

УДК (581.1:582.926.2):661.162.65

ВПЛИВ ФОЛІАРНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТУ НА МОРФОГЕНЕЗ, ВМІСТ ПІГМЕНТІВ, ФІТОГОРМОНІВ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ *Solanum melongena* L.

© 2020 р. В. В. Рогач¹, Л. В. Войтенко², М. М. Щербатюк²,
Т. І. Рогач¹, І. В. Косаківська²

¹Вінницький державний педагогічний університет

ім. Михайла Коцюбинського

(Вінниця, Україна)

²Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного

Національної академії наук України

(Київ, Україна)

В умовах ґрунтово-піщаної культури проаналізовано вплив фоліарної обробки 0,005% водним розчином 1-нафтилоцтової кислоти (1-НОК), гіберелової кислоти (ГК₃) та 6-бензиламінопурина (6-БАП) на ріст і фізіолого-біохімічні характеристики рослин баклажана (*Solanum melongena* L.) сорту Алмаз. Встановлено, що обробка стимуляторами росту у фазі бутонізації призводила до збільшення лінійних розмірів рослин, кількості листків, маси сирої речовини листків, стебел і коренів, а також маси сухої речовини цілої рослини. Після обробки розчинами ГК₃ і 6-БАП впродовж усього вегетаційного періоду збільшувалася площа листкових пластинок, а наприкінці вегетації – загальна площа листкової поверхні усієї рослини. Обробка 6-БАП вірогідно підвищувала сумарний вміст хлорофілів у листках, тоді як за дії ГК₃ цей показник зменшувався. Стимулятори росту потовщували листкові пластинки за рахунок розростання клітин хлоренхіми. У варіантах із ГК₃ і 6-БАП зростав об'єм клітин стовпчастої паренхіми, а при застосуванні 1-НОК збільшувалися розміри клітин губчастої паренхіми. Усі препарати достовірно збільшували вміст індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК), ГК₃ та абсцизової кислоти (АБК) у стеблах. У листках після обробки 6-БАП ендогенні ІОК та ГК₃ знайдені у слідових кількостях, тоді як за дії екзогенних 1-НОК та ГК₃ вміст ІОК суттєво збільшувався. Після обробки рослин розчином 1-НОК рівень ендогенної ГК₃ зменшувався, натомість екзогенна ГК₃ спричиняла накопичення гормону в листках баклажана. Вміст АБК у листках рослин за дії екзогенних 1-НОК та ГК₃ зростав, а після обробки розчином 6-БАП зменшувався. Пул цитокінінів у стеблах та листках збільшувався за дії 1-НОК, тоді як 6-БАП пригнічував накопичення цитокінінів у стеблах та стимулював у листках. Обробка розчином ГК₃ практично не впливала на накопичення цитокінінів. Усі стимулятори росту підвищували урожайність культури баклажана за рахунок збільшення кількості плодів на рослині та середньої маси одного плоду. Найефективнішим виявилось застосування синтетичного аналога цитокінінів – 6-БАП.

Ключові слова: *Solanum melongena*, 6-БАП, 1-нафтилоцтова кислота, ГК₃, морфогенез, мезоструктура, хлорофіл, фітогормони, урожайність

DOI: <https://doi.org/10.35550/vbio2020.02.105>

Нативні та синтетичні гормональні регулятори росту сприяють реалізації потенційних можливостей рослинного організму, більш

повному використанню світлової енергії, посиленню синтезу пластичних речовин та їх спрямуванню до господарсько-цінних тканин і органів. Вони зумовлюють перебудову асиміляційного апарату, змінюють габітус, співвідношення між масами окремих органів, ініціюють появу додаткових атрагуючих центрів і поси-

Адреса для кореспонденції: Войтенко Леся Василівна, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01004, Україна;
e-mail: lesyavoytenko@gmail.com

люють функціонування існуючих, корегують донорно-акцепторні відносини (Киризий, 2004; Кур'ята та ін., 2017; Poprotska, Kuryata, 2017). Рістстимулюючі препарати прискорюють процеси поділу, розтягування і диференціації клітин, збільшують лінійні розміри рослини (Mesejo et al., 2012; Aremu et al., 2017; Madzikane-Mlungwana et al., 2017; Rai et al., 2017) та площу асиміляційної поверхні (Рогач, 2009; Поливаний, Кур'ята, 2015; Ren et al., 2017), впливають на вміст фотосинтетичних пігментів (Ren et al., 2017; Xiaotao et al., 2013), посилюють фотосинтетичну активність (Khan, Mohammad, 2013; Rai et al., 2017; Ren et al., 2017) підвищують продуктивність та врожайність (Gonzatto et al., 2016; Khalid et al., 2016; Alexopoulos et al., 2017).

До широко вживаних регуляторів росту належать препарати з гібереліновою, ауксиною та цитокініною активністю. Зміна балансу і активності ендogenous фітогормонів за дії екзогенних природних та синтетичних регуляторів відкриває можливість штучного керування процесами росту і розвитку рослин. Досить часто стимулятори росту застосовують з метою нівелювання негативного впливу абіотичних, біотичних та антропогенних факторів середовища.

Екзогенні гібереліни активують ростові процеси і формування квіток, індують розвиток потужного асиміляційного апарату, затримують старіння листків, підвищують продуктивність багатьох овочевих та фруктових культур (Ahmed et al., 2012; Cruz-Castillo et al., 2014; Alexopoulos et al., 2017). Фоліарна обробка екзогенною ГК₃ суттєво пом'якшувала вплив засолення, посилювала ріст і підвищувала урожайність рослин *Solanum lycopersicum*. При цьому зростає вміст активних гіберелінів, цитокінінів, ІОК та АБК (Khaloufi et al., 2017). Після обробки рослин *Brassica campestris* ГК₃ в умовах холодного стресу спостерігалось зростання лінійних розмірів, збільшувалась кількість бутонів та квіток. У верхівках пагона зафіксоване підвищення вмісту ендogenous ГК₃, ІОК та цитокінінів (Song et al., 2019).

Екзогенна індоліл-3-масляна кислота посилювала укорінення саджанців *Eriosephalus africanus* (Madzikane-Mlungwana et al., 2017), а в умовах засолення екзогенна ІОК збільшувала урожайність рису (Ghorbani et al., 2011). Обробка розсади *Malus hupehensis* синтетичним ауксином індоліл-3-бутановою кислотою посилювала ростові процеси, потовщувала стебло та індуювала розвиток бічних коренів. Водночас

зростає вміст ІОК і зеатинрибозиду та зменшувалась кількість АБК і ГК₃. За дії препарату зростало співвідношення між ІОК та АБК, а також між АБК та ГК₃ (Mao et al., 2018). За обробки виноградної лози сумішшю нативного та синтетичного ауксинів збільшувався вміст ендogenous зеатинрибозиду, ГК₃ та ІОК і зменшувалась кількість АБК, що позитивно вплинуло на приживлювання живців (Zhou et al., 2020).

Препарати цитокінінової природи тідіазурон і N-(2-хлор-4-піридил)-N-фенілсечовина збільшували кількість бруньок у цибулі (Tubić et al., 2016), тоді як обробка рослин соняшнику (Рогач, 2009), маку олійного (Поліваний, Кур'ята, 2015), льону (Ходаніцька, Кур'ята, 2011) трептоломом (2,6-диметилпіридин-1-оксид) зумовила зростання урожайності культур і покращення якості їх олій.

Отже, екзогенні стимулятори росту оптимізують продукційний процес і підвищують якість аграрної продукції. Це зумовлено змінами гормонального балансу, анатомо-морфологічними та фізіолого-біохімічними перетвореннями. Водночас порівняльні системні дослідження динаміки накопичення і розподілу ендogenous фітогормонів за впливу синтетичних аналогів гормонів-стимуляторів на рослинах *Solanum melongena* L. не проводилися.

Тому, мета роботи полягала у вивченні характеру акумуляції і локалізації ендogenous фітогормонів за дії екзогенних стимуляторів росту та їх впливу на морфогенез, листковий апарат і продуктивність культури баклажана.

МЕТОДИКА

Вегетаційний дослід закладали в умовах ґрунтово-піщаної культури у непрозорих пластмасових посудинах місткістю 10 л. Використовували сірий лісовий опідзолений крупнопилувато-середньосуглинковий ґрунт у суміші із піском у співвідношенні 3:1. Рослини вирощували у контрольованих умовах за температури + 20/17°C (день/ніч), інтенсивності освітлення 690 мкмоль/(м²•с), фотоперіоду 16/8 год (день/ніч), відносної вологості повітря – 65 ± 5%, вологість субстрату підтримували на рівні 60% від повної вологості. Полив здійснювали щоденно розчином Кнопа з розрахунку по 250 мл на посудину.

Рослини баклажанів сорту Алмаз одноразово обприскували до повного змочування листків 0,005% водними розчинами 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП виробництва фірми Power Grown (США) у фазі бутонізації 10 червня 2018 року (висі-

ВПЛИВ ФОЛІАРНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

вання у парник 03.03.2018 р., висадка у посудини 26.05.2018 р.). Оптимальні концентрації ІНОК, ГК₃ та 6-БАП були визначені методом біопроб при проростанні насіння баклажанів. Контрольні рослини обробляли водою. Повторність вегетаційного дослідження десятиразова.

Аналіз морфологічних показників проводили кожні 10 діб, починаючи від дня обробки. Для визначення маси окремих органів їх зважували на лабораторних терезах. Площу листків визначали методом висічок (АОАС, 2010). Середню площу листкових пластинок визначали шляхом перемноження довжини листкової пластинки на її ширину та на перерахунковий коефіцієнт 0,75.

Мезоструктуру листка аналізували у період карпогенезу (30-та доба після обробки). Рослинний матеріал зберігали у суміші однакової частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Розміри окремих клітин хлоренхіми визначали на препаратах, одержаних методом часткової мацерації тканин листка. Мацеруючий агент – 5% розчин оцтової кислоти в соляній кислоті (2 М). Для анатомічного аналізу відбирали листки середнього ярусу, які повністю закінчили ріст. Розмір анатомічних елементів визначали на мікроскопі Микмед-1 (РФ) за допомогою окулярного мікрометра МОВ-1-15× (РФ). Для кожного варіанта проводили 35 вимірювань (Мокроносів, Борзенкова, 1978).

Вміст хлорофілів визначали у сирому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-16 (РФ). Екстракцію проводили 96% етанолом. Повторність визначень 5-разова (АОАС, 2010).

Для визначення фітогормонів наважки матеріалу (2 г) розтирали у рідкому азоті та гомогенізували у 10 мл екстракційного розчину (метанол : вода : мурашина кислота у співвідношенні 15:4:1) і екстрагували впродовж 24 год. Екстракти центрифугували впродовж 30 хв при 15000 об/хв. за температури + 4°C на центрифугі К-24 фірми Janetski (Німеччина). Супернатанти зливали, а до осаду додавали 5 мл екстракційного розчину і витримували ще 30 хв, після чого повторно центрифугували. Об'єднані супернатанти упарювали до 5 мл за допомогою вакуумного випаровувача Тур 350Р (Польща). Подальше очищення фітогормонів проводили за методом (Kosakivska et al., 2020) на двох твердофазних колонках SPE C18, SerPak Plus, Waters та SPE Oasis MCX, 6 cc/150 mg, Waters. Колонку C18 використовували для видалення ліпофільних речовин, протеїнів та піг-

ментів. На колонці SPE Oasis MCX здійснювали сорбцію ІОК, АБК, ГК₃ та цитокінінів. Елюцію ІОК, АБК та ГК₃ проводили 100% метанолом, цитокінінів – за допомогою лужного елюенту – 60 мл 100% метанолу і 2,5 мл 26% аміаку доводили до об'єму 100 мл ультрачистою водою. Отримані елюенти випарювали досуха у вакуумному ротатійному випаровувачі за температури + 40°C. Сухі залишки кожної фракції перед аналізом відновлювали до об'єму 200 мкл 45% метанолом.

Аналітичне визначення фітогормонів проводили методом вискоєфективної рідинної хроматографії на рідинному хроматографі Agilent 1200 LC з діодно-матричним детектором G 1315 В (США) в тандемі з одноквадрупольним мас-спектрометром Agilent G6120A. Для хроматографічного розділення використовували колонку Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 з ліпофільно-модифікованим сорбентом, розмір часток якого становив 5 мкм (оберненофазна хроматографія). Після хроматографічного розділення компонентів проб об'ємом 20 мкл системою розчинників метанол : ультрачиста вода : оцтова кислота в об'ємному співвідношенні 45:54,9:0,1 проводили детекцію ІОК та АБК в УФ-області поглинання за аналітичної довжини хвилі 280 та 254 нм. Після розділення проб системою розчинників ацетонітрил : ультрачиста вода : оцтова кислота (30:69,9:0,1) детектували ГК₃ за сигналом мас-детектора. Проби з цитокінінами розділяли системою розчинників метанол : вода : оцтова кислота (35:64,5:0,5), а детекцію проводили за 269 нм. Швидкість рухомої фази розчинників під час детекції ІОК та АБК становила 0,7 мл/хв, ГК₃ та цитокінінів – 0,5 мл/хв. Як стандарти при побудові калібрувальних таблиць використовували немічені ІОК, АБК, ГК₃, *транс*-зеатин-*O*-глюкозид (*m*-ЗГ), *транс*-зеатин (*m*-З), *транс*-зеатинрибозид (*m*-ЗР), ізопентеніладенін (іП) та ізопентеніладенозин (іПА) виробництва Sigma-Aldrich (США).

Контроль вмісту речовин-аналітів у пробах здійснювали за допомогою мас-спектрометра в комбінованому режимі роботи (електроспрей та хімічна іонізація за атмосферного тиску) за негативної полярності іонізації молекул речовин-аналітів під час аналізу ІОК, ГК₃, АБК й позитивної під час аналізу цитокінінів. Для кількісного аналізу ГК₃ використовували сигнал мас-детектора MSD SIM (налаштування 50% часу сканування детектора показника маса іонізованої молекули/заряд 345). Якщо вміст фітогормону був меншим ніж

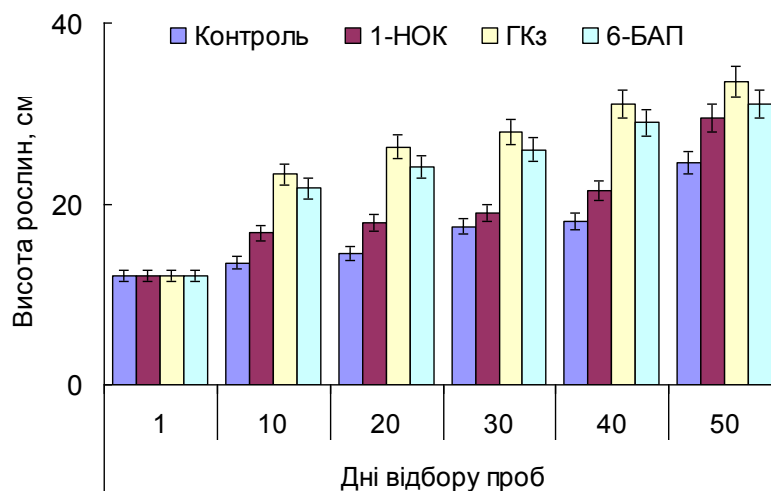


Рис. 1. Вплив фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації) на ріст *Solanum melongena*; n = 10; $\bar{x} \pm SE$.

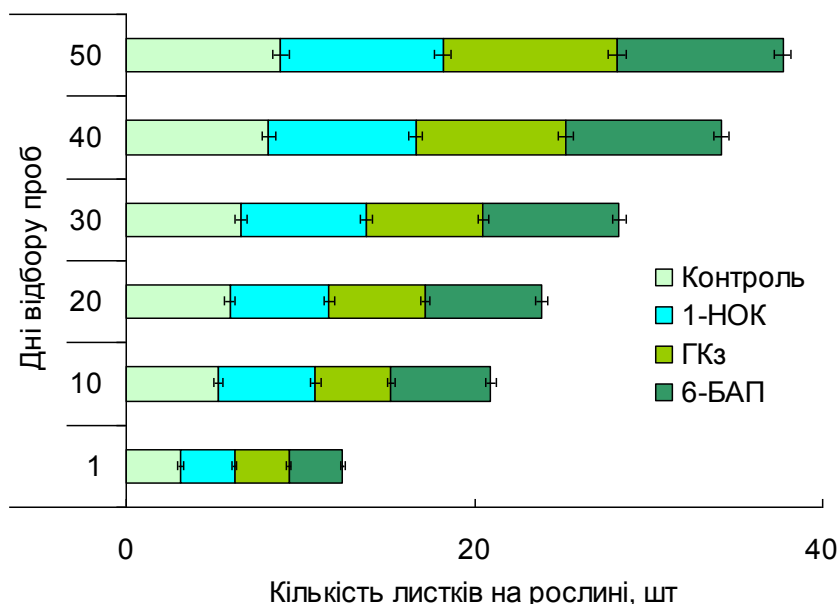


Рис. 2. Вплив фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації) на кількість листків на рослинах *S. melongena*; n = 10; $\bar{x} \pm SE$.

2,01 нг/г сирової речовини, то у таблиці таке значення вказане як сліди.

Досліди з аналізу вмісту фітогормонів проводили у трьох біологічних та трьох аналітичних повтореннях. Аналіз і обрахунок вмісту фітогормонів здійснювали за допомогою програмного забезпечення Agilent OpenLAB CDS ChemStation Edition (rev. C.01.09).

Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. (StatSoft Inc., USA). Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями обчислювали за критерієм

ANOVA, їх вважали вірогідними за $P < 0,05$) (Van Emden, 2008).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Фоліарна обробка баклажанів у фазі бутонізації 0,005% водними розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП посилювала швидкість росту. Впродовж вегетації найвищими були рослини, оброблені ГК₃. У фазі формування плодів лінійні розміри рослин, оброблених ГК₃, на 37% перевищували контроль, за дії 6-БАП на 27%, а під впливом 1-НОК на 20% (рис. 1).

ВПЛИВ ФОЛІАРНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Таблиця 1. Вплив фоліарної обробки стимуляторами росту на масу сирової речовини органів рослин *S. melongena* ($\bar{x} \pm SE$, $n = 10$)

Показник	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Маса сирової речовини листків, г	6,55±0,23	9,43±0,33*	7,11±0,29	11,22±0,44*
Маса сирової речовини стебел, г	4,11±0,18	7,22±0,25*	6,99±0,22*	13,71±0,45*
Маса сирової речовини коренів, г	3,03±0,12	3,19±0,13	6,81±0,28*	9,67±0,32*
Маса сухої речовини рослини, г	3,02±0,11	4,69±0,19*	4,72±0,21*	8,91±0,35*

Примітки: Тут і в табл. 2, 3: обробку рослин проводили у фазі бутонізації; зняття показників – у фазі формування плодів; * $P < 0,05$.

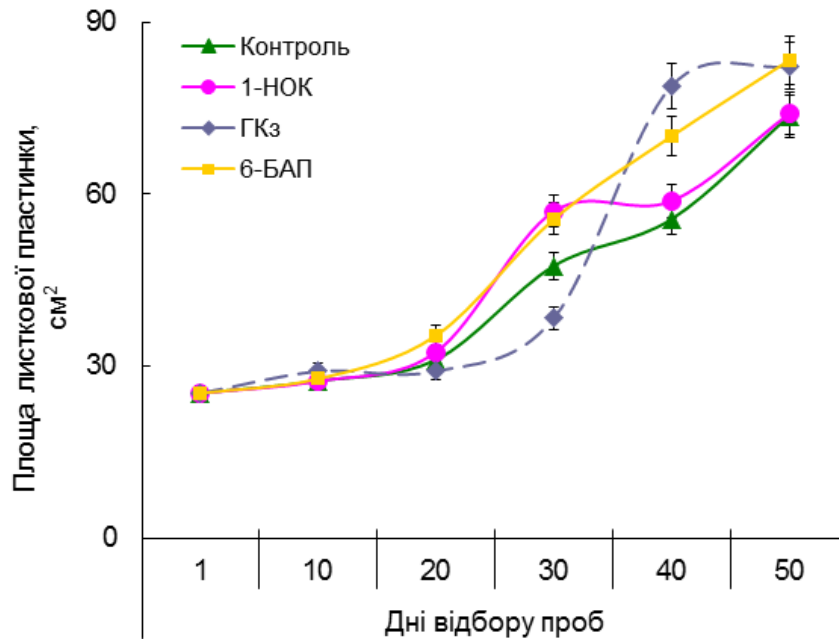


Рис. 3. Вплив фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації) на площу листових пластинок рослин *S. melongena*; $n = 10$; $\bar{x} \pm SE$.

Оскільки головним донором пластичних речовин у рослині є листок, нами було досліджено вплив регуляторів росту на листовий апарат. Виявилось, що після обробки розчином ГК₃ кількість листків на рослині у фазі формування плодів зростала на 12%. Після застосування 6-БАП та 1-НОК цей показник був значно меншим (рис. 2).

За дії регуляторів росту збільшилася маса сирової речовини листків. Під впливом 6-БАП цей показник зріс на 4,67 г на рослину, після застосування 1-НОК – на 2,88 г, тоді як після обробки ГК₃ лише на 0,56 г (табл. 1).

Регулятори росту збільшували масу сирової речовини стебел й коренів. За обробки 6-БАП маса стебла зросла на 9,61 г, а маса кореня на 6,64 г. ГК₃ збільшувала вказані показники відповідно на 2,91 г та 3,82 г. Під впливом 1-НОК маса стебла перевищувала контроль на 3,11 г, а маса кореня практично не змінювалася

(табл. 1). Регулятори росту впливали також на накопичення маси сухої речовини рослини. У фазі формування плодів 6-БАП індукував збільшення сухої маси цілої рослини на 5,89 г, ГК₃ підвищувала показник на 1,90 г, а 1-НОК – на 1,67 г (табл. 1).

Одним із головних показників, який впливає на урожайність сільськогосподарських культур, є площа листків. Виявлено, що впродовж всього періоду досліджень площа листових пластинок після обробки рослин 6-БАП зростала. Застосування ж екзогенної ГК₃ індукувало збільшення площі листка лише у другій половині вегетації. Під впливом 1-НОК показник вірогідно перевищував контроль лише під час цвітіння. У період карпогенезу площа листової пластинки за дії 6-БАП та ГК₃ зростала відповідно на 13 та 12% (рис. 3).

Площа листової поверхні цілої рослини у період карпогенезу під впливом 1-НОК, ГК₃

Таблиця 2. Вплив фоліарної обробки розчинами стимуляторів росту на мезоструктурні показники листків рослин *S. melongena* ($\bar{x} \pm SE$, $n = 35$)

Показник	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Товщина листка, мкм	209,46±3,91	230,13±1,96*	308,28±2,25*	214,84±2,13
Товщина хлоренхіми, мкм	153,98±2,45	174,21±1,09*	230,83±1,09*	181,59±1,49*
Об'єм клітин стовпчастої паренхіми, мкм ³	162,08±6,82	115,28±5,59*	297,20±13,11*	188,10±8,49*
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	23,02±0,55	28,06±0,71*	22,79±0,71	26,59±0,59*
Ширина клітин губчастої паренхіми, мкм	9,70±0,37	17,08±0,19*	17,08±0,19*	22,55±0,64*



Рис. 4. Площа листків *S. melongena* у фазі досягання плодів після фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації); $n = 10$; $\bar{x} \pm SE$.

та 6-БАП зросла відповідно на 17, 19 та 28% (рис. 4).

Показником ефективності функціонування асиміляційного апарату є вміст і співвідношення фотосинтетичних пігментів. Тому було досліджено вплив екзогенної обробки стимуляторами росту на кількість хлорофілів у листках баклажана. Виявилось, що за дії 6-БАП сума хлорофілів у листках впродовж вегетації вірогідно зростала. У фазі формування плодів цей показник перевищив контроль на 14%. Після застосування ГК₃ вміст хлорофілів у першій половині вегетації мав показники близькі до контролю, а наприкінці досліду – нижче на 9%. Після обробки 1-НОК вміст хлорофілу у листках баклажанів мав тенденцію до зростання (8%) (рис. 5).

Мезоструктурна організація листка належить до важливих характеристик, які впливають на ефективність фотосинтезу і продуктив-

ність. Встановлено, що після обробки стимуляторами росту 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП відбувалося потовщення листків відповідно на 10, 47 та 3%. Зростання товщини листових пластинок відбувалося за рахунок розростання клітин хлоренхіми. Зокрема, ГК₃ потовщувала асиміляційну паренхіму на 76,81 мкм, 1-НОК на 20,23 мкм, а 6-БАП на 27,61 мкм. За дії ГК₃ і 6-БАП збільшився об'єм клітин стовпчастої паренхіми, відповідно на 83 та 16%, проте розмір клітин губчастої паренхіми у варіанті з ГК₃ істотно не змінився, тоді як у варіанті з 6-БАП зростав. Під впливом 1-НОК об'єм клітин стовпчастої паренхіми зменшувався, а розміри клітин губчастої паренхіми збільшувалися (табл. 2).

Проведено аналіз впливу фоліарної обробки рослин розчинами екзогенних регуляторів росту на динаміку накопичення та особливості локалізації ендогенних ІОК, ГК₃ та АБК в органах баклажану. У контрольних рослин ІОК та ГК₃ домінували у стеблі, де їх вміст був у 8,5 та

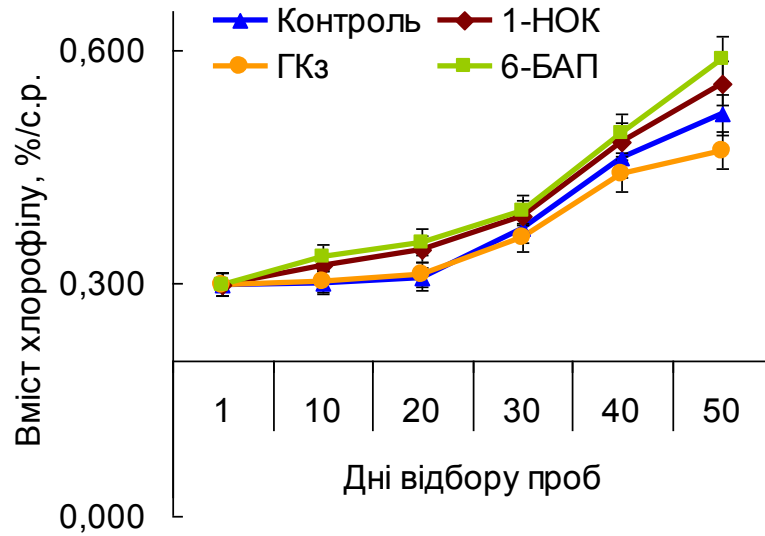


Рис. 5. Вплив фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації) на вміст хлорофілів (a+b) у листках рослин *S. melongena*; n = 5; x ± SE.

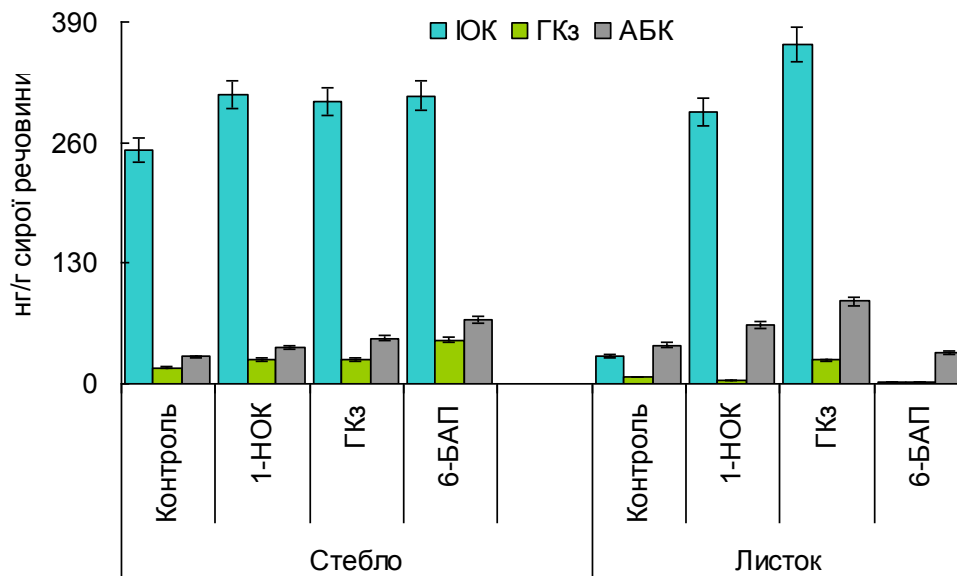


Рис. 6. Вплив фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃ і 6-БАП (у фазі бутонізації) на вміст ендогенних фітогормонів у стеблах та листках рослин *S. melongena*; n = 6; x ± SE.

2,5 раза вищий, ніж у листках. Натомість, абсцизова кислота переважала у листках, де її вміст у 1,5 раза перевищував такий у стеблах (рис. 6). Усі стимулятори росту збільшували вміст ІОК у стеблах. 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП підвищували вміст ендогенної ГК₃ у стеблах відповідно на 53, 54% та в 1,8 раза. Стимулятори росту також збільшували вміст АБК на 40, 79% та в 1,5 раза. Натомість у листках під впливом 6-БАП вміст ендогенних ІОК та ГК₃ виявлений у слідових концентраціях, тоді як екзогенні 1-НОК та ГК₃ істотно збільшували вміст ІОК. Кі-

лькість ендогенної ГК₃ у листках баклажанів була досить незначною як у досліді, так і в контролі. Під впливом 1-НОК вміст ГК₃ зменшувався на 57%, а за дії екзогенної ГК₃ зростав у 2,6 раза. Екзогенні 1-НОК та ГК₃ збільшували вміст АБК у листках баклажанів на 52 та 10%, відповідно. Під впливом 6-БАП вміст АБК був меншим від контрольного на 20% (рис. 6).

У листках і стеблі баклажану в контрольних умовах ідентифіковано п'ять ізоформ цитокінінів: зеатин (З), зеатинрибозид (ЗР), зеатин-О-глюкозид (ЗГ), ізопентеніладенін (ІП),

Таблиця 3. Вплив фоліарної обробки розчинами стимуляторів росту на вміст ізоформ цитокінінів у стеблах та листках рослин *S. melongena*, нг/г сирової речовини ($\bar{x} \pm SE$, n = 6)

Орган	Показник	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Стебло	Зеатин	122,8±5,9	408,4±16,3*	108,5±4,4	75,8±3,3*
	Зеатинрибозид	306,5±12,1	сліди	сліди	сліди
	Зеатин- <i>O</i> -глюкозид	208,5±9,9	321,1±12,1*	262,6±11,1*	сліди
	Ізопентеніладенін	сліди	119,4±4,7*	132,7±5,2 *	18,5±0,8*
	Ізопентеніладенозин	32,3 ±1,2	148,4±5,9*	170,7±7,2*	75,5±3,1*
	Сума цитокінінів	670,1±29,2	997,3±39,9*	674,5±27,9	169,8±7,2*
Листок	Зеатин	сліди	сліди	сліди	сліди
	Зеатинрибозид	7,3 ± 0,3	102,8±4,1*	сліди	сліди
	Зеатин- <i>O</i> -глюкозид	сліди	сліди	сліди	сліди
	Ізопентеніладенін	121,1±5,7	74,8±2,9*	27,2 ±1,2*	сліди
	Ізопентеніладенозин	259,8±12,3	585,3±23,6*	266,2±12,2	491,8±19,9*
	Сума цитокінінів	388,2±18,4	762,8±30,7*	293,4±13,4	491,8±19,9*

Таблиця 4. Вплив стимуляторів росту на елементи продуктивності рослин *S. melongena* L. ($\bar{x} \pm SE$, n =10)

Показник	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Кількість плодів на рослину, шт.	2,3 ± 0,11	2,9 ± 0,1*	2,8 ± 0,1*	3,1 ± 0,2*
Середня маса плоду, г	104,1 ± 5,0	118,7 ± 5,3	122,1 ± 5,6*	125,7 ± 6,0*
Маса плодів з однієї рослини, г	237,4 ± 11,1	349,1 ± 16,4*	352,8 ± 16,8*	392,1 ± 18,8*

Примітки: Обробка рослин у фазі бутонізації, зняття показників у фазі дозрівання плодів; * $P < 0,05$.

ізопентеніладенозин (іПА). У стеблі домінували активні зеатин і зеатинрибозид, вміст яких сягав 429,3 нг/г сирової речовини. Натомість вміст неактивних форм зеатин-*O*-глюкозиду та ізопентеніладенозину дорівнював 240,8 нг/г сирової речовини. Ізопентеніладенін знайдено у слідових кількостях. У листках баклажана накопичувались неактивний ізопентеніладенозин (259,8 нг/г сирової речовини) і активні зеатинрибозид та ізопентеніладенін, сумарний вміст яких сягав 128,4 нг/г сирової речовини. Зеатин-*O*-глюкозид й зеатин знайдені у слідових кількостях (табл. 3).

За обробки розчином гіберелової кислоти відбувся перерозподіл ізоформ цитокінінів в органах баклажана. Так, у стеблі в значних кількостях накопичувались неактивні зеатин-*O*-глюкозид, ізопентеніладенін та ізопентеніладенозин. Вміст активних форм зменшився переважно за рахунок зеатинрибозиду. Натомість у листках відбулось незначне (на рівні похибки) підвищення вмісту неактивного ізопентеніладенозину. Вміст ізопентеніладеніну зменшився у 4,5 раза, тоді як зеатин-*O*-глюкозид, зеатин та зеатинрибозид виявлені у слідових кількостях (табл. 3).

Обробка 1-НОК збільшувала вміст неактивних форм цитокінінів та активного зеатину у стеблах. Натомість зеатинрибозид був практично відсутній. У листках за дії 1-НОК активні форми цитокінінів були представлені лише зеатинрибозидом, а неактивні лише ізоформами. За дії 6-БАП у стеблах містився активний зеатин та неактивні ізоформи цитокінінів у незначних концентраціях. У листках активні форми цитокінінів були знайдені лише в слідових кількостях, а неактивні представлені ізопентеніладенозином. В цілому за дії 1-НОК пул ендогенних цитокінінів суттєво зростав як у стеблах, так і у листках. Після застосування 6-БАП відбувалося зменшення вмісту гормонів у стеблах і збільшення у листках. За дії екзогенної ГК₃ показники не змінювались (табл. 3).

Встановлено, що після фоліарної обробки розчинами 1-НОК, ГК₃, та 6 БАП кількість плодів на рослинах баклажанів збільшувалася відповідно на 29, 26 та 37% (табл. 4). Середня маса одного плоду зростає, відповідно, на 14, 17 та 21%. Зміна кількісних показників елементів продуктивності за дії препаратів призвела до покращення біологічної продуктивності культури.

Найбільший приріст плодів спостерігався після застосування 6-БАП (154,7 г на рослину). За обробки розчином гіберелової кислоти цей показник збільшився на 116,1 г на рослину, а під впливом 1-НОК – на 111,8 г на рослину (табл. 4).

Регуляція ростових та формотворчих процесів за дії стимуляторів росту залежить від виду рослини, фази та способу обробки, концентрації препаратів, їх хімічної структури і фізіологічних ефектів. Ми визначили, що екзогенна ГК₃ суттєво пришвидшувала ріст баклажанів сорту Алмаз. Подібні результати були отримані на рослинах томатів (Khalloufi et al., 2017), кабачків (Song et al., 2019) і баклажанів в умовах польового дослідження (Рогач, 2017). Пришвидшення ростових процесів рослин баклажанів відбувалося в результаті збільшення вмісту ендогенних ГК₃ та ІОК у стеблах та листках. За дії ж ауксинового та цитокінінового регуляторів вміст ендогенних ГК₃ та ІОК був нижчим і зміни швидкості ростових процесів були менш інтенсивними, особливо за дії 6-БАП у листках. Збільшення лінійних розмірів баклажанів під впливом екзогенної ГК₃ супроводжувалося зростанням кількості листків на рослині, тоді як оброблені 1-НОК і 6-БАП рослини були нижчими і мали менше листків. Проте у листків баклажана після обробки 1-НОК та 6-БАП збільшилася біомаса, зросла площа листків, товщина листкових пластинок. У роботах інших авторів повідомлялось про прискорення синтетичними ауксинами і цитокінінами ростових та формотворюючих процесів у рослин лахеналії (Aremu et al., 2017), рису (Ghorbani et al., 2011), мандарина (Mesejo et al., 2012; Gonzatto et al., 2016), апельсина (Yildirim et al., 2012), яблуні (Li et al., 2011), сої (Xing et al., 2016).

У нашому дослідженні ефективнішим виявився синтетичний аналог цитокінінів – 6-БАП. За дії препарату зростав пул ендогенних цитокінінів і зменшувався вміст ІОК, ГК₃ та АБК у листках, збільшувалась біомаса кореня і стебла та маса сухої речовини рослини. На нашу думку, такий ефект зумовлений позитивним впливом цитокінінів на фотосинтетичну активність (Веденичова, Косаківська, 2017), а також підвищенням вмісту хлорофілу у листках та інтенсифікації фотосинтезу, про що повідомлялось у роботах інших дослідників для рослин пшениці і огірка (Xiaotao et al., 2013; Luo et al., 2016). Зменшення вмісту АБК у листках баклажанів за дії 6-БАП подовжує вегетацію, оскільки, як відомо, до ефектів АБК належить регуляція і прискорення процесу старіння (Войтен-

ко, Косаківська, 2016). За дії екзогенного препарату 1-НОК зміни у морфометрії, мезоструктурі, вмісті пігментів були слабшими, що проявилось у меншій продуктивності культури. Найвищу урожайність баклажанів спостерігали після застосування цитокінінового препарату. Високий вміст цитокінінів та ІОК у листках за обробки 6-БАП посилював активність маргінальних меристем, що зумовило зростання площі та товщини листків, формування потужного листкового апарату, потовщення і збільшення біомаси стебла та кореня, підвищення врожайності культури.

Отже, анатомо-морфологічні і структурно-функціональні перебудови у рослин баклажанів за дії екзогенних стимуляторів росту – 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП – зумовлені змінами у балансі й розподілі ендогенних гормонів. Посилення фотосинтетичної активності та стимуляція ростових і формотворчих процесів підвищили біологічну продуктивність культури. Отримані результати є підґрунтям для нового практичного підходу до керування урожайністю баклажанів. Водночас окремі питання щодо молекулярного та фізіологічного механізмів досліджуваних регуляторів росту потребують подальшого вивчення.

ЛІТЕРАТУРА

- Веденичова Н.П., Косаківська І.В. 2017. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ : Наш формат : 200с.
- Войтенко Л.В., Косаківська І.В. 2016. Поліфункціональний фітогормон абсцизова кислота. Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. 1 (37) : 27-41.
- Кириций Д.А. 2004. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. Киев : 191 с.
- Кур'ята В.Г., Попроцька І.В., Рогач Т.І. 2017. Вплив стимуляторів росту та ретардантів на утилізацію резервної олії проростками соняшнику. Regul. Mech. Biosyst. 8 (3): 317-322.
- Мокроносів А.Т., Борзенкова Р.А. 1978. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов. Тр. прикл. ботан. генет. селекции. 61 (3) : 119-131.
- Поливаний С.В., Кур'ята В.Г. 2015. Дія трептолему на морфогенез, продуктивність та якісні характеристики маку олійного. Агробіологія. 1 : 65-72.
- Рогач Т.І. 2009. Особливості морфогенезу і продуктивності соняшнику за дії трептолему. В кн.: Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2-х томах; головний редактор В.В. Моргунов. Т. 1: Київ : 680-686.

- Рогач В.В. 2017. Вплив стимуляторів росту на фотосинтетичний апарат, морфогенез і продукційний процес баклажана (*Solanum melongena*). *Biosyst. Divers.* 25 (4) : 297-304.
- Ходаницька О.О., Кур'ята В.Г. 2011. Дія трептолему на насінневу продуктивність і якісні характеристики олії льону. *Корми і кормовиробництво.* 70 : 54-59.
- 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. *Int. J. Fruit Sci.* 12 (4) : 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. *J. Plant Growth Regul.* 36 (1): 1-10.
- AOAC. 2010. Official methods of analysis of Association of Analytical Chemist International (18th ed.). Association of Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Aremu A.O., Plačková L., Masondo N.A., Amoo S.O., Moyo M., Novák O., Doležal K., Staden J.V. 2017. Regulating the regulators: responses of four plant growth regulators during clonal propagation of *Lachenalia montana*. *Plant Growth Regul.* 82 (2) : 305-315.
- Cruz-Castillo J.G., Baldicchi A., Frioni T., Marocchi F., Moscatello S., Proietti S., Battistelli A., Famiani 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.
- Ghorbani J.M.G., Sorooshzadeh A., Modarres Sanav S.A.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 Regul.* 65 : 305-313.
- Gonzatto M.P., Böettcher G.N., Schneider L.A., Lopes A.A., Júnior J.C.S., Petry H.B., Pedrosa de Oliveira R., Schwarz S.F. 2016. 3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid as effective thinning agent for fruit of 'Montenegrin a' mandarin. *Cienc. Rural.* 46 (12) : 2078-2083.
- Khalid S., Malik A.U., Khan A.S., Razzaq K., Naseer M. 2016. Plant growth regulators application time influences fruit quality and storage potential of young 'Kinnow' mandarin trees. *Intl. J. Agric. Biol.* 18 (3) : 623-629.
- Khalloufi M., Martínez-Andújar C., Lachaâl M., Karray-Bouraoui N., Pérez-Alfocea F., Albacete A. 2017. The interaction between foliar GA₃ application and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves growth in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modifying the hormonal balance. *J. Plant Physiol.* 214 : 134-144.
- Khan M.N., 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: a dual purpose crop. *J. Integrative Agriculture.* 12 (7) : 1183-1194.
- Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Romanenko K.O., Babenko L.M. 2020. Endogenous phytohormones of fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth gametophytes at different stages of morphogenesis *in vitro* culture. *Cytol. Genet.* 54 (1) : 23-30.
- 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 Regul.* 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 Regul.* 82 (1): 103-110.
- Mao J.-P., Zhang D., Zhang X., Li K., Liu Z., Meng Y., Lei C., Han M.-Y. 2018. Effect of exogenous indole-3-butyric acid (IBA) application on the morphology, hormone status, and gene expression of developing lateral roots in *Malus hupehensis*. *Sci. Horticult.* 232 : 112-120.
- Mesejo C., Rosito S., Reig C., Martínez-Fuentes A., Agustí M. 2012. Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes *Citrus clementine* (Hort. *ex* Tan) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *J. Plant Growth Regul.* 31 (2) : 186-194.
- 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. *Regul. Mech. Biosyst.* 8 (1) : 317-322.
- Rai R.K., Tripathi N., Gautam D., Singh P. 2017. Exogenous application of etrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in sub-tropical India. *J. Plant Growth Regul.* 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 water-logged summer maize. *J. Plant Growth Regul.* 36 (3) : 743-754.
- Song S.-W., Lei Y.-L., Huang X.-M., Su W., Chen R.-Y., Hao Y.-W. 2019. Crosstalk of cold and gibberellin effects on bolting and flowering in flowering

- Chinese cabbage. *J. Integr. Agricult.* 18 (5) : 992-1000.
- Tubić L., Savić J., Mitić N., Milojević J., Janošević D., Budimir S., Zdravković-Korać S. 2016. Cytokinins differentially affect regeneration, plant growth and antioxidative enzymes activity in chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 124 (1) : 1-14.
- Van Emden H.F. 2008. *Statistics for terrified biologists.* Blackwell, Oxford. doi: org/10.1007/s11099-011-0058-3
- 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* L) under low light. *Acta Physiol. Plant.* 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 Regul.* 80 (3) : 303-314.
- Yıldırım B., Yeşiloğlu T., İncesu M., Kamiloğlu M.U., Çimen B., Tamer Ş. 2012. Effects of 2,4-DP (2,4-dichlorophenoxypropionic acid) plant growth regulator on fruit size and yield of Valencia oranges (*Citrus sinensis* Osb.). *New Zealand J. Crop Horticul. Sci.* 40 (1) : 55-64.
- Zhou Q., Gao B., Li W.-F., Mao J., Yang S.-J., Li W., Ma Z.-H., Zhao X., Chen B.-H. 2020. Effects of exogenous growth regulators and bud picking on grafting of grapevine hard branches. *Sci. Horticul.* 264 : 109-186.
- REFERENCES**
- Vedenicheva N.P., Kosakivska I.V. 2017. Tsytokininy yak rehulyatory ontogenezu roslyn za riznykh umov zrostannya (Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions). Kyiv : Nash Format : 200 p. (In Ukrainian).
- Voytenko L.V., Kosakivska I.V. 2016. Polyfunctional phytohormone abscisic acid. *Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol.* 1 (37) : 27-41. (In Ukrainian).
- Kiriziy D.A. 2004. Fotosintez i rost rasteniy v aspekte donorno-aktseptomykh otnosheniy (Photosynthesis and plant growth in the aspect of source-sink relationships). Kyiv : 191 p. (In Russian).
- Kuryata V.G., Poprotska I.V., Rogach T.I. 2017. The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regul. Mech. Biosyst.* 8 (3) : 317-322 (In Ukrainian).
- Mokronosov A.T., Borzenkova R.A. 1978. Methods for quantitative assessment of the structure and functional activity of photosynthetic tissues and organs. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii.* 61 (3) : 119-131. (In Russian).
- Polyvanyj S.V., Kuryata V.G. 2015. Effects of treptolem on morphogenesis, productivity and qualitative characteristics of poppy oil. *Agrobiology.* 1 : 65-72 (In Ukrainian).
- Rogach T.I. 2009. Particularity of morphogenesis and productivity of sunflower plants under the influence of treptolem. In: *Fiziolohiya roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku*, Vol. 1. Kyiv : 680-686 (In Ukrainian).
- Rohach V.V. 2017. Influence of growth stimulants on photosynthetic apparatus, morphogenesis and production process of eggplant (*Solanum melongena*). *Biosyst. Divers.* 25 (4) : 297-304 (In Ukrainian).
- Khodanitska O.O., Kuryata V.G. 2011. The effect of treptolem on seed yield and quality characteristics of flaxseed oil. *Kormy i kormovyrobnyctvo.* 70 : 54-59. (In Ukrainian).
- 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. *Int. J. Fruit Sci.* 12 (4) : 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. *J. Plant Growth Regul.* 36 (1) : 1-10.
- AOAC. 2010. *Official methods of analysis of Association of Analytical Chemist International (18th ed.)*. Association of Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Aremu A.O., Plačková L., Masondo N.A., Amoo S.O., Moyo M., Novák O., Doležal K., Staden J.V. 2017. Regulating the regulators: responses of four plant growth regulators during clonal propagation of *Lachenalia montana*. *Plant Growth Regul.* 82 (2) : 305-315.
- Cruz-Castillo J.G., Baldicchi A., Frioni T., Marocchi F., Moscatello S., Proietti S., Battistelli A., Famiani 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.
- Ghorbani J.M.G., Sorooshzadeh A., Modarres Sanav S.A.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 Regul.* 65 : 305-313.
- Gonzatto M.P., Böettcher G.N., Schneider L.A., Lopes A.A., Júnior J.C.S., Petry H.B., Pedrosa de Oliveira R., Schwarz S.F. 2016. 3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid as effective thinning agent for fruit of 'Montenegrin a' mandarin. *Cienc. Rural.* 46 (12) : 2078-2083.
- 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. *Intl. J. Agric. Biol.* 18 (3) : 623-629.
- Khalloufi M., Martínez-Andújar C., Lachaâl M., Kar-ray-Bourouai N., Pérez-Alfocea F., Albacete A. 2017. The interaction between foliar GA3 application and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves growth in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modifying the hormonal balance. *J. Plant Physiol.* 214 : 134-144.
- Khan M.N., 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: a dual purpose crop. *J. Integrative Agriculture.* 12 (7) : 1183-1194.
- Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Romanenko K.O., Babenko L.M. 2020. Endogenous phytohormones of fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth gametophytes at different stages of morphogenesis in vitro culture. *Cytol. Genet.* 54 (1) : 23-30.
- 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 Regul.* 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 Regul.* 82 (1): 103-110.
- Mao J.-P., Zhang D., Zhang X., Li K., Liu Z., Meng Y., Lei C., Han M.-Y. 2018. Effect of exogenous indole-3-butyric acid (IBA) application on the morphology, hormone status, and gene expression of developing lateral roots in *Malus hupehensis*. *Sci. Horticult.* 232 : 112-120.
- Mesejo C., Rosito S., Reig C., Martínez-Fuentes A., Agustí M. 2012. Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes Citrus clementine (*Hort. ex Tan*) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *J. Plant Growth Regul.* 31 (2) : 186-194.
- 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. *Regul. Mech. Biosyst.* 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 sub-tropical India. *J. Plant Growth Regul.* 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 water-logged summer maize. *J. Plant Growth Regul.* 36 (3) : 743-754.
- Song S.-W., Lei Y.-L., Huang X.-M., Su W., Chen R.-Y., Hao Y.-W. 2019. Crosstalk of cold and gibberellin effects on bolting and flowering in flowering Chinese cabbage. *J. Integr. Agricult.* 18 (5) : 992-1000.
- Tubić L., Savić J., Mitić N., Milojević J., Janošević D., Budimir S., Zdravković-Korać S. 2016. Cytokinins differentially affect regeneration, plant growth and antioxidative enzymes activity in chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 124 (1) : 1-14.
- Van Emden H.F. 2008. *Statistics for terrified biologists.* Blackwell, Oxford. doi: org/10.1007/s11099-011-0058-3
- 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* L.) under low light. *Acta Physiol. Plant.* 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 Regul.* 80 (3) : 303-314.
- Yıldırım B., Yeşiloğlu T., İncesu M., Kamiloğlu M.U., Çimen B., Tamer Ş. 2012. Effects of 2,4-DP (2,4-dichlorophenoxypropionic acid) plant growth regulator on fruit size and yield of Valencia oranges (*Citrus sinensis* Osb.). *New Zealand J. Crop Horticult. Sci.* 40 (1) : 55-64.
- Zhou Q., Gao B., Li W.-F., Mao J., Yang S.-J., Li W., Ma Z.-H., Zhao X., Chen B.-H. 2020. Effects of exogenous growth regulators and bud picking on grafting of grapevine hard branches. *Sci. Horticult.* 264 : 109-186.

*Надійшла до редакції
18.04.2020 р.*

ВПЛИВ ФОЛІАРНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

EFFECT OF FOLIAR TREATMENT WITH SYNTHETIC GROWTH REGULATORS ON MORPHOGENESIS, CONTENT OF PIGMENTS AND PHYTOHORMONES, AND PRODUCTIVITY OF *Solanum melongena* L.

V. V. Rogach¹, L. V. Voytenko², M. M. Shcherbatiuk², T. I. Rogach¹, I. V. Kosakivska²

¹*Mykhailo Kotsubynsky State Pedagogical University
(Vinnytsa, Ukraine)*

²*Kholodny Institute of Botany National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

E-mail: lesyavoytenko@gmail.com

We analyzed the effect of foliar treatment with 0,005% water solution of 1-naphthylacetic acid (1-NAA), gibberellic acid (GA₃) and 6-benzylaminopurine (6-BAP) on the growth and physiological and biochemical characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.) cv. Almaz during vegetation experiments in soil-sand culture. Exogenous growth regulators in the budding phase were shown to cause some increase in the linear dimensions of the plants, the number of leaves, the fresh weight of leaves, stems and roots, as well as the dry weight of the whole plant. Following treatment with GA₃ and 6-BAP solutions, the leaf blade area increased during the whole vegetation period, and at its completion, the total leaf area of a whole plant enlarged too. Exogenous 6-BAP significantly increased the content of chlorophylls in the leaves, while under GA₃ it decreased. Growth promoters thickened the leaf blade due to the growth of chlorenchyma cells. In the GA₃ and 6-BAP variants, the volume of columnar parenchyma cells increased, and with the use of 1-NAA, cell size of the spongy parenchyma increased. All preparations significantly increased the content of indole-3-acetic acid (IAA), GA₃ and abscisic acid (ABA) in stems. Leaves treated with 6-BAP showed trace amounts of endogenous IAA and GA₃, whereas exogenous 1-NAA and GA₃ effect resulted in a significant IAA content increase. After treatment with 1-NAA, the level of endogenous GA₃ decreased, while exogenous GA₃ caused the accumulation of hormone in the eggplant leaves. The content of ABA in the plant leaves affected by exogenous 1-NAA and GA₃ increased and after treatment with the 6-BAP solution decreased. The pool of cytokinins in the 1-NAA-treated stems and leaves increased, whereas 6-BAP suppressed the accumulation of cytokinins in the stems and stimulated in the leaves. Treatment with GA₃ solution had no effect on cytokinin accumulation. All growth promoters increased the number of fruits per eggplant plant and the average weight of one fruit. The most effective was synthetic cytokinin analogue 6-BAP.

Key words: *Solanum melongena*, 6-BAP, 1-naphthylacetic acid, GA₃, morphogenesis, mesostructure, chlorophyll, phytohormones, yield

ВЛИЯНИЕ ФОЛИАРНОЙ ОБРАБОТКИ СИНТЕТИЧЕСКИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА НА МОРФОГЕНЕЗ, СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ, ФИТОГОРМОНОВ И УРОЖАЙНОСТЬ *Solanum melongena* L.

В. В. Рогач¹, Л. В. Войтенко², Н.Н. Щербатюк², Т. И. Рогач¹, И. В. Косаковская²

¹*Винницкий государственный педагогический университет
им. Михаила Коцюбинского
(Винница, Украина)*

²*Институт ботаники им. Н.Г. Холодного
Национальной академии наук Украины
(Киев, Украина)*

E-mail: lesyavoytenko@gmail.com

В условиях почвенно-песчаной культуры изучены эффекты фолитарной обработки 0,005% водными растворами 1-нафтилуксусной кислоты (1-НУК), гибберелловой кислоты (ГК₃) и 6-бензиламинопурина (6-БАП) на рост и физиолого-биохимические характеристики растений баклажана (*Solanum melongena* L.) сорта Алмаз. В фазе бутонизации экзогенные стимуляторы

ВПЛИВ ФОЛІАРНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

роста индуцировали усиление линейного роста, развитие новых листьев, накопление массы сырого вещества листьев, стеблей и корней, а также массы сухого вещества целого растения. Обработка растворами ГК₃ и 6-БАП в течение всей вегетации стимулировала увеличение площади листовых пластинок, а в конце вегетации – общей площади листовой поверхности. Достоверное увеличение суммарного содержания хлорофиллов в листьях наблюдалось под действием 6-БАП, тогда как обработка ГК₃ уменьшала этот показатель. Стимуляторы роста вызывали рост клеток хлоренхимы и утолщение листовых пластинок. В случае применения ГК₃ и 6-БАП увеличивался объем клеток столбчатой паренхимы, а обработка 1-НУК вызывала рост клеток губчатой паренхимы. После фоліарной обработки всеми препаратами в стеблях баклажана достоверно возрастало количество эндогенных ГК₃, индолил-3-уксусной (ИУК) и абсцизовой (АБК) кислот. В листьях баклажана после обработки 6-БАП были найдены следы эндогенных ИУК и ГК₃, в то время как после обработки 1-НУК и ГК₃ количество эндогенной ИУК существенно увеличилось. Обработка растений раствором 1-НУК вызывала уменьшение уровня эндогенной ГК₃, а экзогенная ГК₃ стимулировала накопление гормона в листьях баклажана. После обработки растворами 1-НУК и ГК₃ в листьях увеличивался уровень эндогенной АБК, а после обработки раствором 6-БАП уменьшался. Пул цитокининов в стеблях и листьях увеличивался после обработки 1-НУК, в то время как 6-БАП угнетала накопление цитокининов в стеблях и стимулировала в листьях. Обработка раствором ГК₃ практически не влияла на характер аккумуляции цитокининов. Все стимуляторы роста повышали урожайность культуры баклажана за счет увеличения количества плодов и средней массы одного плода. Наиболее эффективным был синтетический аналог цитокининов – 6-БАП.

Ключевые слова: *Solanum melongena*, 6-БАП, 1-нафтилуксусная кислота, ГК₃, морфогенез, мезоструктура, хлорофилл, фитогормоны, урожайность