

УДК 633.174. 578.22

Стимулювання калюсогенезу сорго в культурі *in vitro* залежно від типу експланту і концентрації тидіазурону

В. І. Войтовська

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,
e-mail: vvojtovska6@gmail.com

Мета. Отримати калюс сорго в культурі *in vitro* залежно від типу експланту і концентрації тидіазурону. **Методи.** Лабораторний, фізіологічний, біохімічний, математико-статистичний, дисперсійний та кореляційний аналіз. Дослідження проводили в лабораторії біотехнології Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН упродовж 2021–2025 років. У дослідження було залучено диференційовану панель із 10 генотипів, що відрізняються за походженням та еколого-географічною приналежністю: сорти вітчизняної селекції ('Лан 59', 'Степовий 8', 'Сатурн', 'Зевс' 'Сват'), що характеризуються високою адаптивною стабільністю до умов довкілля та гібриди іноземної селекції ('Шугаргрейз', 'Прайм', 'Юкі', 'Таргта', 'Бургто'), які представляють сучасний світовий фонд інтенсивного типу. **Результати.** Встановлено, що процес дедиференціації клітин сорго лімітується концентрацією тидіазурону, при цьому амплітуда коливань частоти калюсоутворення в межах досліджуваної становила 74% (від мінімальних 18% у корінців проростків до максимальних 92% у листків *in vitro*). Аналіз динаміки показників свідчить, що кожне підвищення концентрації ТДЗ на 0,10 мг/л у діапазоні від 0,10 до 0,50 мг/л забезпечувало стабільний приріст частоти калюсогенезу в середньому на 12,5% для листових експлантів та на 12% для кореневих. Досліджено, що найвищу морфогенетичну активність виявляють листки, отримані з культур *in vitro*. Результати показали, що за оптимальної концентрації ТДЗ 0,60 мг/л цей тип експланту забезпечує ефективність калюсогенезу на рівні $92 \pm 2\%$, що на 12% вище порівняно з листками проростків насіння ($80 \pm 2\%$) та на 6% вище за показник корінців *in vitro* ($86 \pm 2\%$). Це підтверджує статистично достовірну перевагу факторів ювенільності та попередньої адаптації тканин до умов *in vitro* ($NP_{0,05}$ фактора А = 2,4%). Дослідження вказують, що після подолання порогу в 0,60 мг/л настає фаза регресії. Так, підвищення вмісту ТДЗ до 0,70 мг/л призводить до зниження частоти калюсоутворення у всіх варіантах у середньому на 6,5%, а при досягненні концентрації 1,0 мг/л спостерігається стрімке падіння показників. Для листків проростків цей спад був найбільш відчутним – на 40% порівняно з піковим значенням, що вказує на вузький фізіологічний діапазон ефективної дії ТДЗ для цього типу тканини. Результати показали, що взаємодія фак-

торів «тип експланту × концентрація гормону» є високозначущою ($NP_{0,05}$ взаємодії А×В = 2,8%). Якщо при низькій дозі (0,10 мг/л) різниця між найкращим і найгіршим показником становила лише 10%, то в точці екстремуму (0,60 мг/л) цей розрив збільшився до 18%, що підкреслює специфічність реакції різних меристематичних тканин на екзогенний стимул. Математично обґрунтованим є висновок, що використання листків *in vitro* у поєднанні з концентрацією ТДЗ 0,60 мг/л дозволяє отримати стабільний вихід калюсної маси, що у 2,3 раза перевищує показники, отримані при використанні граничних високих концентрацій (1,0 мг/л), де переважають інгібуючі ефекти. Встановлено, що використання БАП як регулятора росту забезпечує стабільну індукцію калюсогенезу, проте його ефективність у цілому на 6–10% нижча порівняно з тидіазуроном (ТДЗ). Досліджено, що оптимальна концентрація БАП для більшості типів експлантів становить 0,60 мг/л. Результати показали, що за цієї дози листки *in vitro* формують калюсну тканину у $84 \pm 2\%$ випадків, що є найвищим показником у даній серії дослідів. Для порівняння, листки проростків насіння за тієї ж концентрації демонструють на 10% нижчий результат ($74 \pm 3\%$), що підтверджує вищу чутливість регенерантних тканин до цитокінінової стимуляції ($NP_{0,05}$ фактора А = 2,3%). Дослідження вказують на закономірне зниження морфогенного потенціалу при перевищенні концентрації БАП понад 0,60 мг/л. Встановлено, що при переході до концентрації 1,0 мг/л частота калюсогенезу падає в середньому у 2–2,2 раза відносно пікових значень. Найбільш різка депресія процесу спостерігається у корінців проростків, де показник знижується до $32 \pm 3\%$, що свідчить про високу вразливість кореневої меристеми до надлишку БАП. Результати показали, що фактор морфологічного походження експланту відіграє ключову роль: листові експланти (як *in vitro*, так і проростків) стабільно випереджають кореневі на 8–12% упродовж усього діапазону концентрацій. Статистично значуща взаємодія факторів А×В ($NP_{0,05}$ = 2,6%) доводить, що ефективність БАП суттєво залежить від типу тканини: наприклад, при низьких концентраціях (0,10 мг/л) листки *in vitro* перевершують корінці проростків на 8%, а в точці максимуму цей розрив збільшується до 18%. **Висновки.** Встановлено, що найбільш ефективним індуктором калюсогенезу для всіх досліджуваних генотипів є тидіазурон (ТДЗ) у концентрації 0,60 мг/л. Використання даного регулятора забезпечує вихід калюсної біомаси на

рівні 74–92%, що в середньому на 8–10% вище порівняно з аналогічними концентраціями БАП та БА. Підвищення концентрації будь-якого з цитокінінів понад 0,70 мг/л призводить до інгібування поділу клітин, знижуючи частоту калюсоутворення у 1,8–2,4 рази при досягненні показника 1,0 мг/л. Потенціал тканин сорго суттєво залежить від їхнього походження та фізіологічного стану. Найвищу регенераційну здатність демонструють листки, отримані з культур *in vitro*, які за оптимальних умов забезпечують формування калюсу у 82–92% випадків. Кореневі сегменти проростків виявилися найменш придатними для індукції, поступаю-

чись листовим експлантам *in vitro* в середньому на 28–32% за частотою калюсогенезу та на 45–55% за масою глобул. Здатність до проліферації клітин є вираженою сортовою ознакою ($F_{\text{факт}} = 18,6$ при $P < 0,001$). Досліджено, що за всіма показниками переважає сорт 'Сват' (максимум 92% калюсоутворення, маса глобули 210 мг) і до високопродуктивної групи належать сорти 'Степовий 8' (88%) та 'Шугаргрейз' (87%). Найнижчі показники зафіксовано у сорту 'Юкі', де частота калюсогенезу у корінців становила лише 44%, а маса глобул – 80 мг.

Ключові слова: ТДЗ; індукція; маса; частота калюсогенезу; дедиференціація.

УДК 582.794.1:602.6:581.143

Фізіолого-технологічні особливості деконтамінації насіння сіди при введенні в культуру *in vitro*

В. І. Войтовська, О. А. Потапович

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: vvojtovska6@gmail.com

Мета. Обґрунтувати фізіолого-технологічні параметри ефективної деконтамінації (стерилізації) насіння сіди багаторічної (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) для одержання асептичного, життєздатного вихідного матеріалу під час введення в культуру тканин *in vitro*. **Методи.** Лабораторний, фізіологічний, біохімічний, біотехнологічний, математико-статистичний, дисперсійний та кореляційний аналізи. Дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. в умовах лабораторії біотехнології ІВКіЦБ НААН. Об'єктами дослідження було насіння сіди багаторічної з різним ступенем ендо- та екзогенної інфікованості. Ефективність деконтамінації оцінювали за відсотком стерильних експлантів, рівнем виходу чистої життєздатної культури, енергією проростання насіння на живильних середовищах, а також за фізіолого-біохімічними маркерами стресу (індексом перекисного окиснення ліпідів, виходом електролітів та активністю захисних ферментів). **Результати.** Встановлено, що використання комбінованих стерилізуючих агентів на початкових етапах експозиції не чинить критичного депресивного впливу на цілісність насінневої оболонки: рівень пошкодження зародків утримувався в межах $\text{HiP}_{0,05}$ (2–4%). Проте жорсткі режими деконтамінації із застосуванням концентрованих розчинів хлорвмісних препаратів та сулями ініціювали виражений фітотоксичний ефект, де енергія проростання насіння на фоні повної стерильності знижувалася порівняно з оптимальним варіантом більш ніж удвічі. Най-

більш інформативним фізіологічним критерієм оцінки якості стерилізації визначено індекс регенераційної здатності експлантів. За використання двоетапного методу деконтамінації (первинна обробка 70%-м етанолом упродовж 7 хвилин) вихід стерильного та життєздатного матеріалу стабілізувався на піковому рівні (82,4–86,5%), що на 44,5% вище порівняно з однокомпонентним контролем. Це корелює з низьким рівнем виходу електролітів і підтверджує стійкість клітинних мембран зародка завдяки збереженню функціональної активності антиоксидного гідролітичного апарату. Варіант із використанням гіпохлориту натрію показав проміжну стабільність (високий рівень асептики, але зафіксовано гальмування росту проростків). Режим з використанням перекису водню високих концентрацій виявили низьку толерантність насіння; ростові та біохімічні показники тканин стрімко погіршувалися, що супроводжувалося патологічним мацерируванням та глибоким окиснювальним стресом тканин зародка. Дисперсійний аналіз показав, що домінуючим чинником впливу на вихід асептичних проростків є експозиція деконтамінації, частка якого в загальній дисперсії становила 68–74%, тоді як частка впливу концентрації стерилізанта складала 14–18%. Прямі кореляційні зв'язки між активністю супероксиддисмутази в проростках та їхньою подальшою швидкістю росту *in vitro* ($r = 0,91$), тривалістю обробки та відсотком загибелі експлантів від токсикозу ($r = 0,93$), а також високі зворотні зв'язки між рівнем бактеріального контамінування та життєздатністю культури ($r = -0,88$), що математично підтверджує системну фізіолого-технологічну зумовленість біотехнологічного процесу. **Висновки.** Встановлено високу чутливість насіння сіди багаторічної до хімічних деконтамінантів та опти-

Viktoriia Voitovska
<https://orcid.org/0000-0001-5538-461X>
 Olga Potapovuch
<https://orcid.org/0009-0005-6729-7878>