 ± 8,2**
Площа листків, см ²	6179 ± 302	7271 ± 332*	8805 ± 418***	7509 ± 356**
Листковий індекс, м ² /м ²	4,12 ± 0,181	4,84 ± 0,221*	5,86 ± 0,281***	5,00 ± 0,248**
Питома поверхнева щільність листка, мг/см ²	5,30 ± 0,222	6,06 ± 0,283	6,41 ± 0,332*	6,23 ± 0,311*
Вміст суми хлорофілів (a + b), % на с. р.	0,495 ± 0,0211	0,528 ± 0,0222	0,474 ± 0,0193	0,561 ± 0,0231*
Хлорофільний індекс, г/м ²	1,13 ± 0,051	1,35 ± 0,062*	1,33 ± 0,058*	1,53 ± 0,067***
Маса сухої речовини рослини, г	109 ± 4,8	134 ± 6,7**	160 ± 7,2***	148 ± 6,9***
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² ·добу	10,1 ± 0,48	14,0 ± 0,66***	15,3 ± 0,71***	15,7 ± 0,73***

Примітка: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001; 1-НОК – 0,005% 1-нафтилоцтова кислота, ГК₃ – 0,005% гіберелова кислота, 6-БАП – 0,005% 6-бензиламінопурин.

Кількісна характеристика концентрації структурних елементів, які беруть участь у фотосинтетичних процесах, – питома поверхнева щільність листка. Всі препарати збільшували цей показник на 14,3–20,9% внаслідок змін у мезоструктурі листка.

Обробка рослин 6-бензиламінопурином збільшувала товщину листової пластинки дослідних рослин на 6,3%, а 1-нафтилоцтовою кислотою на 4,2% за рахунок розростання клітин основної фотосинтезувальної тканини – хлоренхіми (табл. 2). Гіберелова кислота зменшувала цей показник на 9,2%. За впливу цитокинінового та ауксинового стимуляторів росту товщина асиміляційної паренхіми зростала відповідно на 7,0% і 5,9%. За дії гіберелової кислоти товщина хлоренхіми не суттєво зменшувалася порівняно з контролем (7,5%). При цьому верхній та нижній епідерміс у переважній більшості випадків потоншали або ж не змінювалися порівняно з контрольним варіантом.

Установлено зростання об'єму клітин стовпчастої та довжини і ширини клітин губчастої паренхіми листків дослідних рослин за дії стимуляторів росту. Найсуттєвіше цей показник збільшується внаслідок застосування синтетичних аналогів ауксину та цитокиніну. За обробки рослин баклажанів 1-нафтилоцтовою кислотою

об'єм клітин стовпчастої паренхіми збільшувався на 25,6%, довжина клітин губчастої паренхіми – на 37,4%, а їх ширина – на 8,4%. Внаслідок застосування 6-бензиламінопурину об'єм клітин стовпчастої паренхіми збільшується на 19,6%, довжина клітин губчастої паренхіми зростала на 76,7%, а їх ширина – на 25,8%. За дії гіберелової кислоти об'єм клітин стовпчастої паренхіми не змінюється, а розміри клітин губчастої зростають на 42,7% і 8,4%.

Епідермальна будова листка та продиховий апарат мають суттєвий вплив на інтенсивність дихання та фотосинтезу і, як наслідок, впливають на формування продуктивності культури. Всі стимулятори росту зменшували кількість клітин епідермісу на 6,6–7,4%. За дії 1-нафтилоцтової кислоти та 6-бензиламінопурину відбувається зменшення кількості продихів на 1 мм² абаксальної поверхні листка відповідно на 6,5% та 21,2%. Застосування гіберелової кислоти спричинює зростання кількості продихів на одиницю абаксальної поверхні листка дослідних рослин на 21,8%. Результати наших досліджень свідчать, що застосування 1-нафтилоцтової кислоти та гіберелової кислоти зменшували площу продихів на 11,7% та 21,4%. Використання 6-бензиламінопурину викликало зростання площі продихових клітин на 10,4%.

Таблиця 2

Вплив стимуляторів росту на мезоструктурні показники листків баклажанів (фаза утворення плодів, n = 35, x ± SD)

Показники	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Товщина верхнього епідермісу, мкм	26,7 ± 0,91	26,7 ± 0,37	20,5 ± 0,51*	23,8 ± 0,64*
Товщина хлоренхіми, мкм	187 ± 2,7	198 ± 4,2*	173 ± 2,2***	200 ± 3,1**
Товщина нижнього епідермісу, мкм	24,1 ± 0,86	23,5 ± 0,41	22,5 ± 0,64	29,1 ± 0,83***
Товщина листової пластинки, мкм	238 ± 4,5	248 ± 5,9	216 ± 3,3***	253 ± 4,6*
Об'єм клітин стовпчастої паренхіми мкм ³	6207 ± 294,5	7793 ± 334,8**	6010 ± 298,6	7423 ± 218,7**
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	22,7 ± 0,51	31,2 ± 0,73***	32,4 ± 0,61***	40,1 ± 0,81***
Ширина клітин губчастої паренхіми, мкм	17,8 ± 0,41	19,3 ± 0,55*	19,3 ± 0,48*	22,4 ± 0,92***
Кількість клітин епідермісу, шт./мм ² абаксальної поверхні листка	732 ± 14,5	680 ± 8,3**	678 ± 6,1**	684 ± 6,7**
Кількість продихів, шт./мм ² абаксальної поверхні листка	170 ± 8,1	159 ± 6,5	207 ± 9,4**	134 ± 5,2***
Площа клітин продихів, мкм ²	154 ± 5,0	136 ± 5,0*	121 ± 5,4***	170 ± 4,1*

Примітка: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001; 1-НОК – 0,005% 1-нафтилоцтова кислота, ГК₃ – 0,005% гіберелова кислота, 6-БАП – 0,005% 6-бензиламінопурин.

Для поглибленого вивчення змін фотосинтетичного апарату баклажанів за дії стимуляторів росту ми дослідили концентрації хлорофілів у листках дослідних рослин (табл. 1). Достовірно зростання вмісту основного фотосинтетичного пігменту в листках баклажанів зафіксоване лише під час застосування 6-бензиламінопурину. Цитокиніновий стимулятор росту збільшував вміст суми хлорофілів a + b на 13,3%. За дії 1-нафтилоцтової кислоти вміст хлорофілів має лише тенденцію до зростання на 6,7%, а за дії гіберелової кислоти зменшується порівняно з контролем.

У зв'язку з анатомо-морфологічними змінами дослідних рослин після застосування стимуляторів росту важливо з'ясувати їх вплив на ценотичні показники. Суттєвay ценотичний показник насаджень – індекс листової поверхні. За обробки ауксиновим, гібереліновим і цитокиніновим стимуляторами росту показник листового індексу достовірно збільшується на 18–42%.

Зважаючи на зростання площі листової поверхні та сирової маси листя на одну рослину за дії стимуляторів росту, доцільне визначення такого вагомого ценотичного показника як хлорофіль-

ний індекс. Результати наших досліджень свідчать, що всі препарати збільшували хлорофільний індекс на 17,7–35,4%. Всі три стимулятори росту збільшували масу сухої речовини рослин порівняно з контролем у фазу утворення плодів. За дії препаратів достовірно зростала також чиста продуктивність фотосинтезу.

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєві зміни співвідношення мас вегетативних і генеративних органів культури баклажана за дії препаратів (рис.). Зростання частки плодів у

загальній масі рослини, у першу чергу відбувається за рахунок зменшення частки сухої речовини стебла, що свідчить про зміни донорно-акцепторних відносин, перерозподіл асимілятів у рослині у бік плодів. При цьому масова частка листків практично не змінюється, що важливо для оптимізації продукційного процесу рослини. Стимулятори росту також збільшують частку кореневої системи, що свідчить про краще забезпечення дослідних рослин водою, органічними та мінеральними речовинами з ґрунту.

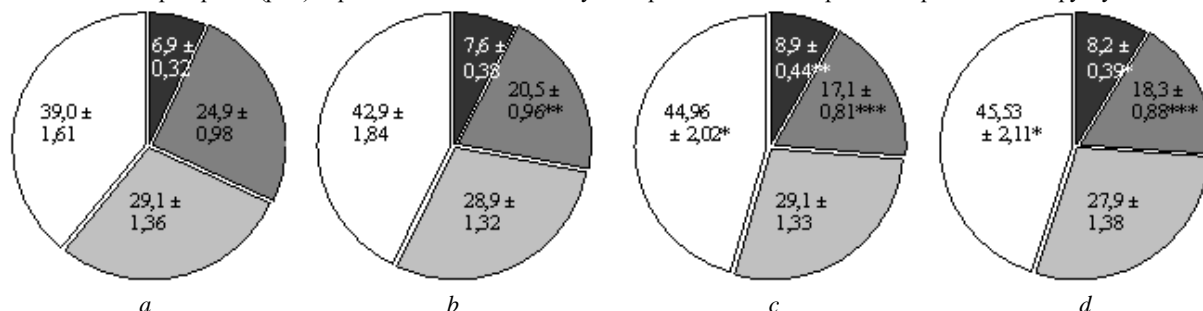


Рис. Вплив стимуляторів росту рослин на співвідношення маси сухої речовини органів баклажанів сорту Алмаз: фаза утворення плодів, середні дані за 2013–2015 роки; n = 20, x ± SD; біле – плоди, світло сіре – листки, темно сіре – стебло, чорне – коріння; a – контроль, b – 1-нафтилоцтова кислота, c – гіберелова кислота, d – 6-бензиламінопурин; * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001

Перебудова асиміляційного апарату рослини, зміна співвідношення мас її органів, посилення функціонування одних і послаблення інших атрагуючих центрів за дії фізіологічно активних речовин свідчить про зміни характеру донорно-акцепторних відносин у рослині. Оскільки суть таких відносин полягає у перерозподілі потоків асимілятів між органами рослини, для розроблення заходів екзогенної регуляції онтогенезу за допомогою стимуляторів необхідно мати чітке уявлення про динаміку накопичення та перерозподіл пластичних і мінеральних речовин у рослині.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що стимулятори росту сприяли накопиченню різних форм вуглеводів (цукри + крохмаль) у корінні рослин баклажанів сорту Алмаз (табл. 3). У стеблах і листках дослідних рослин спостерігали тенденцію до зниження вмісту цукрів і крохмалю або ж показники достовірно не змінювались. Одночасно у плодах вміст цукрів, крохмалю та суми

вуглеводів достовірно збільшувався порівняно з контролем. Максимальні показники зафіксовано після обробки рослин гібереловою кислотою. Аналіз вмісту різних форм азоту в органах рослин баклажанів у фазу формування плодів свідчить, що за дії стимуляторів росту відбувалося достовірне зменшення вмісту всіх форм елементу в корінні та стеблах і білкового азоту в плодах рослин (табл. 4). Одночасно спостерігали тенденцію до зростання вмісту білкового азоту в листках рослин, що зазнали дії стимуляторів росту, та достовірне зростання небілкового азоту в плодах (14,7–52,9%).

Отже, посилення ростових процесів у рослинах баклажанів за впливу стимуляторів росту зумовило формування потужнішого листкового апарату, підвищувало чисту продуктивність фотосинтезу, сприяло перерозподілу пластичних речовин між органами рослини у бік генеративних. Такі анатомо-морфологічні та фізіолого-біохімічні зміни позитивно вплинули на продуктивність культури баклажана.

Таблиця 3

Вплив стимуляторів росту на вміст різних форм вуглеводів в органах рослин баклажанів сорту Алмаз (% на суху речовину, середні дані за 2013–2015 роки, фаза утворення плодів, n = 5, x ± SD)

Показники	Корінь		Стебло			Листя		Плід				
	сума цукрів	крохмаль	сума вуглеводів	сума цукрів	сума крохмаль	сума вуглеводів	сума цукрів	сума крохмаль	сума вуглеводів			
Контроль	2,86 ± 0,074	3,83 ± 0,099	6,69 ± 0,173	4,97 ± 0,132	2,60 ± 0,068	7,57 ± 0,199	5,58 ± 0,142	2,94 ± 0,077	8,52 ± 0,219	20,30 ± 0,515	3,20 ± 0,088	23,50 ± 0,603
1-НОК	3,18 ± 0,088*	4,52 ± 0,119**	7,70 ± 0,207**	4,74 ± 0,128	2,34 ± 0,066*	7,08 ± 0,194	5,68 ± 0,147	2,43 ± 0,069**	8,11 ± 0,216	22,23 ± 0,558*	3,77 ± 0,099**	26,00 ± 0,657*
GK3	3,60 ± 0,096**	4,62 ± 0,124**	8,22 ± 0,220**	4,83 ± 0,129	2,56 ± 0,071	7,39 ± 0,201	6,05 ± 0,159	2,84 ± 0,078	8,89 ± 0,237	23,40 ± 0,595*	4,32 ± 0,118***	27,72 ± 0,713**
6-БАП	3,56 ± 0,099**	4,26 ± 0,128*	7,82 ± 0,227**	4,78 ± 0,129	2,71 ± 0,078	7,48 ± 0,207	5,61 ± 0,144	2,27 ± 0,063***	7,88 ± 0,237	23,56 ± 0,598**	3,85 ± 0,101**	27,41 ± 0,699**

Примітка: див. табл. 1.

Таблиця 4

Вплив стимуляторів росту на вміст різних форм азоту в органах рослин баклажанів сорту Алмаз (% на суху речовину, середні дані за 2013–2015 роки, фаза утворення плодів, n = 5, x ± SD)

Показники	Корінь			Стебло			Листя			Плід		
	ЗА	БА	НА	ЗА	БА	НА	ЗА	БА	НА	ЗА	БА	НА
Контроль	1,46 ± 0,033	1,17 ± 0,027	0,29 ± 0,007	1,68 ± 0,038	1,34 ± 0,029	0,35 ± 0,008	2,99 ± 0,073	2,39 ± 0,058	0,60 ± 0,012	2,24 ± 0,051	1,90 ± 0,044	0,34 ± 0,009
1-НОК	1,24 ± 0,028**	0,97 ± 0,022**	0,26 ± 0,006*	1,54 ± 0,035*	1,19 ± 0,027*	0,33 ± 0,007	3,11 ± 0,077	2,54 ± 0,068	0,57 ± 0,011	2,04 ± 0,048*	1,65 ± 0,039**	0,39 ± 0,007**
GK3	1,22 ± 0,025**	1,04 ± 0,021*	0,18 ± 0,004***	1,51 ± 0,032*	1,23 ± 0,030*	0,28 ± 0,005***	3,01 ± 0,074	2,44 ± 0,059	0,57 ± 0,012	2,15 ± 0,051	1,63 ± 0,037**	0,52 ± 0,012***
6-БАП	1,26 ± 0,027**	1,03 ± 0,019**	0,23 ± 0,005***	1,53 ± 0,036*	1,26 ± 0,031	0,27 ± 0,006***	2,89 ± 0,071	2,41 ± 0,060	0,48 ± 0,010***	2,26 ± 0,055	1,81 ± 0,041	0,46 ± 0,011***

Примітка: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001; ЗА – загальний азот, БА – білковий азот, НА – небілковий азот; 1-НОК – 0,005% 1-нафтилоцтова кислота, GK3 – 0,005% гіберелова кислота, 6-БАП – 0,005% 6-бензиламінопурин.

Таблиця 5

Дія стимуляторів росту на елементи продуктивності рослин баклажанів сорту Алмаз (фаза утворення плодів, середні дані за 2013–2015 роки, $n = 20$, $x \pm SD$)

Показники	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Маса сухої речовини плодів, г	42,6 ± 1,96	57,4 ± 2,25***	62,1 ± 2,74***	67,5 ± 3,32***
Кількість плодів на рослині, шт.	4,04 ± 0,183	4,09 ± 0,188	4,82 ± 0,232*	4,69 ± 0,212*
Середня маса одного плоду, г	136 ± 3,1	148 ± 3,7*	146 ± 3,7*	150 ± 4,4*
Маса плодів з однієї рослини, г	552 ± 26,9	612 ± 28,3	702 ± 33,6**	712 ± 35,4**
Урожайність плодів, т/га	36,4 ± 1,06	40,4 ± 1,38*	46,6 ± 2,28***	47,1 ± 2,32***

Примітка: див табл. 1.

За обробки рослин стимуляторами росту маса сухої речовини плодів у фазу їх формування суттєво перевищувала контроль. Найефективніше у цьому випадку застосування синтетичного аналога цитокінінів (табл. 5). Позитивною була динаміка закладання та формування плодів на рослині за дії гіберелової кислоти та 6-бензиламінопурину. Їх кількість порівняно з контролем зростала на 19,3% і 16,1%, відповідно. Ауксиновий стимулятор росту на цей показник не впливав. Усі стимулятори росту достовірно збільшували середню масу окремо взятого плоду (7,4–10,3%).

Внаслідок цього маса плодів з однієї рослини після застосування 1-нафтилоцтової кислоти, гіберелової кислоти та 6-бензиламінопурину збільшилась порівняно з контролем, відповідно, на 11,0%, 28,0% та 29,4%.

Обговорення

Функціонування рослини залежить від значної кількості екзогенних і ендогенних факторів, серед яких регуляція нативними гормонами та їх синтетичними аналогами чи модифікаторами досить суттєва, оскільки зміни в ростових, фізіологічних та біохімічних процесах у такий спосіб зумовлюють перебування всього рослинного організму (Kuryata et al., 2017; Poprotska and Kuryata, 2017). Стимуляція процесів росту та розвитку пов'язана з мобілізацією генетичного потенціалу рослини та спрямування асиміляційних ресурсів на зростання біологічної продуктивності, на відміну від ефектів, що викликаються інгібіторами, хоча дія останніх, як відомо, теж може супроводжуватися підвищенням урожайності за рахунок перерозподілу пластичних речовин між органами рослини. Основне джерело асимілятів у рослині – це листок.

Зміни будови та функціонування листового апарату як донора пластичних речовин – ключові у продукційному процесі. Посилення активності всіх видів меристематичних тканин за впливу стимуляторів росту сприяло формуванню більших за розмірами рослин (Mesejo et al., 2012; Aremu et al., 2017; Madzikane-Mlungwana et al., 2017), у яких формувалася відповідно потужніший листовий апарат (Rogach, 2009; Polyvanuj and Kuryata, 2015). Закладка більшої кількості листків за впливу гіберелової кислоти та 6-бензиламінопурину, зростання площі та маси сирогої речовини листків за дії всіх стимуляторів зумовили активізацію фотосинтетичних процесів і посилили донорну функцію листка. Схожі зміни у будові листового апарату за впливу гіберелінів та цитокінінів зафіксували також інші дослідники (Mohammad and Mohammad, 2013; Madzikane-Mlungwana et al., 2017; Rai et al., 2017). Зростання вмісту хлорофілів за впливу цитокінінових препаратів – типова реакція рослини на ці сполуки (Rogach, 2009; Xiaotao et al., 2013; Luo et al., 2016; Ren et al., 2017).

Окремий напрям впливу стимуляторів росту – мезоструктурна організація листка. Посилення мітогічної активності за дії препаратів сприяло потовщення листових пластинок за рахунок асиміляційної тканини, що проявлялося, напевно, у збільшенні кількості клітин мезофілу та, достовірно, розмірів клітин губчастої та об'єму клітин стовпчастої паренхіми. Такий вплив стимуляторів росту на мезоструктуру листових пластинок баклажанів може створювати передумови для підвищення фотосинтетичної продуктивності культури. Дані щодо потовщення листків за впливу рідких стимуляторів у своїх працях публікували й інші автори (Rogach, 2009). Асиміляти, що посилено синтезувались за впливу стимуляторів росту на початкових етапах онтогенезу, активно ви-

користувались на ростові процеси та прискорення розвитку. З появою додаткових акцепторних зон квіток, а пізніше – і плодів відбувалося перенаправлення додаткових ресурсів саме до них, тим більше, що рістстимулятори сприяли закладанню більшої кількості генеративних органів. Це підтверджує зменшення вмісту транспортної та запасної форм вуглеводів у надземних вегетативних органах рослин баклажанів і зростання їх вмісту у плодах. Дані щодо змін вмісту вуглеводів у вегетативних і генеративних органах рослин за дії стимуляторів росту також містять інші літературні джерела (Javid et al., 2011; Ahmed et al., 2012; Piotrowska-Niczyporuk et al., 2014; Khalid et al., 2016).

Установлене нами за дії стимуляторів росту зменшення вмісту загального азоту за рахунок білкової його форми, яке спостерігали в коренях, стеблах і плодах, очевидно, пов'язане з інтенсивним його використанням на процеси росту вегетативних органів і формування плодів, що в рослин, оброблених стимуляторами росту, закладалася та формувалася активніше. Тенденція до зростання вмісту білкового азоту в листках рослин, оброблених активаторами росту, на нашу думку, – підтвердження кращого забезпечення донора асимілятів ферментативним апаратом. Це додатковий фактор, який вказує на активізацію фотосинтетичних процесів. Одночасно у рослин, оброблених стимуляторами росту, збільшувалася вміст небілкового азоту у плодах. Плоди баклажанів багаті на соланін, нікотинову кислоту, тіамін та інші азотовмісні сполуки, концентрація яких, очевидно, за дії стимуляторів росту зростала.

Аналіз співвідношення мас вегетативних і генеративних органів свідчить, що у фазу формування плодів – основних акцепторів пластичних речовин у рослині, їх частка за дії стимуляторів росту зростала. При цьому масова частка донорів асимілятів – листків у зазначену фазу онтогенезу практично не змінилася, тоді як суттєво зменшилася частка ще одного потужного акцептора пластичних речовин – стебла. Посилене накопичення сухої речовини рослинами та зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу після застосування стимуляторів росту відмічали у своїх працях також інші вчені (Mohammad and Mohammad, 2013; Rai et al., 2017; Ren et al., 2017).

Процеси асиміляції та дисиміляції у рослинному організмі тісно пов'язані, суттєва частина ресурсів витрачається на процеси дихання та транспірації. У зв'язку із цим важливо з'ясувати зміни будови продигового апарату рослин за впливу різних за фізіологічною дією стимуляторів росту.

Зміни будови нижнього епідермісу листків дослідних рослин викликають зменшення їх транспіративної активності. Це – позитивний факт, особливо в умовах нестачі вологи та підвищеного температурного режиму під час вегетації. Випаровування з низки малих отворів іде удвічі інтенсивніше, ніж з одного великого однакового за площею, завдяки явищу крайової дифузії. Окрім цього, інтенсивність випаровування з малих отворів пропорційна їх діаметру, а не площі, у тому випадку якщо ці отвори розміщені досить віддалено один від одного. Зменшення кількості клітин епідермісу в дослідних рослин корелювало зі зростанням кількості продихів. Найменшою буде випаровуваність із листової поверхні рослин, оброблених 6-бензиламінопурином, а найбільшою за дії гіберелової кислоти. Разом із цим, очевидно, закладання та формування більшої кількості листків і зростання площі фотосинтезувальної поверхні рослин, що зазнали впливу гіберелової кислоти, компенсували надлишкові витрати ресурсів рослини на транспірацію.

Отже, посилення ростових процесів за впливу стимуляторів та зміни в морфометрії рослин унаслідок цього, у тому числі й у структурі листового апарату, зумовило утворення більшої кількості пластичних речовин із наступним їх направленням до господарсько цінних органів – плодів, кількість яких за дії препаратів більша. Це викликало підвищення біологічної продуктивності культури в цілому та врожайності плодів зокрема.

Висновки

Гіберелова кислота та синтетичні аналоги ауксину та цитокініну зумовлювали зміни морфогенезу та продуктивності рослин баклажанів сорту Алмаз. Гіберелова кислота збільшувала лінійні розміри, а усі стимулятори – масу сухої речовини цілої рослини. За дії препаратів достовірно зростала кількість листків на рослині, маса сирої речовини листків, площа листя, листковий індекс і питома поверхнева щільність листка.

Стимулятори росту зумовили потовщення листових пластинок за рахунок розростання клітин мезофіту, збільшили об'єм клітин стовпчастої та розміри клітин губчастої паренхіми, підвищували вміст суми хлорофілів у листках і хлорофільного індексу посівів. Ауксиновий, гібереліновий та цитокініновий препарати впливали на співвідношення мас вегетативних і генеративних органів, зміщуючи його у бік плодів і коріння.

За впливу стимуляторів відбувалося зменшення вмісту цукрів і крохмалю у вегетативних органах унаслідок посиленого їх відтоку до плодів, яких на оброблених препаратами рослинах закладалося більше. Одночасно спостерігали зменшення вмісту азоту у вегетативних і генеративних органах окрім листків, що вказує на додаткове забезпечення донора асимілятів ферментативним апаратом. Застосування гіберелової кислоти, 1-нафтилоцтової кислоти та 6-бензиламінопурину позитивно вплинуло на формування елементів продуктивності культури, що зумовило зростання урожайності плодів. За результатами трирічних досліджень найефективнішим виявилось застосування цитокінінового стимулятора росту.

References

Ahmed, W., Tahir, F. M., Rajwana, I. A., Raza, S. A., & Asad, H. U. (2012). Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in Dusehri Mango. *International Journal of Fruit Science*, 12, 372–389.

Alexopoulos, A. A., Karapanos, I. C., Akoumianakis, K. A., & Passam, H. C. (2017). Effect of gibberellic acid on the growth rate and physiological age of tubers cultivated from true potato seed. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(1), 1–10.

Aremu, A. O., Plackova, L., Masondo, N. A., Amoo, S. O., Moyo, M., Novak, O., Dolezal, K., & Staden, J. V. (2017). Regulating the regulators: Responses of four plant growth regulators during clonal propagation of *Lachenalia montana*. *Plant Growth Regulation*, 82(2), 305–315.

Cruz-Castillo, J. G., Baldicchi, A., Frionib, T., Marocchic, F., Moscatellod, S., Proiettid, S., Battistellid, A., & Famiianib, F. (2014). Pre-anthesis CPPU low dosage application increases Hayward kiwifruit weight without affecting the other qualitative and nutritional characteristics. *Food Chemistry*, 158(1), 224–228.

Froschle, M., Hom, H., & Spring, O. (2017). Effects of the cytokinins 6-benzyladenine and forchlorfenuron on fruit-, seed- and yield parameters according to developmental stages of flowers of the biofuel plant *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). *Plant Growth Regulation*, 81(2), 293–303.

Fu, Q., Niu, L., Zhang, Q., Pan, B-Z., He, H., & Xu, Z-F. (2014). Benzyladenine treatment promotes floral feminization and fruiting in a promising oilseed crop *Plukenetia volubilis*. *Industrial Crops and Products*, 59, 295–298.

Gonzatto, M. P., Boettcher, G. N., Schneider, L. A., Lopes, A. A., Junior, J. C. S., Petry, H. B., Oliveira, R. P., & Schwarz, S. F. (2016). 3,5,6-trichloro-2-pyridinylacetic acid as effective thinning agent for fruit of *Montenegrina mandarin*. *Ciencia Rural*, 46(12), 2078–2083.

Gouveia, E. J., Rocha, R. B., Galveas, B., Ramalho, L. A. R., Ferreira, M. G. R., & Dias, L. A. S. (2012). Grain yield increase of physic nut by field-application of benzyladenine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(10), 1541–1545.

Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Sanavy, S. A. M. M., Allahdadi, I., & Moradi, F. (2011). Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on

carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 65(2), 305–313.

Khalid, S., Malik, A. U., Khan, A. S., Razaq, K., & Naseer, M. (2016). Plant growth regulators application time influences fruit quality and storage potential of young kinnow mandarin trees. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18, 623–629.

Khodanitska, O. O., & Kuryata, V. G. (2011). Dija treptolemu na nasinnjevu produktivnist' i jakisni harakterystyky olii' l'onu [The effect of treptolem on seed yield and quality characteristics of flaxseed oil]. *Kormy i Kormovyrobnyctvo*, 70, 54–59 (in Ukrainian).

Kuryata, V. G., Poprotska, I. V., & Rogach, T. I. (2017). Vplyv stymuljatoriv rostu ta retardantiv na utylizaciju rezervnoi' olii' prorstkamy sonjashnyku [The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings]. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(3), 317–322 (in Ukrainian).

Li, Y., Zhang, D., Xing, L., Zhang, S., Zhao, C., & Han, M. (2016). Effect of exogenous 6-benzylaminopurine (6-BA) on branch type, floral induction and initiation, and related gene expression in Fuji apple (*Malus domestica*). *Plant Growth Regulation*, 79(1), 65–70.

Luo, Y., Yang, D., Yin, Y., Cui, Z., Li, Y., Chen, J., Zheng, M., Wang, Y., Pang, D., Li, Y., & Wang, Z. (2016). Effects of exogenous 6-BA and nitrogen fertilizers with varied rates on function and fluorescence characteristics of wheat leaves post anthesis. *Scientia Agricultura Sinica*, 49(6), 1060–1083.

Madzikane-Mlungwana, O., Moyo, M., Aremu, A. O., Plihalova, L., Doleal, K., Staden, J. V., & Finnie, J. F. (2017). Differential responses to isoprenoid, N6-substituted aromatic cytokinins and indole-3-butyric acid in direct plant regeneration of *Eriocephalus africanus*. *Plant Growth Regulation*, 82(1), 103–110.

Mesejo, C., Rosito, S., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., & Agustí, M. (2012). Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes *Citrus clementina* (Hort. ex Tan) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(2), 186–194.

Mohammad, N. K., & Mohammad, F. (2013). Effect of GA3, N and P ameliorate growth, seed and fibre yield by enhancing photosynthetic capacity and carbonic anhydrase activity of linseed. *Integrative Agriculture*, 12(7), 1183–1194.

Muhammad, I., & Muhammad, A. (2013). Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environmental and Experimental Botany*, 86, 76–85.

Piotrowska-Niczyporuk, A., & Bajguz, A. (2014). The effect of natural and synthetic auxins on the growth, metabolite content and antioxidant response of green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxioophyceae). *Plant Growth Regulation*, 73(1), 57–66.

Polyvanyj, S. V., & Kuryata, V. G. (2015). Dija treptolemu na morfogenez, produktivnist' ta jakisni harakterystyky maku olijnogo [Effects of treptolem on morphogenesis, productivity and qualitative characteristics of poppy oil]. *Agrobiologija*, 117(1), 65–72 (in Ukrainian).

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), 317–322.

Rai, R. K., Tripathi, N., Gautam, D., & Singh, P. (2017). Exogenous application of ethrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in subtropical India. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(2), 472–486.

Ren, B., Zhang, J., Dong, S., Liu, P., & Zhao, B. (2017). Regulations of 6-benzyladenine (6-BA) on leaf ultrastructure and photosynthetic characteristics of waterlogged summer maize. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(3), 743–754.

Ribeiro, D. M., Araújo, W. L., Fernie, A. R., Schippers, J. H. M., & Mueller-Roeber, B. (2012). Translatome and metabolome effects triggered by gibberellins during rosette growth in *Arabidopsis*. *Journal Experimental Botany*, 63(7), 2769–2786.

Rogach, T. I. (2009). Osoblyvosti morfogenezu i produktivnist' sonjashnyku za dii' treptolemu [Particularity of morphogenesis and productivity of sunflower plants under the influence of treptolem]. *Fiziologija Roslyn: Problemy ta Perspektyvy Rozvytku*, 2, 680–686 (in Ukrainian).

Sugiura, D., Sawakami, K., Kojim, M., Sakakibara, H., Terashima, I., & Tateno, M. (2015). Roles of gibberellins and cytokinins in regulation of morphological and physiological traits in *Polygonum cuspidatum* responding to light and nitrogen availabilities. *Functional Plant Biology*, 42(4) 397–409.

Tubic, L., Savic, J., Mitic, N., Milojevic, J., Janosevi, D., Budimir, S., & Zdravkovic-Korac, S. (2016). Cytokinins differentially affect regeneration, plant growth and antioxidative enzymes activity in chive (*Allium schoenoprasum*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* January, 124(1), 1–14.

Van Emde, H. F. (2008). *Statistics for terrified biologists*. Blackwell, Oxford.

Xiaotao, D., Yuping, J., Hong, W., Haijun, J., Hongmei, Z., Chunhong, C., & Jizhu, Y. (2013). Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange,

- chlorophyll fluorescence parameters, antioxidative system and carbohydrate accumulation in cucumber (*Cucumis sativus*) under low light. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(5) 1427–1438.
- Xing, X., Jiang, H., Zhou, Q., Xing, H., Jiang, H., & Wang, S. (2016). Improved drought tolerance by early IAA- and ABA-dependent H₂O₂ accumulation induced by α -naphthaleneacetic acid in soybean plants. *Plant Growth Regulation*, 80(3), 303–314.
- Yildirim, B., Yesiloglu, T., Incesu, M., Kamiloglu, M. U., Cimen, B., & Tamer, S. (2012). Effects of 2,4-DP (2,4-dichlorophenoxypropionic acid) plant growth regulator on fruit size and yield of Valencia oranges (*Citrus sinensis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 40(1), 55–64.
- Zhao, H., Cao, H., Ming-Zhen, P., Sun, Y., & Liu, T. (2017). The role of plant growth regulators in a plant aphid parasitoid tritrophic system. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(4), 868–876.