

9.2 Декоративні рослини за дії регуляторів росту рослин

ВСТУП

Одним із перспективних напрямків у створенні біорегуляторів для декоративних рослин є моделювання сполук, що поєднують у своєму складі декілька фармакофорів. Дизайн нових високоефективних і малотоксичних біологічно активних сполук значною мірою ведеться на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін.

Пошук нових високоефективних і малотоксичних регуляторів росту рослин із селективними механізмами дії значною мірою ведеться серед природних та штучних сполук на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін (Q). Різноманітні похідні Q знаходять застосування як у якості синтонів в органічному синтезі та молекулярному дизайні, так і відомих ефективних біологічно активних сполук. Гетероциклічна система Q має високо реакційні положення 2 та 4, що дозволяє модифікувати молекулу й одержувати нові ефективні біорегулятори.

Хеометричні дослідження похідних 6-R-Q вказують на імовірність наявності доволі широкого спектру біологічної активності даних сполук. Похідні (6-R-хінолін-4-ілтіо) карбонових кислот перспективні як потенційні рострегулятори з антирадикальним та антиоксидативним механізмом дії. За допомогою віртуального скринінгу були відібрані потенційні біоактивні молекули на основі похідних (6-R-хінолін-4-ілтіо) карбонових кислот.

9.2.1 РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

9.2.1.1 СУЧАСНІ РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

Під регуляторами росту розуміють синтетичні та природні органічні сполуки, яким властива значна біологічна активність і які в невеликих

кількостях, у мікродозах викликають зміни у фізіологічних та біохімічних процесах, росту та розвитку рослин. У рослині комплекс рострегуляторів підтримується на певному рівні, необхідному для керування їх ростом, розвитком та продуктивністю. Отже, формування оптимальної продуктивності можна досягти не одним фітогормоном, а комплексом сполук одночасно, або послідовно в певних умовах.

Регулятори росту в квітництві й декоративному садівництві можна застосовувати не лише у вегетаційний період, а й у зимовий для вигонки квітів. Причому в часі можна керувати, приурочувати одержанням квітів до назначених дат. Застосування рострегуляторів дозволяє одержувати якісний посадковий матеріал. Використання біологічно активних речовин сприяє підвищенню естетичних якостей квіткових і декоративних рослин⁶. Також важливо, що можна продовжити час зберігання квітів, вони стають транспортабельнішими. Важливе практичне значення в квітництві має застосування регуляторів росту для одержання якісного посадкового матеріалу.

Експериментальні дані, одержані рядом вчених підтверджують доцільність використання речовин-регуляторів. Так, підвищити схожість насіння бузку можна за допомогою гетероауксину, який застосовують у концентрації 0,01 %. Насіння замочують протягом 20 год і висівають. Схожість його при цьому збільшується на 40%. Проростання насіння півонії прискорюються при обробці їх розчином гібереліну в концентрації 10-100 мг/л, а насіння беладони – 200 мг/л. При цьому насіння замочують протягом 24 год і висівають. Схожість насіння квіткових культур підвищують за допомогою янтарної кислоти – водний розчин цього препарату в концентрації 45 мг/л з розрахунку на 1 ц насіння. У петунії гібридної під впливом етролу в три рази збільшується кількість відгалужень, на яких формуються квіти. Для цього поливають ґрунт розчином препарату концентрацією 250-500 мг/л, а для обприскування листя – 500 мг/л.

Більшість сортів гладіолусів виводиться зі стану спокою після обробки 40%-ним етилен хлоргідрином з розрахунку 3-4 мл/л. Прискорити вихід із стану спокою цибулин гладіолусу можна також за допомогою гетероауксину – у

водному розчині з концентрацією 100 мг/л витримують протягом 24 год. потім висаджують у ґрунт. Проростання цибулин гладіолусу прискорюється після обробки індолілмасляною кислотою в концентрації 25 мг/л. Перед цим їх необхідно витримати 3-6 тижнів при температурі 5 °С. Позитивний результат спостерігається і на цибулинах крокусу і тюльпану. У цьому випадку їх обробляють протягом 4 год. Активація проростання цибулин крокусу і тюльпану може бути досягнута і за допомогою 2,4-дихлорфеноксімасляної кислоти. Цибулини розрізають і протягом 5 год. обробляють цим препаратом у концентрації 3 мг/л. приблизно в два рази прискорюються утворення коріння.

Розмноження цінних сортів нарцисів прискорюється за допомогою різних регуляторів росту: гібереліну, гетероауксину, α -нафтилоцтової кислоти. Ці препарати вносять у субстрат в концентрації 10 мл/л. При цьому підвищується маса цибулин в 2-2,5 рази.

Живці магнолії Делавея краще вкорінюються, якщо їх замочити протягом 18 год. у розчині індолілоцтової кислоти (концентрація 100 мг/л). У магнолії великоквіткової також активується процес утворення коріння, а потім стимулюється активний ріст після замочування їх протягом 12 год. у розчині індолілмасляної кислоти концентрацією 25 мг/л. Вкорінення гвоздики досягають при застосуванні індолілмасляної кислоти у концентрації 2500 мг/л. Для зменшення висоти і збільшення кількості квітконосів у гвоздики Шабо застосовують хлорхолінхлорид у дозі 1500 мг/л. Поливають через 10 днів після висаджування у ґрунт.

Активація утворення корінців у рододендрону відбувається при обробці β -індолілмасляної кислоти у вигляді 1% пудри. Ця технологія забезпечує 10-100 % вкорінення живців. Поліпшення декоративних якостей і підвищення стійкості проти вилягання геленіуму, гвоздики та інших декоративних рослин досягається обробкою ретардантами та іншими регуляторами росту. Ретарданти можна широко застосовувати на квіткових культурах у зимовий час в теплицях. Покращення декоративних якостей квіток досягається за допомогою гібереліну в концентрації 10-100 мг/л. Гвоздики, айстри, герані, цикламен, левкої та інші

обробляють після формування квіткових зачатків, але до появи забарвлених бутонів. 2,4–дихлорбензил-трибутилфосфоній (фосфон Д) набув широкого застосування у квітництві на ліліях і хризантемах. Для активації росту жоржини обробляють розчином гіберелової кислоти в концентрації 125 мг/л. Цвітіння починається на 7-10 днів раніше. Етрел у концентрації 0,03 % застосовують на тюльпанах і герані. При поєднаному використанні хлорхолінхлориду і гіберелової кислоти відбувається вкорочення і зміцнення стебла і прискорення цвітіння. Прискорення росту і цвітіння у сальвії досягається застосуванням гіберелової кислоти у концентрації 125 мг/л у фазі 5-6 листків.

9.2.1.1.2 СУЧАСНІ НАПРЯМИ МОДИФІКАЦІЇ НІТРОГЕНВМІСНИХ ГЕТЕРОЦИКЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОРЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Одним із перспективних напрямків у створенні біорегуляторів для клонального мікророзмноження рослин є моделювання сполук, що поєднують у своєму складі декілька фармакофорів. Дизайн нових високоефективних і малотоксичних біологічно активних сполук значною мірою ведеться на основі похідних азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін.

Дизайн нових високоефективних і малотоксичних регуляторів росту рослин із селективними механізмами дії значною мірою ведеться серед природних та штучних сполук на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін (Q).

Перспективність напряму поєднання природних амінокислот з синтетичними азагетероциклами підтверджена дослідженнями сполук, синтезованих в лабораторії фізіологічно активних речовин ЗНУ, завідувач д. б. н., проф. Бражко О. А. (рис. 1.1.).

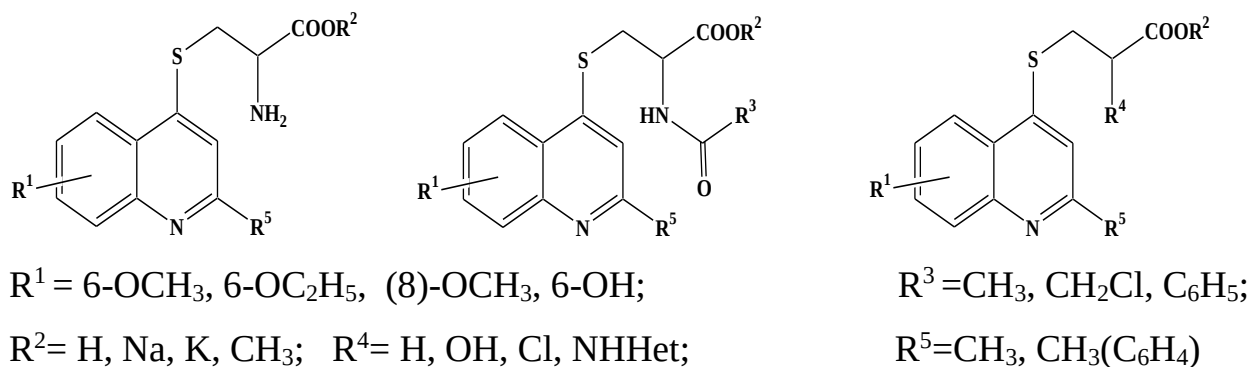


Рисунок 1.1 – Потенційні біорегулятори на основі похідних хіноліну та цистеїну

Присутність атома сірки обумовлює як антирадикальний захист ($\cdot\text{OH}$), так і інгібування процесів ліпопероксидації (ROOH) за рахунок відновлюючих властивостей з утворенням сульфоксиду та шестичленних комплексів з металами змінної валентності.

При заміні атому водню в сульфгідрильній групі 4-меркаптохінолінів на метильний, аралкільний або карбоксильний радикал спостерігається поява значної (на рівні анальгін у і більше) аналгетичної активності. Етерифікація (хінолін-4-ілтіо)-карбонових кислот неоднаково впливає на їх дію. Так, етилові естери дещо поступаються за дією відповідним кислотам, а метилові проявляють значну аналгетичну активність, яка перевершує дію відповідної кислоти.

9.2.1.1.3 БУРШТИНОВА КИСЛОТА ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Янтарна (бурштинова) кислота – відомий регулятор росту рослин. У науковій літературі достатньо інформації про застосування бурштинової кислоти (бутандіова кислота, етан-1,2-дикарбонова кислота) в сільському господарстві. Відомо, що один з механізмів дії – це її окиснення в шостій реакції циклу Кребса, яке відбувається за допомогою сукцинатдегідрогенази, активність якої не залежить від концентрації окисненої та відновленої форми НАД(Ф)H_2 , це дозволяє зберегти енергосинтезуючу функцію мітохондрій за

умов гіпоксії та ішемії при порушенні НАД-залежного дихання клітин. Феномен швидкого окиснення бурштинової кислоти сукцинатдегідрогеназою, що супроводжується АТФ-залежним відновленням пулу піримідинових динуклеотидів, дістав назву «монополізація дихального ланцюга». Його біологічне значення полягає в швидкому ресинтезі АТФ клітинами та підвищенні їхньої антиоксидантної активності.

Відомо, що бурштинова кислота – це регулятор росту, який допомагає рослинам краще засвоювати речовини з ґрунту, а також є стресовим адаптогеном (допомагає рослинам легше переносити стрес і швидше відновлюватися після пересадки або росту при несприятливих умовах).

Як вже було досліджено, обробка насіння та саджанців сприятливо позначиться на всьому часі росту культури, підвищить стійкість рослин від негативних факторів середовища і зміцнить їх. Бурштинова кислота допомагає мікроорганізмам в ґрунті швидше руйнувати органічні речовини з підвищеною токсичністю, а також не дозволяє токсинам накопичуватися в рослині.

У наш час інтерес до янтарної кислоти як до стимулятора росту і продуктивності значно зріс, що пояснюється активним пошуком нешкідливих для людини й довкілля препаратів. Препарат також проявляє корисні властивості на активність мікрофлори ґрунту.

На жаль, механізм дії янтарної кислоти на рослини вивчено ще недостатньо. Проте у науковій літературі є багато інформації про її вплив на обмін речовин у насінні, що проростає, у першу чергу, на фосфорний обмін; при цьому посилюється дихання та інші фізіологічні процеси.

Дані, одержані рядом вчених, свідчать про підвищення польової схожості насіння цукрових буряків на 6-8 %, збільшення маси сходів та площі їх листової поверхні. Крім того, був зареєстрований більший збір цукру з одиниці площі, що визначається урожайністю коренеплодів та їх цукристістю. Автори дійшли висновку, що янтарну кислоту доцільно використовувати як для передпосівної обробки насіння, так і вегетуючих рослин.

Вивчено вплив стимулятора росту, синтезованого на основі янтарної кислоти, на вміст редуруючих цукрів, основну транспортну форму вуглеводів рослин – сахарозу, крохмаль як запасну речовину та суму вуглеводів. Як ефективний стимулятор росту янтарна кислота зарекомендувала себе і при розмноженні обліпихи зеленими живцями, про що повідомляють автори експерименту.

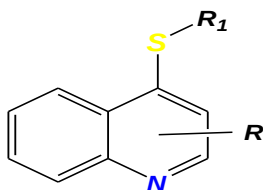
Похідні на основі S-гетерилсукцинату є ефективними регуляторами росту рослин. Застосування її як для обробки вегетуючих рослин ландшафтного дизайну забезпечує підвищення покращення якості продукції.

Показано перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в сільському господарстві.

9.2.2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

9.2.2.1 МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУВАЛИСЯ В РОБОТІ

Похідні 4-thioQ (рис 2.1)



$R = H, R_1 = CH_2COOH, CH_2CH_2COOH, CH(COOHCH_2COOH), CH_2CH(NHCOCH_3)COOH$

Рисунок 2.1 – Загальна структура похідних 4-тіохінолінів потенційних рострегуляторів

Сучасні напрями відбору перспективних біологічно активних сполук включають методи *in silico*, *in vitro*, *in vivo*. Для встановлення доцільності синтезу

проводять віртуальний скринінг (VS, дослідження *in silico*) нових хімічних структур та комбінацій на основі низки програмних розробок. Методики QSAR аналізу, PASS, GUSAR (ФРН), TEST (США), AdmetSAR (КНР) дають можливість створення достовірних моделей «структура - дія», «структура - токсичність» та прогнозування ймовірної біологічної дії сполук. Прогноз біологічної активності проведено в режимі on-line за допомогою комп'ютерної програми PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances). Прогноз ймовірної активності характеризувався показниками вірогідності прояву активності (Pa) та її відсутності (Pi). Прогноз здійснювався за структурною формулою хімічної сполуки і ґрунтувався на аналізі бази знань, що включає дані зв'язку «структура – активність».

Дослідження ризогенезу проводилось *in vitro*, з додаванням синтезованих біологічно активних сполук ПХ концентрацією 1 мг/л у живильне середовище. Для ризогенезу готували живильне середовище Мурасіге-Скуга, що містило половинну концентрацію макросолей і мікроелементів та 2 % сахарози. Сполуки додавалися перед стерилізацією живильного середовища. Контролем слугували живильні середовища без регуляторів росту (МС 0). Живильне середовище стерилізували автоклавуванням під тиском 0,11 МПа протягом 30 хв. Експлантати культивували за температури повітря 22–24 °С з фотоперіодом 16 год., відносній вологості повітря 65–70 % та освітленні 2,5 тис. лк. Результати фіксували на 28-у добу і враховували кількість, довжину коренів експлантатів досліджених рослин.

9.2.2.2 ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Об'єктами дослідження були рослини різних таксономічних груп, які використовуються в практиці озеленення інтер'єрів та ландшафтного дизайну: – цибулини тюльпанів (*Tulipa* L.) сорту «*Forgotten dreams*» (родина *Liliaceae*) та листки сенполії (*Saintpaulia* H. Wendl.) сорту «*Melodie Kimi*» (родина *Gesneriaceae*);

– експланти павловнії повстистої (*Pulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) клон 112 (родина Ранникові – *Scrophulariaceae*) та троянди дамаської (*Rosa* × *damascena* Mill.) сорт Лада 9 (родина Розові – *Rosaceae*);

– бульбоцибулини крокусів *Crocus chrysanthus* 'Romance' та *Crocus grandiflora*, *Grand maitre* і *C. grandiflora* Mix (родина Iridaceae);

– насіння і проростки бальзаміну бальзамінового Том Тамб (*Impatiens balsamina* Tom Thumb) (родина Бальзамінові – *Balsaminaceae*).

Thuja occidentalis «Danica». Карликовий сорт з кулястою формою крони, в 10 років досягає 60 см у висоту. Крона щільна, всі гілочки розташовані вертикально. Забарвлення хвої влітку - блискуче насичено-зелене, взимку - злегка буро-зелене. Добре росте на сонячних місцях і в тіні.

Thuja occidentalis «Columna». Досить високе дерево з вузькою колонновидною кроною. Річний приріст становить: у висоту - 20 см, в діаметрі - 5 см. До десятирічного віку досягає 3 м у висоту. Хвоя має темно-зелене забарвлення з характерним блиском. Забарвлення зберігається протягом усіх сезонів. Зростає на добре освітлених ділянках або з невеликим затіненням. Морозостійкість до -25-30 ° C.

Thuja occidentalis «Globosa». Чагарник з правильною кулястою формою крони. Зростає повільно, в 10 років досягає висоти 60 см. Скелетні гілки досить ущільнені, з прямими плоскими вертикальними пагонами. Забарвлення залежить від сезонності: навесні чагарник має ніжно-зелений колір, влітку темно-зелений, восени сіро-зелений і коричневий колір взимку.

Platyclusus orientalis «Morgan». Дерево з повільним темпом зростання та щільною пірамідальною кроною, загостреною вгорі. Річний приріст становить всього 5-7 см. Доросла рослина досягає 150 см висоти. На весні і влітку забарвлення хвої смарагдово-зелене, лимонно-салатове або салатowo-зелене. Взимку колір змінюється на червоно-бронзовий з відтінком оранжевого.

Platyclusus orientalis «Aurea nana». Карликова форма з пірамідальною кроною 1 м у висоту. Щорічний приріст становить 8-10 см. Гілки тонкі і ніжні.

Хвоя дуже дрібна, навесні забарвлена в золотисто-жовтий колір, взимку - в темно-коричневий.

Platycladus orientalis «Pyramidalis». Чагарник з вузькою до 4 м заввишки колонновидною кроною шириною 0,8-1,5 м. Росте повільно, щорічний приріст близько 10 см. Забарвлення хвої темно-зелене протягом усього року.

9.2.2.3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Морфометричні дослідження здійснювалося загальноприйнятими методами.

Результати досліджень оброблені статистично з використанням стандартного програмного пакету IBM SPSS Statistics 22 (IBM, USA, 2013). Дані подані як середнє значення із стандартною похибкою ($\bar{x} \pm SE$). Значення $P < 0.05$ вважалося статистично значущим. Застосовували критерій достовірної різниці Стьюдента.

Експерименти проводили в лабораторії садово-паркового господарства Хортицької національної навчально-реабілітаційної академії в 2018-2020 роках.

В якості регуляторів росту використовували препарат з ауксиноюю активністю «Корневін» (4- (індол-3-іл) масляна кислота 5 г / кг (далі - ІМК)) у вигляді порошку і динатрієву сіль 2- (хінолін-4-ілтіо) бурштинової кислоти у вигляді водних розчинів концентрації 10, 25 і 50 мг/л (далі - ДНХБК).

Живці нарізувалися з маточних рослин в фазу активного росту (кінець травня). Вік маточних рослин - 10-15 років. Технологія зеленого живцювання - загальноприйнята [330]. Контрольні живці висаджувалися на укорінення без попередньої підготовки. Додатковим контролем виступали живці, оброблені ауксинами за традиційною технологією: безпосередньо перед висадкою живці базальним кінцем занурювалися в чисту воду а потім в порошок «Корневіном». Експериментальні варіанти: живці перед висадкою витримувалися протягом 12 годин зануреними базальними частинами в розчин ДНХБК в наступних

концентраціях: 1 варіант - 10 мг / л, 2 варіант - 25 мг / л, 3 варіант - 50 мг / л.

Повторність досліду триразова, в повторності 30 живців.

Живці висаджувалися на укорінення в парник, накритий поліетиленовою плівкою. Як субстрат для вкорінення використовувалася суміш низинного торфу з перлітом (1:1) з додаванням доломітового борошна (2% від маси субстрату). Товщина шару субстрату 10-15 см. Субстрат для вкорінення укладався на 10-сантиметровий шар перегною. Схема висадки живців - 2,5 x 5 см. Полив живців в парнику виконувався вручну, два рази на день, вранці і ввечері. З середини серпня полив скорочували, живці поступово гартували. В кінці вересня проводили підрахунки приживлюваності живців, кількості та довжини коренів. Потім живці були висаджені у відкритий ґрунт на дорошування. Навесні наступного року проводився облік рослин, що перезимували.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу з застосуванням електронних таблиць MS Excel.

9.2.3 ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

9.2.3.1 ОЦІНКА ВПЛИВУ РОСТРЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ГЕТЕРИЛКАРБОНОВИХ КИСЛОТ НА РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КВІТІВ

Згідно з сучасними уявленнями, під регуляторами росту рослин розуміють природні та синтетичні органічні речовини, яким властива значна біологічна активність і які у малих дозах змінюють фізіологічні й біохімічні процеси, ріст, розвиток і формування урожаю сільськогосподарських рослин, не спричиняючи токсичної дії. У зв'язку з цим нашу увагу привернули раніше не досліджені S-гетерилзаміщені тіокислоти та їх похідні. Серед них виявлено екологічно нешкідливі речовини, що при низьких нормах витрат характеризуються високою фунгіцидною, бактерицидною та рістрегулюючою активністю. На основі цих сполук та їх композицій з природними біостимуляторами розроблено низку

ефективних, низьковитратних, екологічно безпечних PPP і технологій їх застосування для більшості сільськогосподарських культур.

Об'єктами досліджень були регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), цибулини тюльпанів (*Tulipa* L.) сорту «*Forgotten dreams*» та листки сенполії «*Melodie Kimi*» (*Saintpaulia* H. Wendl.)^{33,34}.

Цибулини *Tulipa* були відповідно підготовані до процесу вигонки у тепличних умовах. Їх вигонка здійснювалась у зимовий час. Після висаджування було сформовано 5 дослідних груп (рядів). I група *Tulipa* була контрольна, тобто полив був тільки водою. Інші 4 групи поливались розчинами регуляторів росту: II група – PP1 в концентрації 1мг/л, III група – PP1 в концентрації 10 мг/л, IV група – PP 2 в концентрації 10 мг/л, V група – гіберелін (стандартний регулятор росту рослин)³³.

Під час активної вегетації з другого ряду розетки вирізали листки *Saintpaulia* середнього віку з довжиною черешка в межах 2,5-5 см. Вкорінляли листки у водному розчині та розчинах PP1 різної концентрації. Зріз живця занурювали у воду на глибину не більше 1 см. Цей рівень підтримували протягом усього періоду вкорінення. Дослідження з листками *Saintpaulia* проводили в зимовий час за кімнатної температури. При цьому було сформовано 3 групи: I група – контрольна, II та III група поливались розчинами регуляторів росту PP1 концентрацією 1мг/л та PP1 концентрацією 10 мг/л.

Для визначення впливу цих препаратів на ріст, розвиток та якість цибулин *Tulipa* та рослин *Saintpaulia* вегетативного походження використовувались загальноприйняті методики.

Проведено морфометричне обстеження цибулин *Tulipa* після зрізування квітки (табл. 3.1).

На відміну від регуляторів росту рослин, таких як ауксин, ново синтезований регулятор росту сприяє не розвитку цибулини *Tulipa*, а сприяє росту стебла і квітки, які в нашому випадку є більш цінні.

Дані дослідження показали, що при застосуванні стандартного регулятора росту (гібереліну) діаметр цибулин був більший, вони мали довші корені, як і було прогнозовано за застосування цього препарату. За умови використання PP1 концентраціями 10 мл/л і 1 мл/л вигляд цибулин після зрізання квітів дещо відрізнявся. Зокрема, цибулини були дрібніші, їх діаметр був в середньому 4,2 та 3,7 см, з досить короткими додатковими коренями завдовжки 1,5 см, порівняно з контролем та стандартним регуляторами росту, відповідно (табл. 3.1).

Виходячи з результатів досліджень з цибулинами *Tulipa*, було проведено експерименти щодо укорінення живців *Saintpaulia* саме з PP1 (рис. 3.1). Дослідження показали, що PP1 є хорошим стимулятором росту кореневої системи *Saintpaulia*. Вимірювання кореневої системи листових живців *Saintpaulia* проводили на 2-ий та 5-ий тижні росту (рис. 3.1, А, Б).



А



Б

Рисунок 3.1 – Коренева система *Saintpaulia* 2-ий тиждень (А) та 5-ий тиждень (Б) росту: 1 – контроль (вода), 2 – PP1 концентрація 1мл/л, 3 – PP1 концентрація 10 мл/л

На рис. 3.2 можна побачити, що за використання PP1 збільшується кількість первинних коренів в середньому на 30 %. PP1 (концентрація 10 мл/л) сприяє їх інтенсивному розвитку порівняно з контролем на 35 %.

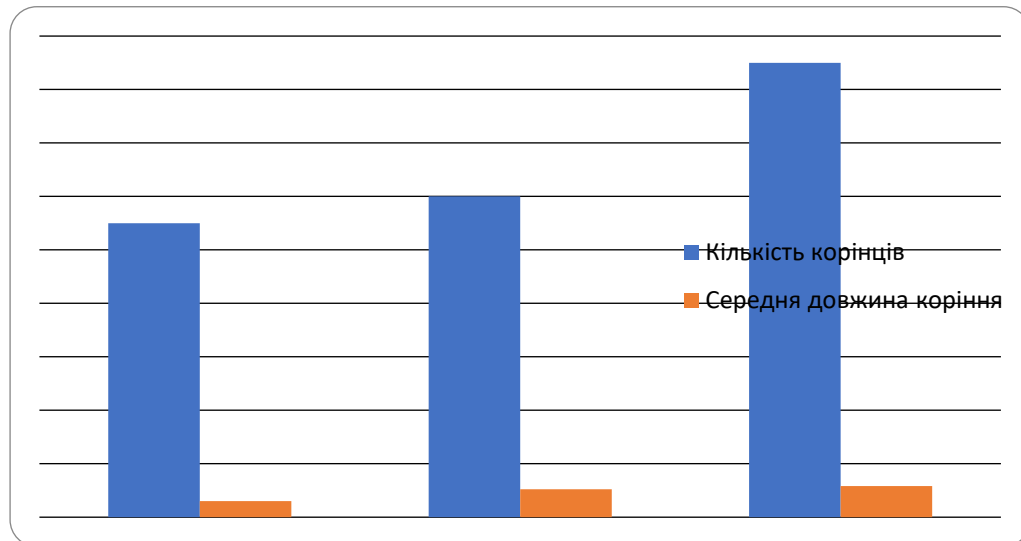


Рисунок 3.2 – Ріст та розвиток кореневої системи *Saintpaulia* за дії регуляторів росту: 1 – контроль (вода), 2 – PP1 концентрація 1мл/л, 3 – PP1 концентрація 10 мл/л

З рисунку 3.2 можна побачити, що за дії PP1 концентрацією 10 мл/л показники корнеутворення найкращі. Середня довжина корінців практично не відрізнялась в усіх варіантах експерименту.

Дані досліджень свідчать, що PP1 у різних концентраціях краще впливає на ріст стебла і квітки *Tulipa*, але уповільнює ріст цибулини. Є припущення, що він впливає на рівень таких фітогормонів, як ауксини, але гальмує відтік органічних речовин у цибулини.

За рахунок цього вигонка тюльпанів II-ї групи відбувається швидше на 5 днів. За використання PP2 час вигонки триває швидше в середньому на 2 дні, проте суттєвих відмінностей у розмірі цибулин не спостерігалось.

Отже, регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), зокрема PP2, досить позитивно впливають на ріст і

розвиток кореневої системи рослин *Saintpaulia* «*Melodie Kimi*». Це дає змогу зробити висновок про доцільність використання зазначених вище регуляторів росту при вегетативному розмноженні даної декоративної рослини.

9.2.3.2 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА РИЗОГЕНЕЗ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

За допомогою використання пакетів програм HyperChem 2010 та ACD/Labs 12.0 шляхом використання фізико-хімічних дескрипторів для знаходження кількісного співвідношення «структура – властивість» було отримано деякі фізико-хімічні константи потенційних рострегуляторів к (табл. 3.2)^{24,25,26}.

Особливо важливою характеристикою будь-якої біологічно активної речовини є ліпофільність (гідрофобність) – модель розподілу речовини, що досліджується між двома фазами, які не змішуються (найчастіше використовується система октанол:вода). Ця характеристика легко модулюється за допомогою використання відповідного дескриптора і найчастіше використовується для оцінки здатності речовини подолати біологічні мембрани^{24,25,26,34}.

Коли досліджувана речовина знаходиться у водній фазі у вигляді молекул (незаряджених часток) для характеристики ліпофільності використовують показник $\log P$ (P – коефіцієнт розподілу на межі октаном – вода).

Виходячи з цього, можна сказати, що введення у 6-му положенні метоксигрупи у структурі похідних S-(2-метилхінолін-4-іл)-карбонових кислот призводить до підвищення молярної рефракції. Аналогічний ефект спостерігається при заміні залишку оцтової кислоти на залишок пропіонової кислоти та цистеїну. Ця тенденція легко пояснюється тим, що при такій зміні структури молекули збільшуються ефективні радіуси молекул, молярна маса, а відтак збільшується і молярна рефракція.

Таблиця 3.1

Важливі молекулярні дескриптори потенційних рострегуляторів

№ з/п	Сполуки	M_r , г/моль	$\log P$ (нейтральна форма)	$\log D$ (pH = 7)	MR, см ³ /моль	T пл.	Rf (оц.- това к-та : вода)
1	Сполука 1	291,07	1,66± 1,04	2,87	73,76	178- 181	42
2	Сполука 2		1,92± 1,01	2,91	84,14	168- 171	48
3	Сполука 3	292,35	1,80± 1,14	3,68	79,20	155- 158	53
4	Сполука 4		2.3 ± 1,14	3,75	82,28	147- 149	57
5	Сполука 5	279,06	2,24± 1,04	-2,07	71,91	164- 168	48
6	Сполука 6	319,09	2.77± 1,01	-1,04	84,33	154- 158	60
7	Сполука 7	368,12	2,11 ± 1,04	-1,96	80,49	184- 186	52
8	Сполука 8	349,1	2,64± 1,04	-0,86	91,57	175- 178	64
9	БК	118,098	-0,64 ± 0,28	-4,70	21,95	185- 190	-

Якщо досліджувана речовина у водному розчині частково знаходиться в дисоційованому стані у вигляді заряджених часток (іонів), то буде існувати певна динамічна рівновага між різними формами сполуки, яка буде змінюватись в залежності від рН середовища.

Ліпофільність такої системи буде визначатись коефіцієнтом розподілу $\log D$ – співвідношення сум активностей всіх компонентів органічної та водної фаз.

Виявлено, що значення $\log D$ для досліджених сполук значно менші, ніж значення $\log P$, це пов'язано з врахуванням у другому випадку кислотно-основної рівноваги, в якій знаходяться в розчині досліджувані речовини. Зміна ліпофільності речовини від здатності дисоціювати на йони у водному розчині пояснюється наступним чином. Оскільки вода – полярний розчинник ($\mu=1,86 D$), а дипольний момент октанолу набагато менший (його можна прийняти за неполярний розчинник), то йони, які будуть утворюватись у водному середовищі, майже не будуть дифундувати у органічний шар і концентрація йонів у ньому буде обумовлена в основному переходом незаряджених молекул речовини, внаслідок чого значно зменшиться концентрація речовини у органічній фазі.

Усі досліджувані сполуки (сполуки 1-4) згідно «правила п'яти» Ліпінського можуть проявити високу біологічну активність.

Для виявлення біологічної активності ще не синтезованих речовин особливої популярності набувають комп'ютерні програми, які дозволяють прогнозувати фармакологічні якості нових сполук, виходячи з їх хімічної будови. Комп'ютерний прогноз основного й побічного ефектів фармакологічної речовини дозволяє збільшити ефективність вибору досліджуваних базових структур та знизити витрати на дослідження й розробки.

Результат прогнозу PASS-online надається у вигляді списку активностей із розрахунковими значеннями вірогідності наявності (P_a) або відсутності (P_i) кожного з видів біологічної активності. У зв'язку з тим, що ці вірогідності розраховуються незалежно, їх сума не дорівнює 1. Результати комп'ютерного прогнозування видів біологічної активності для S-(6-метоки-2-метилхінолін-4-іл)-карбонових кислот та їх структурних аналогів.

Віртуальний аналіз біологічного потенціалу 6-метокси-2-метилзаміщених хіноліну показав перспективність дослідження їх на такі види активності, як антиоксидантна «пастки» вільних радикалів ($P_a=0,357-0,861$), антимікробна,

протівірусна ($P_a=0,438-0,620$), протипухлинна ($P_a=0,315-0,522$), протизапальна ($P_a=0,304-0,639$), протівивразкова ($P_a=0,420-0,626$) та ін. Привертає увагу наявність у прогнозі різних протекторних ефектів та наявність антитоксичної дії ($P_a=0,316-0,563$).

Найбільша антирадикальна активність була виявлена у 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти.

Сучасні напрямки відбору перспективних ростстимуляторів базуються на методах *in silico*, що надають широкі можливості створення достовірних моделей «структура – дія», «структура – токсичність». Тому, для встановлення доцільності синтезу та можливостей подальшого застосування проводять віртуальний скринінг нових хімічних структур на основі низки програмних розробок.

За даними літератури, вірогідність прояву токсичного ефекту нижче у сполук, які мають менше значення інтегральної суми атомних поляризацій молекули, включаючи атоми Гідрогену, більшу кількість атомів Оксигену та метильних груп, більшу ліпофільність, менший розмір молекули, менше значення рефракції. Ці чинники пов'язані з транспортуванням сполук крізь мембрани клітин. Таким чином, варіюючи замісники в кислотах і основах, можливо керувати ступенем їх іонізації, тобто кількістю іонізованих форм у розчинах, що важливо для проявлення біологічної активності, зокрема за рахунок змінення проникання речовин через мембрани та за рахунок різноманітної взаємодії з мембранами нейтральних і іонізованих молекул (табл. 3.2). Відомо, що органічні сполуки, як правило, є достатньо слабкими кислотами та основами. Структурні зміни в їх молекулі призводять до збільшення або зменшення кислотності та основності Також відомо, що активність багатьох препаратів групи акридину залежить від константи іонізації цих сполук. Максимально іонізовані сполуки мають найбільшу бактеріостатичну активність. За результатами вивчення токсичності 6- OCH_3 -Q позаекспериментальним шляхом за допомогою моделей GUSAR (ФРН), TEST (США) та на двох

експериментальних моделях встановлено, що данні сполуки можна віднести до малотоксичних речовин (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Токсична дія S-(6-метокси-2-метилхінолін-4-іл)-карбонових
кислот та їх структурних аналогів

Сполука	Внутрішньо очеревний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг (GUSAR)	Внутрішньо венний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг (TEST)	Оральний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг		LD ₅₀ , мг/кг (n=5)
			GUSAR	TEST	
1	492,3	450,2	758,5	747,71	766±68
3	460,6	355,4	603,2	484,05	583±23,0
5	610,9	496,5	929,9	458,29	986±52
7	763,2	747,0	1302,0	1119,31	>1200

Аналіз, проведений у програмному забезпеченні DMax Chemistry Assistant, підтвердив залежність гострої токсичності сполук від наявності замісників у 7-ому положенні хіноліну, зокрема галогену, та від довжини карбонового ланцюга і ступеню насиченості циклу.

Токсичність досліджених сполук при внутрішньовенному введенні знаходиться в межах 490,3–763,6 мг/кг, при внутрішньоочеревному введенні діапазон значень поступово зменшується до 452,9 – 747 мг/кг, при пероральному введенні – до 1087- 1302 мг/кг.

Дослідження токсичної дії корелює з експериментальними даними ЛД 50 на мишах. Так зменшення токсичності як при внутрішньоочеревному, так і при внутрішньовенному введенні прогнозується для 2-(6-метокси 2-метилхінолін-4-ілітіо)сукцинатної кислоти що імовірно пов'язано з введенням у 6-е положення – OCH₃.

Таким чином, прогнозована та експериментально визначена токсичність 2-метил(феніл)заміщених 4-тіохінолінів корелює з фізико-хімічними властивостями, які обумовлюють біодоступність.

Ріст та розвиток рослини в першу чергу визначається діяльністю меристем. Оскільки кінчики коренів першими контактують з різними хімічними сполуками у ґрунті та воді, то доцільно досліджувати вплив сполук різної концентрації на кореневу систему з метою визначення впливу на ризогенез.

З отриманими сполуками проведено дослідження ризогенезу *in vitro*, з додаванням синтезованих сполук № 1,3,5,7 концентрацією 1 мг/л у живильне середовище^{21,22}.

Отримані дані свідчать, що сполука № 7 при додаванні у живильне середовище для активації ризогенезу, що містило ½ МС та 1 мг/л ZM-6 викликало збільшення показників ризогенезу у таких культур як павловнія повстиста (*Pulownia tomentosa*) клон 112 та троянда рожева (*Rosa × damascena* Mill.) сорт Лада 9 (табл. 3.3).

Найбільш відповідальний момент при клональному мікророзмноженні будь-якої культури є висадка рослин у субстрат. Саме на цьому етапі існує небезпека загибелі рослин-регенерантів, тому важливо отримати оптимальну кореневу систему, яка забезпечить живлення і ріст регенерантів. Згідно з нашими спостереженнями, на живильному середовищі без гормонів МС 0 *Rosa × damascena* протягом усього експерименту (28 днів) корені не утворює.

Таблиця 3.3

Показники коренеутворення експериментальних рослин на 28-у добу
культивування

Варіанти середовищ	<i>Pulownia tomentosa</i>			<i>Rosa damascena</i>		
	Кількість коренів, шт.	Довжина коренів, мм	Частота ризогене зу, %	Кількість коренів, шт.	Довжина коренів, мм	Частота ризогене зу, %
МС 0	0,9±0,6	2,2±2,4	74	-	-	-

Продовження таблиці 3.3

БК	1,3±0,5	2,6±0,8	76	4,8±0,6*	2,7±0,9*	64
Сполука1	2,2±0,7*	4,9±2,9	81	1,8±0,6	1,5±0,7	42
Сполука3	2,7±0,5*	5,1±2,4	86	1,6±1,0	1,8±0,9	44
Сполука5	3,5±2,2*	15,7±2,4**	78	3,7±0,7*	2,4±2,1	66
Сполука 7	5,5±0,8**	13,8±3,2**	90	7,9±0,6**	7,2±3,6**	76
ІОК	3,8±1,2*	14,1±1,4**	84	3,4±0,7*	3,4±2,1	71

Примітка. * Різниця статистично достовірна ($p<0,05$), ** ($p<0,001$) у порівнянні з контрольним живильним середовищем МС0.

При висаджуванні *Rosa × damascena* без коренів у субстрат приживлення становило 34 % рослин, що робить виробництво нерентабельним, за рахунок низького рівня приживлення рослин. На відміну від живильних середовищ, що містили синтезовані сполуки. За зміною показників ризогенезу досліджені сполуки порівнювали з активністю фітогормону – 1Н-індоліл-3-оцтовою кислотою (ІОК). Це дозволило показати, що досліджувані сполуки проявляють ауксинову властивість (табл. 3.1). Отримані дані середньої кількості та довжини коренів показують, що висока ростстимулююча активність подібна дії фітогормону ауксину.

Так на живильному середовищі при додаванні сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти максимально сприяло утворенню 7-8 коренів і частота ризогенезу склала 76 %. Статистично достовірно довші корені спостерігали на середовищі сполуки № 5 – 2-(2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти ($p\leq 0,05$) та сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти ($p<0,001$). При цьому приживлення рослин на субстраті торф універсальний : пісок : вермікуліт у співвідношенні 2:1:1 складало 82 % (рис. 3.2)

Експланти *Pulownia tomentosa* клон 112 на живильному середовищі без гормонів утворюють мінімальну кількість та довжину коренів з усіх досліджуваних варіантів середовищ. Натомість середовища, що містили сполуки

№ 1, 5, 7 стимулювали утворення достовірно більшої кількості коренів ($p \leq 0,05$), а середовища зі сполуками № 3 (2-(2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатна кислота) та № 4 (2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатна кислота) мали максимальну кількість ($p < 0,001$) коренів порівняно з контролем. За довжиною коренів лідирували живильні середовища, у складі яких присутні сполуки № 3 та № 4 ($p < 0,001$) (рис. 3.3).

Таким чином, сполука № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти при додаванні у живильне середовища для ризогенезу в обох культур сприяла достовірному збільшенню кількості та довжини коренів *Pulownia tomentosa* клон 112 ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти ризогенезу – 90% (рис 3.3).



Рисунок 3.3 – Рослини *Pulownia tomentosa* клон 112 на 28-у добу: А – на живильному середовищі без регуляторів росту; В – з додаванням сполуки № 3; С – з додаванням сполуки № 7



Рисунок 3.4 – Рослини *Rosa* × *damascena* (28-а доба) на живильному середовищі з додаванням: А – на живильному середовищі без регуляторів росту; В – з додаванням сполуки № 5; С – з додаванням сполуки № 7

Досліджено вплив 4-гіохінолінів на ризогенез в умовах *in vitro* на експлантати *Pulownia tomentosa* клон 112 і *Rosa* × *damascena* сорту Лада та подальшу адаптацію мікророслин *in vivo*.

Отримані дані свідчать, що досліджені сполуки показали їх високий біологічний потенціал щодо ризогенезу в умовах *in vitro* у експлантатів досліджених рослин *Pulownia tomentosa* і *Rosa* × *damascena*.

Додавання сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти у живильне середовище для ризогенезу, що містило ½ МС та 1 мг/л викликало збільшення показників ризогенезу у таких культур як *Pulownia tomentosa* клон 112 та *Rosa* × *damascena* сорт Лада. Ми дійшли такого висновку, оскільки в обох культур спостерігали достовірне збільшення кількості та довжині коренів ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти ризогенезу 90 % у *Pulownia tomentosa* та 76 % у *Rosa damascena*.

Ці значення перевищують показники сполуки-порівняння - 1Н-індоліл-3-оцтової кислоти

9.2.3.3 ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН РОДУ CROCUS НА ОСНОВІ S-ГЕТЕРИЛСУКЦИНАТУ

Як відомо, вуглеводний обмін рослин є центральною ланкою їх метаболізму. Постійно велика кількість вуглеводів перетворюються з однієї форми на іншу або сполуки, що використовуються рослинами для забезпечення фізіолого-біохімічних процесів (дихання, синтез білків, жирів тощо). Нами проаналізований вплив стимулятора росту № 3, синтезованого на основі янтарної кислоти, на вміст редуруючих цукрів, основну транспортну форму вуглеводів рослин – сахарозу, а також крохмаль, як запасну речовину, та суму вуглеводів^{36,37}.

Встановлено, що у бульбоцибулинах крокусів *Crocus chrysanthus* «Romance» та *Crocus grandiflora* «Grand maitre» і *C. grandiflora* Mix усіх досліджених зразків як у контрольному, так і у варіантах з обробкою

стимулятором, концентрація фруктози дещо перевищує вміст глюкози³⁸. Зі збільшенням концентрації біологічно активної речовини вміст редукуючих цукрів знижується (табл. 3.4). Подібна тенденція простежується і при оцінці рівня сахарози та суми вуглеводів, особливо – у сорту II. Вміст крохмалю у варіантах з обробкою бульбоцибулин стимулятором, незалежно від сорту та концентрації діючої речовини, практично не відрізняється від контрольних величин.

Таблиця 3.4

Вплив стимуляторів росту на вміст різних форм вуглеводів у
бульбоцибулинах крокусів (% на суху речовину, $n = 3$, $x \pm SD$)

Сорт	Показники	Сума редукуючих цукрів	Крохмаль	Сума вуглеводів
	Варіанти			
I	Контроль	3,35±0,054	4,81±0,513	43,06±2,878
	25	3,32±0,059	4,13±0,212	35,64±1,781
	50	2,01±0,095***	4,00±0,031	30,70±1,342*
	100	1,75±0,129***	4,75±0,119	27,89±1,865**
II	Контроль	2,69±0,095	5,06±0,031	34,22±1,067
	25	0,85±0,151***	5,00±0,244	24,81±0,977**
	50	0,71±0,046***	6,88±0,506*	17,15±1,111***
	100	0,52±0,069***	5,31±0,394	15,93±1,045***

Продовження таблиці 3.4

III	Контроль	2,68±0,105	5,06±0,031	36,90±1,343
	25	2,29±0,087*	5,06±0,163	48,11±1,123**
	50	1,68±0,109**	6,88±0,506*	31,89±1,779*
	100	1,04±0,079***	5,31±0,388	19,49±1,505***

Примітка: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

На нашу думку досліджені сполуки сприяють утворенню сполуки аденозинтрифосфату (АТФ) – універсального енергетичного донору біохімічних реакцій. Отже, одержані нами дані дозволяють констатувати, що використана в експерименті речовина активує метаболізм бульбоцибулин крокусів.

Показана перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в садово-парковому господарстві.

9.2.3.4 Порівняння дії традиційних і синтезованих стимуляторів росту на характеристики проростання насіння та вегетативні органи проростків *Impatiens balsamina*

9.2.3.4.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ БАЛЬЗАМІНУ

Одним з найважливіших параметрів оцінки якості насіння є його схожість, оскільки з різним ступенем схожості пов'язані норми висіву та низка біологічних особливостей посівного матеріалу. Зазвичай кількість пророслого насіння за лабораторних умов більша, ніж у польових. Проте лабораторна схожість насіння демонструє потенційну кількість проростків, яку можна одержати з насіння за сприятливих умов³⁹.

Нами були проаналізовані такі характеристики якості насіння бальзаміну Том Тамб (*Impatiens balsamina* Tom Thumb), як лабораторна схожість, динаміка та енергія його проростання.

На рисунку 3.5 представлена динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* у контрольному варіанті та у варіантах з використанням традиційних стимуляторів росту (бурштинова кислота, етрел) протягом експерименту. При цьому визначали, скільки насінин проросло за кожен день дослідження у штуках і відсотках від загальної кількості закладеного насіння (30 шт.) у варіанті.

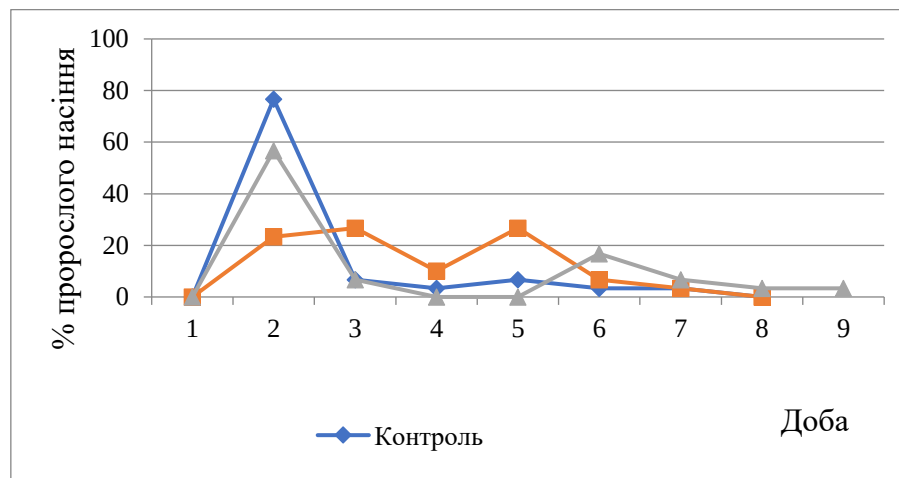


Рисунок 3.5 – Динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb у контрольному варіанті та з традиційними стимуляторами

Контрольний варіант. Найбільший відсоток пророслого насіння зафіксований на 2-у добу експерименту. Тобто, енергія проростання насіння на 2-у добу склала 76,7 %. В подальшому незначний відсоток проростання (від 3,3 до 6,7 %) спостерігався до 7-ї доби включно. В контрольному варіанті проросло усе насіння, а отже, лабораторна схожість насіння склала 100 %.

Бурштинова кислота. В цілому, проростання насіння *Impatiens balsamina* більш розтягнуте у часі, графік динаміки цього процесу має два піки (на 3-ю і 5-ту доби експерименту). Кількість пророслого насіння у ці строки становить по 26,7 % в обох випадках. Енергія проростання, визначена на 3-ю добу (перший максимум), також становить 26,7 %, що в 2,9 разів менше порівняно з контрольним варіантом і фіксується на одну добу пізніше. Проте, не дивлячись

на такий характер проростання насіння, лабораторна схожість склала, як і в контролі, 100 %.

Етрел. Як і у контрольному варіанті, перший максимум проростання (енергія проростання) насіння спостерігається на 2-у добу експерименту. Кількість пророслого насіння в цей строк складає 56,7 %. В подальшому фіксується спад цього процесу (3-я доба). На 4-у і 5-у доби жодна насінина не проросла. Другий пік у динаміці проростання припадає на 6-у добу (16,7 %), у подальшому знижуючись від 6,7 % – до 3,3 % (8-а і 9-а доби). Лабораторна схожість насіння за дії етрелу складає 93,3 %.

На рисунку 3.6 зображені криві динаміки проростання насіння *Impatiens balsamina* у контрольному варіанті та з додаванням нових синтезованих стимуляторів концентрацією 1,0 і 5,0 мкмоль/л.

Синтезовані речовини. В обох варіантах із синтезованими речовинами, як і у контролі, перший максимум проростання спостерігається на 2-у добу експерименту. Енергія проростання насіння з концентрацією препарату 1,0 мкмоль/л становить 70,0 %, а у варіанті з 5,0 мкмоль/л – 80,0 %. В подальшому в обох цих варіантах спостерігається різке зниження відсотку проростання насіння, особливо різко виражене у варіанті з меншою концентрацією стимулятора (після 4-ої доби жодна насінина не проросла). Лабораторна схожість склала 96,7 %.

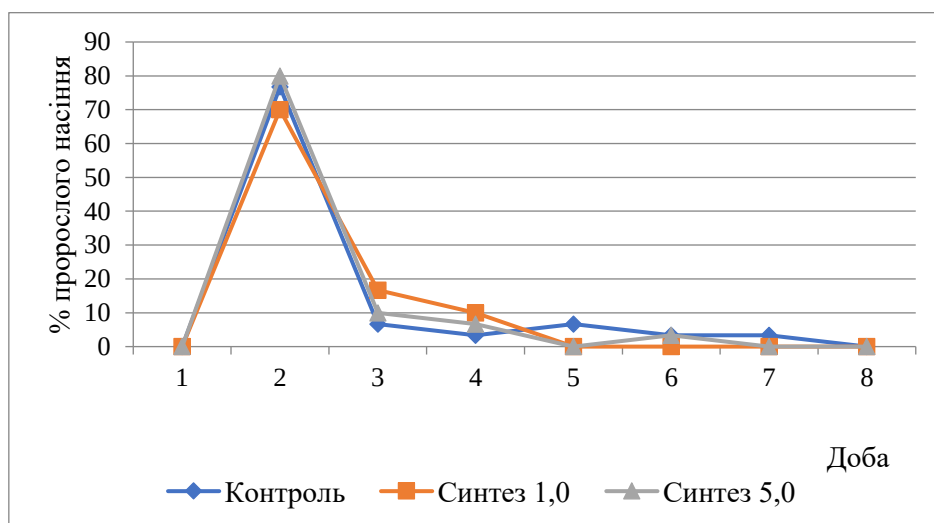


Рисунок 3.6 – Динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb у контрольному варіанті та із синтезованими стимуляторами

У варіанті з більшою концентрацією стимулятора на 5-у добу не зафіксовано проростання насіння, а на 6-у добу проросло 3,3 %. Лабораторна схожість становить 100 %.

9.2.3.4.2 ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ *IMPATIENS BALSAMINA*

Важливо дослідити також дію як традиційних, так і синтезованих у лабораторії кафедри садово-паркового господарства Хортицької національної академії стимуляторів росту на інтенсивність ростових процесів вегетативних органів проростків *Impatiens balsamina*.

У таблиці 3.5 наведений цифровий матеріал щодо впливу біологічно активних речовин на морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina*. Вимірювання здійснено наприкінці досліду. При цьому аналізували довжину головного кореня проростків, довжину гіпокотилу та площу сім'ядольних листків (виконують функцію фотосинтезу).

Таблиця 3.5

Вплив стимуляторів росту на морфометричні параметри проростків
Impatiens balsamina Tom Thumb (8-а доба експерименту)

Варіант	Довжина головного кореня, см	Довжина гіпокотилу, см	Площа сім'ядольних листіків, мм ²
Контроль	3,0±0,72	5,8±0,12	24,9±0,45
Бурштинова кислота	2,7±0,85	2,6±0,58	13,5±2,23
Етрел	0,6±0,07	0,9±0,09	13,9±0,33
Синтез 1,0	0,5±0,09	2,6±0,12	15,3±0,68
Синтез 5,0	2,3±0,97	3,9±0,28	19,1±0,78

Для кращого розуміння і адекватної оцінки впливу стимуляторів на інтенсивність росту вегетативних органів проростків, крім середнього арифметичного та його похибки (табл. 3.6), були розраховані їх величини відносно контрольних значень. Ці дані представлені на рисунку 3.7.

Корінь. Середня довжина головного кореня проростків у варіанті із внесенням бурштинової кислоти склала 90,0 % відносно контролю. Дещо менше виражений позитивний вплив синтезованої речовини (5,0 мкмоль/л) – 76,7 %. Етрел та синтезована речовина з меншою концентрацією (1,0 мкмоль/л) інгібували ріст корнів проростків *Impatiens balsamina*.

Гіпокотиль. Найбільша довжина гіпокотилю серед варіантів із використанням стимуляторів була у варіанті із синтезованою речовиною (5,0 мкмоль/л) – 67,4 % відносно контрольних величин. Друге місце посіли бурштинова кислота та синтезована речовина меншої концентрації – по 44,9 % від контролю. Етрел гальмував ріст гіпокотилю проростків.

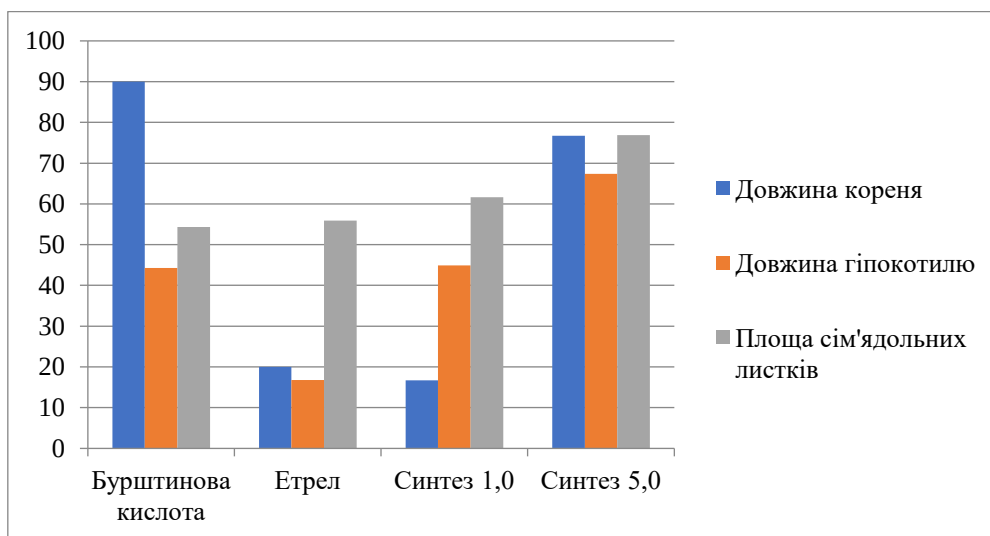


Рисунок 3.7 – Морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina*, % від контролю (8-а доба експерименту)

Сім'ядольні листки. Найбільша площа сім'ядольних листків серед дослідних варіантів була у проростків, що росли у присутності більшої концентрації синтезованого препарату (їх площа склала 76,9 % від контролю).

Дещо нижча величина цього показника спостерігається у варіанті із внесенням меншої концентрації (1,0 мкмоль/л) – 61,6 % від контролю. Третє місце посідають варіанти із додаванням бурштинової кислоти (54,3 %) та етрелу (55,9 %).

Отже, аналіз впливу біологічно активних речовин – стимуляторів росту на характеристики проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb свідчить, що серед досліджених традиційних препаратів краще впливає етрел, а із синтезованих – обидві концентрації стимулятора росту (як 1,0, так і 5,0 мкмоль/л) спричиняють майже однаковий позитивний ефект. Порівняння дії етрелу і синтезованого препарату доводить більш виражений позитивний вплив останнього на характеристики проростання насіння дослідженого виду. Комплексний аналіз впливу стимуляторів на морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina* свідчить, що із традиційних препаратів більш виражений ефект має бурштинова кислота, а щодо синтезованої речовини – більша концентрація (5,0 мкмоль/л). Слід зазначити, що бурштинова кислота більше стимулює ріст кореня порівняно із синтезованим препаратом, а останній, в свою чергу, – ріст гіпокотилію та суттєво збільшує площу сім'ядольних листків.

9.2.4.1 ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ХІНОЛІН-БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ САДОВИХ ФОРМ *THUJA OCCIDENTALIS* L. ТА *PLATYCLADUS ORIENTALIS* (L.) FRANCO

В контрольному варіанті у живців сорту «Danica» (таблиця 1) укорінення спостерігалось на рівні 84,3%. Якість кореневої системи добра: середня кількість коренів – майже 13 шт., довжина - 6,12 см. Підготовка живців цього сорту за допомогою ІМК дозволило отримати 100% приживлюваність. В середньому на них нараховано 16 коренів, це більше за контрольний варіант на 23,5%. Довжина коренів також зросла, і склала 7,15 см (на 17% більше контрольних показників) (рис. 4.1).

Таблиця 4.1

Вплив обробки живців *Thuja occidentalis* розчинами дінатрієвої солі 2-
(хінолін-4-ілітіо) бурштинової кислоти на їх приживлюваність і розвиток
(середнє за 2018-2020 рр.)

Сорт	«Danica»				«Columna»				«Globosa»			
Показники Варіанти обробок	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %
Контроль	84, 3	12,8 9	6,1 2	79, 6	68, 9	8,04	4,00	78,4	77, 9	11,3 1	5,23	79,4
ІМК	10 0	15,9 2	7,1 5	90, 7	72, 2	8,67	4,12	82,6	84, 1	12,9 8	6,91	91,3
10 мг/л	76, 2	17,9 4	6,9 8	85, 8	79, 0	11,5 2	8,93	91,4	80, 1	7,67	8,86	90,0
25 мг/л	92, 4	14,9 5	6,2 6	80, 9	76, 2	11,6 7	5,34	88,4	91, 4	13,0 4	7,15	88,1
50 мг/л	96, 6	14,4 1	6,9 2	96, 4	71, 4	12,1 2	5,82	95,9	95, 1	13,6 6	7,23	92,3
НСР ₀₅	6,2	2,11	0,9 8	6,4	4,5	2,32	1,04	6,3	5,8	2,06	1,02	6,5

З трьох варіантів використання ДНХНК найбільш ефективною виявилася концентрація 50 мг / л. Замочування живців в цьому розчині дозволило підвищити приживлюваність живців до 96,6%, що на 12,3% більше, ніж у контрольному варіанті. Кількість і довжина коренів – практично на рівні варіанту з ІМК. У варіанті з концентрацією ДНХНК 10 мг / л вдалося поліпшити

лише якість кореневої системи - кількість коренів зростає в порівнянні з контролем майже в 1,4 рази. Живці цього сорту непогано переносять зиму: в середньому за 2 роки збереженість живців не падала нижче 79,6%. Найкраще зимують живці після обробки ІМК (90,7%) і в експериментальному варіанті з концентрацією 50 мг / л (96,4%).

Контрольний зразок туї західної «Columna» вкоренився на 68,9%, середня кількість коренів 8 шт, при середній довжині 4 см - це найнижчі показники серед усіх зразків цього сорту. При обробці ІМК відсоток вкорінення збільшився до 72,2%, кількість і довжина коренів зростає несуттєво - до 8,67 шт і 4,12 см відповідно. Найбільш ефективною виявилася обробка живців ДНХБК в концентрації 10 мг / л. Приживлюваність склала 79,0%, що на 10% більше, ніж у контрольного зразка. Обробка ДНХБК в концентрації 50 мг / л вплинула тільки на кількість утворених коренів, в середньому їх налічувалося 12,12 шт., що є найвищим показником по даному сорту. Найбільш успішно перезимували живці після обробки ДНХБК: збереженість зростає на 12-18% в порівнянні з контролем.



Рисунок 4.1. Живці *Thuja occidentalis* «Danica»
1) Контроль 2) ДНХБК 50 мг/л

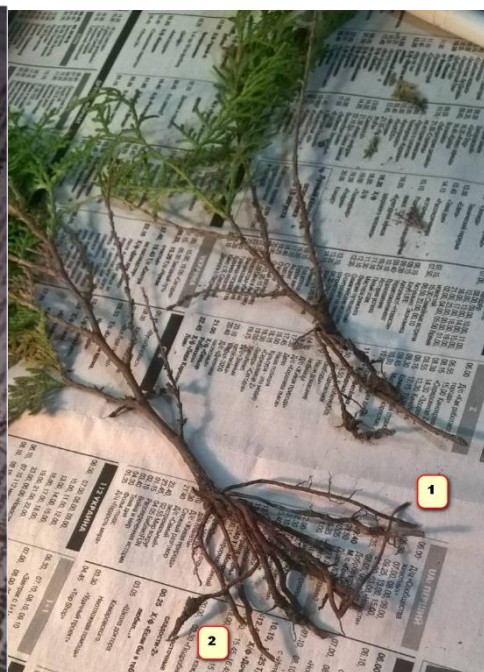


Рисунок 4.2. Живці *Platycladus* «Aurea nana»
1) Контроль 2) ДНХБК 50 мг/л

Сорт «Globosa» в контрольному варіанті укорінився на 77,9%; середня довжина коренів - 5,23 см, кількість - 11,31 шт. Підготовка живців з використанням ІМК поліпшила приживлюваність до 84,1%, довжина коренів

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

зросла до 6,91 см, кількість - до 12,98 шт. Найкращу ефективність серед усіх зразків має ДНХБК в концентрації 50 мг / л, приживлюваність склала 95%. Кількість коренів - 13,66 шт. при середній довжині 7,23 см. У живців, підготовлених з використанням ДНХБК в концентрації 10 мг / л, істотно зросла довжина коренів, яка склала 8,86 см, при цьому показник кількості коренів в даному варіанті досліду - найнижчий по сорту - 7,67 шт. Збереження живців протягом зими у всіх експериментальних варіантах відзначена на рівні варіанту з ІМК.

Таблиця 4.2

Вплив обробки живців *Platycladus orientalis* розчинами дінатрієвої солі 2-
(хінолін-4-ілтію) бурштинової кислоти на їх приживлюваність і розвиток
(середнє за 2018-2020 рр.)

Сорт	«Morgan»				«Aurea nana»				«Pyramidalis»			
Показники	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %
Варіанти обробок	%	шт	см		%	шт	см		%	шт	см	
Контроль	60,5	10,45	6,7 5	74, 9	55, 8	4,78	6,90	60,0	65, 0	10,21	5,98	80,0
ІМК	68,9	13,54	8,1 2	87, 9	63, 1	6,81	5,98	71,9	78, 5	11,75	6,34	90,5
10 мг/л	71,2	16,34	7,1 2	90, 9	59, 4	7,12	6,05	64,4	78, 8	8,67	6,43	77,9
25 мг/л	73,7	10,36	8,1 7	78, 8	77, 9	8,12	6,56	65,9	85, 6	8,90	7,34	80,6
50 мг/л	75,5	12,04	6,3 4	75, 0	78, 5	9,60	6,34	70,0	90, 1	9,34	7,12	91,5
НСР ₀₅	6,4	2,15	0,9 4	6,6	4,2	2,38	0,97	6,6	6,5	2,11	1,00	6,2

Широкогілочник східний в цілому вкорінюється гірше, ніж туя західна. Живці в контрольному варіанті сорту «Morgan» (таблиця 2) вкоренилися на 60,5%. Якість коренів - середня, довжина - 6,75 см, кількість - 10,45 шт. Обробка живців ІМК збільшила кількість укорінених живців до 68,9%. Найбільший відсоток вкорінення (75,5%) дала підготовка живців з використанням ДНХБК в концентрації 50 мг / л. Однак якість коренів має середні показники: кількість - близько 12 шт, довжина - 6,34 см. У варіанті з використанням концентрації ДНХБК 10 мг / л значно зросла кількість коренів - до 16,34 шт. У зимових умовах найкраще (на 87,9-90,9%) збереглися живці в варіанті з ІМК і в експерименті з концентрацією ДНХБК 10 мг / л.

У контрольному варіанті у сорту «Aurea nana» прижилося тільки 55% живців, які утворили в середньому менше 5 коренів. Їх середня довжина - 6,9 см. Найкращі результати дала обробка живців розчином ДНХБК в концентраціях 25 і 50 мг / л. У цих випадках вдалося отримати вкорінення на рівні 77,9-78,5% з гарною якістю кореневої системи: кількість коренів зросла до 8-9,6 шт, що краще контрольного варіанту в 1,8-2 рази (рис. 2). Довжина коренів залишилася на рівні контрольної. На цьому сорті використання ДНХБК в концентрації 25 і 50 мг / л перевищила по ефективності ІМК, яка є класичним стимулятором корнеутворення. Живці цього сорту відрізняються невисокою збереженістю в зимовий час і за дві зими вона склала в середньому 60-72%. Кращі показники - у варіантів з ІМК і ДНХБК 50 мг / л.

Живці в контролі у сорту «Pyramidalis» прижилися на 65%. Кількість утворених коренів становить 10,21 шт. Середня довжина 5,98 см. Обробка живців ІМК поліпшила приживлюваність до 78,5%, живці в цьому варіанті мають найбільшу кількість коренів - 11,75 шт. Довжина коренів - 6,34 см. Кращий процентний результат вкорінення демонструють живці, підготовлені за допомогою ДНХБК 50 мг / л – 90,1%, проте довжина і кількість коренів мають середні показники - 7,12 см і 9,34 шт. відповідно. Перезимівля мала загальні тенденції з сортом «Aurea nana»: найкраща збереженість живців відзначена в варіантах з ІМК і ДНХБК 50 мг / л (90,5-91,5%).

Таким чином, на всіх обстежених сортах спостерігається позитивний вплив обробки живців перед посадкою розчином ДНХБК певних концентрацій як на приживлюваність, так і на якість кореневої системи, і як наслідок, забезпечило більш успішну перезимівлю вкорінених живців.

ВИСНОВКИ

Досліджено нові похідні (6-R-хінолін-4-ілтіо)сукцинатної кислоти. Проведено аналіз ліпофільності за допомогою хеометричних методів. Визначено $\log P$ для нейтральних форм та значення коефіцієнту розподілу $\log D$ при $pH = 7$ для досліджених сполук.

Значення $\log P$ досліджених сполук знаходяться в найбільш сприятливому інтервалі для подолання біологічних мембран клітин кореневої системи в залежності від pH середовища. Введення у 4-те положення залишку сукцинатної кислоти призводить до підвищення біодоступності сполук при $pH = 5.6-7.0$. Усі досліджувані сполуки згідно «правила п'яти» Ліпінського можуть проявити високий вплив на різогенез. Визначення токсичної дії сполук *in silico* було за допомогою комп'ютерних моделей дозволила визначити ряд чинників та факторів будови молекул, які впливають на рівень токсичної дії серед досліджених сполук і напрямки створення ростстимуляторів комплексної дії.

Проведено оцінку впливу на різогенез при мікроклональному розмноженні в умовах *in vitro* у експлантатів та подальшу адаптацію мікророслин до умов *in vivo* гібридних молекул (6-R-хінолін-4-ілтіо)сукцинатної кислоти, які є аналогами відомих ростстимуляторів. Визначено ряд чинників, які впливають на збільшення впливу на різогенез речовин у цьому ряду. Додавання сполуки 7 у живильне середовище для різогенезу викликало максимальний вплив на прояв показників різогенезу у таких культур як Павловнія клон 112 та троянда рожева (*Rosa damascena* Mill.) сорт Лада. Так як у обох культур спостерігали достовірне збільшення кількості та довжини коренів ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти різогенезу 90 % у Paulownia Clone *in vitro* 112 та 76% у *Rosa*

damascena сорт Лада перевищували препарат порівняння - 1Н-індоліл-3-оцтовою кислотою.

Проведено відбір сполук - лідерів для подальшого тестування потенційних стимуляторів різогенезу для мікроклонального розмноження декоративних рослин.

Показники впливу стимуляторів росту на характеристики проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb свідчать, що серед досліджених традиційних препаратів краще впливає етрел, а із синтезованих – обидві концентрації стимулятора росту.

Регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), зокрема PP2, досить позитивно впливають на ріст і розвиток кореневої системи рослин *Saintpaulia* «Melodie Kimi». Це дає змогу зробити висновок про доцільність використання зазначених вище регуляторів росту при вегетативному розмноженні даної декоративної рослини.

Отримані результати мають високе практичне значення для отримання та подальшого впровадження нових ефективних, малотоксичних, менш коштовних речовин для розмноження рослин, в умовах мікроклонального виробництва. Показано перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в садово-парковому господарстві.