УДК 634.75:632.111:631.526.32:581.145

О.І. Китаєв
к.б.н.
Інститут садівництва НААН
О.Т. Лагутенко
к.с.-г.н.
Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова
В.М. Пелехатий
к.с.-г.н.
Житомирський національний агроекологічний університет
Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ», д.с.-г.н. В.Г. Куян

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ЗИМОСТІЙКІСТЬ СУНИЦІ САДОВОЇ

Дослідження зимостійкості суниці садової сорту Фестивальна при застосуванні регуляторів росту за допомогою аналізу екзотерм льодоутворення доводять, що найбільш ефективним щодо кріопротекторної дії виявився Гетероауксин. Дія препарату виявляється у підвищенні адаптивних властивостей рослин до впливу несприятливих умов перезимівлі.

Постановка проблеми

Суниця садова належить до багаторічних трав'янистих рослин. Її надземна частина являє собою стебла (вкорочені пагони-ріжки), на яких в кінці вегетації формуються верхівкові плодові бруньки, а в пазухах листків закладаються бічні бруньки. Протягом вегетації на заміну відмерлим постійно утворюються нові листки. Зимуючі листки та ріжки в суниці за наявності снігового покриву витримують низькі зимові температури, а в безсніжні зими при зниженні температури до мінус 12–16 ^{o}C частково пошкоджуються або повністю гинуть [6]. Районовані та перспективні сорти суниці є недостатньо стійкими до дії низьких температур за відсутності снігового покриву у зимовий період, тому визначення їх адаптивного потенціалу до умов перезимівлі є надзвичайно актуальним.

Морозостійкість – це здатність рослин витримувати без ушкоджень низькі зимові температури в різні періоди глибокого та вимушеного спокою. Це інтегральна властивість, що визначається перебудовою всього метаболізму під впливом умов протягом річного циклу розвитку рослин, які супроводжуються зміною хімічних, структурних, фізико-хімічних та біофізичних властивостей клітин [9]. Розвиток морозостійкості та її втрати тісно пов'язані зі змінами стану води у тканинах ягідних рослин. Для оцінки цих змін все частіше використовують диференційний термічний аналіз (ДТА) процесів льодоутворення в їх органах та тканинах [13]. Зазначимо, що за характером тепловиділення під час льодоутворення у тканинах можна досить чітко визначати перебіг аклімаційних та деаклімаційних процесів (загартовування та розгартовування), що особливо важливо для оцінки фізіологічного стану генеративних органів під час зимівлі [1, 3, 5].

© О.І. Китаєв, О.Т. Лагутенко, В.М. Пелехатий

Мета дослідження

З метою запобігання зниженню врожайності внаслідок дії несприятливих факторів середовища і, в першу чергу, низьких температур, необхідно розробити адаптаційну технологію вирощування суниці садової. Важливим аспектом такої технології є застосування регуляторів росту, які посилюють захисні реакції рослинного організму до дії стресових факторів різного походження [4].

Матеріали і методи дослідження На сьогоднішній день для садівників та городників торгова мережа пропонує значну кількість синтезованих та природних регуляторів росту. Для вивчення їх впливу на зимостійкість суниці садової нами були використані такі регулятори росту з кріопротекторними властивостями: «Гетероауксин», «Вимпел» та «Чаркор».

«Гетероауксин» – препарат для стимулювання коренеутворення. Виробник ТПК «Техноэкспорт» (Росія). Склад: калійна сіль індоліл-3-оцтової кислоти. Препаративна форма: білий порошок у таблетках по 0,1 г. Середньотоксичний.

Регулятор росту рослин «Вимпел» – препарат широкого спектру дії. Фірма-виробник Науково-дослідне підприємство «Долина» (м. Луганськ). Містить витяжку гумінових кислот. Препаративна форма: масна коричнева рідина, фасована в поліетиленові пакети по 10 г. Безпечний для тварин та людини.

«Чаркор» – препарат для укорінення живців різних культур, який створено в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України. Виробник АТ "Високий врожай" (м. Київ). Композиційні складові: Івін, Емістим С та НОК. Препаративна форма: прозора рідина в скляних ампулах по 1 мл.

Дослідження проводилося на території Київського Полісся (біостанція «Татарка» Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова, м. Київ). Для закладання досліду з вивчення впливу вказаних вище регуляторів росту обрали вирівняну, добре освітлену ділянку світло-сірого опідзоленого супіщаного ґрунту, добре заправленого органічними добривами. Об'єктом дослідження були саджанці суниці сорту Фестивальна (сорт середнього строку достигання, високоврожайний, універсальний, зимостійкий, морозостійкість вища середню) [1]. У кожному варіанті по 100 рослин у трикратній повторності.

Перед садінням кореневу систему контрольних рослин тримали 1,5–2 години у воді, після чого висаджували за схемою 15 см в рядку між рослинами, 30 см – міжряддя. Висаджені рослини поливали водою. Кореневу систему дослідних рослин перед садінням обробляли відповідними регуляторами росту. Частину саджанців замочували у розчині «Чаркору» (1 мл на 1 л води) протягом 6 годин. Інші саджанці занурювали у розчину «Вимпелу» (10 г на 0,5 л води) на 3 години, а після висаджування у ґрунт рослини поливали залишками розчину. Частину приготовленого розчину «Гетероауксину» (1 таблетка на 5 л води) замісили з глиною до сметаноподібної маси. Кореневу систему залишених саджанців обмакнули в отриману глинисту масу й відразу висадили, попередньо виливши в лунки для садіння залишки маси. Висаджені рослини поливали залишками чистого розчину препарату.

У різних модифікаціях ДТА оцінку морозостійкості проводять за аналізом термограм льодоутворення, при цьому враховували співвідношення окремих смуг, інтервал їх появи [2, 8, 10]. У нашому дослідженні як датчики температури використовували три хромель-копелеві термопари з діаметром 0,3 мм у спеціальній ізоляції. Одну термопару вводили в серцевину верхівки пагона на глибину 10–12 мм, другу – в зразок порівняння, за який використовували парафін з розмірами, близькими до розмірів зразка. Всі рослинні зразки після відбору вкладали в поліетиленові пакети і переносили до холодильної камери, де вони зберігалися безпосередньо до моменту підготовки зразка та введення у нього термопари. Третьою термопарою вимірювали температуру в камері охолодження. Для охолодження зразків використовували двокаскадний напівпровідниковий мікрохолодильник. Швидкість зниження температури 1 ^{o}C за хвилину. Інтервал температур становив від +10 до мінус 40 ^{o}C. Перетворення води на лід супроводжується виділенням прихованої теплоти, яка вимірювалася за допомогою двокоординатного потенціометра як різниця сигналів від термопар внаслідок підвищення температури досліджуваного зразка відносно еталону, який не містить води.

Результати дослідження

Дослідженнями природи морозостійкості виявлені численні властивості та ознаки, що тією чи іншою мірою визначають пристосувальні реакції рослин до впливу несприятливих чинників зимового періоду і можуть бути запропоновані як діагностичні показники [3, 7]. Досі найбільш поширеним методом визначення морозо- та зимостійкості дерев є прямий польовий метод, який базується на візуальних спостереженнях та обліку кількості дерев, що загинули або мають різний ступінь ушкоджень після зими з сильними морозами, різкими коливаннями температури чи іншими несприятливими чинниками [12]. Так у зимовий період 2006–2007 рр., за візуальною оцінкою стану рослин суниці садової, після перезимівлі на контрольному варіанті спостерігали 25 % пошкоджених рослин, в оброблених «Гетероауксином» – 15 %, «Чаркором» – 50 %. Серед рослин, що обробляли «Вимпелом» – 40 % загинуло, решта в нормальному стані. Виявлені пошкодження листків (потемніння тканин) були спричинені несприятливими зимовими умовами, а саме – відсутністю снігового покриву тривалий час. Спостереження за рослинами продовжували й наступного року.

Зима 2007–2008 рр. була теплою, без різких коливань температури, тому оцінка морозостійкості рослин суниці проведена на установці ДТА. Визначення особливостей екзотермічного переходу переохолодженої води в лід у тканинах верхівки пагона суниць, оброблених перед садінням різними регуляторами росту, проводили в найбільш холодний період року – в лютому.

Екзотерми льодоутворення – це графік залежності температури тепловиділення від температури охолодження (рис. 1), що має кілька максимумів, амплітуда і положення яких визначаються функціональним станом рослин [14].

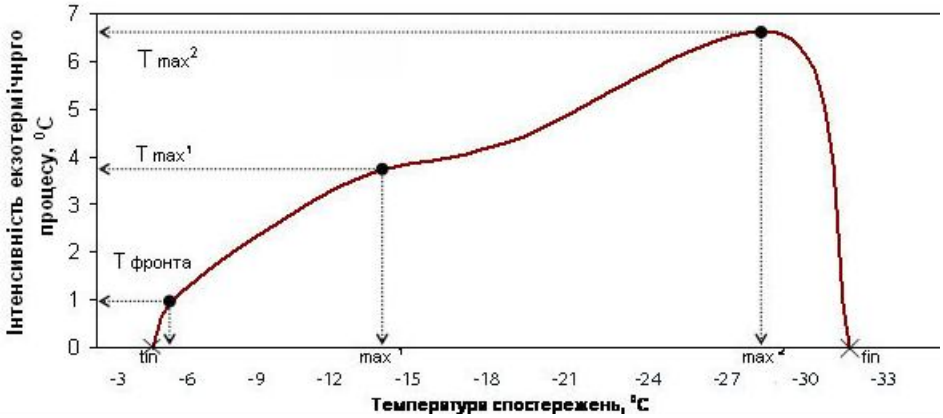

Рис. 1. **Типова екзотерма стебла суниці**
(пояснення до позначень наведені у тексті)

Температура ініціації (t_{in}), тобто початку спонтанного процесу льодоутворення, у більш загартованих рослин починається раніше, при менших температурах охолодження, що пов'язано зі станом клітинних оболонок. Вважається, що льодоутворення ініціюється у ксилемі білками, які виділяються з клітинної оболонки в процесі загартовування [11].

У нашому дослідженні ініціація льодоутворення у ксилемі спостерігалася раніше в зразках рослин, кореневу систему яких перед садінням обробляли «Гетероауксином» – мінус 5,3 °С, тоді як в інших варіантах і контролі цей показник становив від мінус 9,3 до мінус 10,1 °С (табл. 1).

Таблиця 1. **Параметри екзотермічних процесів у верхівці стебла суниці, °С**

Варіант	Температура спостереження				Діапазон льодоутворення		Амплітуда екзотерми		
	t_{in}	max_1	max_2	Fin	TE_1	TE_2	$T_{фронту}$	$Tmax^1$	$Tmax^2$
Контроль	-9,5	-15,4	-26,7	-32,2	5,9	17,2	0,9	3,3	6,9
«Гетероауксин»	-5,3	-10,0	-21,8	-31,4	4,7	16,5	0,8	2,3	5,2
«Вимпел»	-10,1	-16,7	-27,9	-32,7	6,6	17,8	0,9	2,5	5,6
«Чаркор»	-9,3	-14,7	-26,6	-32,7	5,4	17,3	0,9	2,3	5,3

Настання максимумів виділення теплоти при льодоутворенні залежить від форми та кількості води у тканинах. В нашому випадку на графіку температурної екзотерми спостерігається два максимуми: max_1 – в крупних міжклітинниках і судинах ксилеми, max_2 – в мікрокапілярах стінок судин флоеми. Великі значення максимумів вказують на високу властивість тканин утримувати воду, що

підвищує ризик пошкодження зимовими температурами. Показники max_1 і max_2 були найменшими у варіанті з «Гетероауксином» – мінус 10 та 21,8 ºС відповідно.

Максимум льодоутворення у флоемі під час спостережень знаходився в температурному інтервалі -21,8–27,9 ºС. Порівняно низьку температуру ініціації льодоутворення у флоемі пояснюють незначними розмірами макрокапілярів, а також присутністю у міжклітинному просторі значної кількості розчинених речовин – природних кріопротекторів [11].

Температура закінчення процесу льодоутворення (Fin) у всіх варіантах майже однакова, але у варіанті з «Гетероауксином» вона дещо менша -31,4 ^{o}C.

Температурна екзотерма (ТЕ) розраховується як різниця між температурним максимумом (max) та температурою ініціації (t_{in}). Чим більший діапазон льодоутворення спостерігається при меншій t_{in}, тим більша адаптивна аклімація рослин до температурного стресу, тобто процес льодоутворення більш розтягнутий у часі. Значна амплітуда свідчить про велику кількість води, що утримується в судинах і в мікрокапілярах. Найкращі показники температурних екзотерм $ТЕ_1$ і $ТЕ_2$ у варіанті з «Гетероауксином».

У зразках з підвищеним рівнем адаптації спостерігається менша амплітуда фронту льодоутворення ($Т_{фронту}$) в момент його ініціації та поступове посилення екзотермічного процесу, що вказує на властивість звільнятися від зайвої води під дією низьких температур, тобто на підвищену морозостійкість рослин [14]. У нашому випадку цей показник незначний та без істотної різниці між варіантами («Гетероауксин» – 0,8 ºС).

Величина температурного діапазону льодоутворення корегує з набуттям високої морозостійкості досліджуваних об’єктів. Амплітуда відображає ризик механічного пошкодження клітин під час льодоутворення в міжклітинниках і судинах ксилеми ($Tmax^1$) та у мікрокапілярах флоеми ($Tmax^2$). За великих показників ці пошкодження посилюються. Менші значення амплітуди екзотерми, тобто менший ризик пошкоджень, спостерігали у варіанті з використанням регулятора росту «Гетероауксин».

Висновки

Аналіз процесів льодоутворення верхівкової частини пагонів суниці виявив дві інтенсивні смуги тепловиділення, обумовлені високою водоутримуючою здатністю їх тканин, що зумовлює ризик пошкодження під час перезимівлі.

Обробка кореневої системи рослин суниці рістрегулюючими препаратами, зокрема «Гетероауксином», підвищує їх адаптивні властивості до впливу несприятливих умов перезимівлі, що констатували за інтенсивністю тепловиділення та температурою ініціації льодоутворення. Візуальні спостереження за станом рослин підтверджують позитивний вплив рістрегулюючих препаратів на стійкість рослин суниці до умов перезимівлі.

Література

1. *Бурмистров А.Д.* Ягодные культуры / *А.Д. Бурмистров.* – 2-ое изд. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 272 с.
2. *Васюта С.О.* Дослідження особливостей льодоутворення у тканинах коренів підщеп кісточкових культур залежно від їх морозостійкості / *С.О. Васюта, О.І. Китаєв* // Садівництво. – 2001. – Вип. 53. – С. 312–319.
3. *Голодрига П.Я.* Экспресс-метод и приборы для диагностики морозоустойчивости растений / *П.Я. Голодрига, А.В. Соколов* // Физиология и биохимия культурных растений. – 1972. – Т. 4, № 6. – С. 650–656.
4. *Кефели В.И.* Проблема регуляторов роста и устойчивости – её возможности и перспективы / *В.И. Кефели* // Регуляторы роста и развития растений. – К. : Наук. думка, 1989. – С. 24–39.
5. *Китаєв О.І.* Метод диференційно-термічного аналізу для дослідження процесів льодоутворення в різних органах плодових рослин / *О.І. Китаєв* // Проблеми моніторингу у садівництві. – К. : Аграрна наука, 2003. – С. 135–145.
6. *Марковський В.С.* Ягідні культури в Україні : навч. посібник / *В.С. Марковський, М.І. Бахмат.* – Кам'янець-Подільський : Медобори-2006, 2008. – 200 с.
7. Методы определения морозоустойчивости винограда и плодовых. – Кишинёв : Штиинца, 1981. – 49 с.
8. Моделювання процесів льодоутворення в пагонах клонових підщеп яблуні / *Д.В. Потанін, В.М. Пелехатий, О.І. Китаєв* та ін. // Садівництво. – 2005. – Вип. 57. – С. 465–471.
9. *Нестеров Я.С.* Методика определения зимостойкости и морозостойкости плодовых и ягодных культур / *Я.С. Нестеров.* – Мичуринск, 1972. – 86 с.
10. Оцінка морозостійкості нових клонових підщеп яблуні методом диференціального термічного аналізу / *П.В. Кондратенко, О.І. Китаєв, В.М. Пелехатий* та ін. // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2005. – Вип. 84. – С. 34–39.
11. *Пасичный А.П.* Анализ процесса льдообразования в тканях разных по морозоустойчивости древесных растений / *А.П. Пасичный, И.Д. Пономарёва, Г.В. Цепков* // Физиология и биохимия культурных растений. 1980. – Т. 12. – № 5. – С. 548–553.
12. *Соловьёва М.А.* Методы определения зимостойкости плодовых культур / *М.А. Соловьёва.* – Л. : Гидрометеоиздат, 1982. – 36 с.
13. *Туманов И.И.* Изучение процесса льдообразования в растениях путем измерения тепловых выделений / *И.И. Туманов, О.А. Красавцев, Т.И. Трунова* // Физиология растений. – 1969. – Т. 16, № 5. – С. 907–916.
14. *Kytaev O.* The investigation of ice-forming process in different fruit plant organs / *O. Kytaev, M. Solovyova, M. Shevchuk* // Referaty i doniesenia wygtoszone na XI ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej "Mrozoodpoznosc". – Poznan, 1999. – S. 153–157.