

43. Thomas F.M., Blank R., Hartmann G. Abiotic and biotic and their interaction as causes of oak decline in central Europe For. Pathol, 2002. – Vol. 32 Nr. 4/5. – S. 277-307.

44. Treštik M., Kupka I., Demel O. Odumírání smrku na severní Moravě a ve Slezsku – Lesn. Pr., R, 2004. – Vol. 83, nr 7. – S. 12-15.

45. Wermelinger B. Ecology and management of the spruce bark beetle Ips typographus – a review of recent research // Forest Ecology and Management, Volum 202, Issues 1-3, December 2004. – P. 67-82.

Крамарец В.А., Криницкий Г.Т. Оценка состояния и вероятных угроз выживанию еловых лесов Карпат в связи с изменениями климата

Еловые насаждения, которые растут в поясе буково-пихтовых лесов, характеризуются неудовлетворительным санитарным состоянием – количество сухостойных деревьев колеблется от 4 до 61 % от общего запаса. С возрастом в еловых лесах возрастает площадь очагов корневых гнилей сильной и средней степени поражения. Выделены первичные и вторичные экологические факторы, которые влияют на процессы усыхания ельников, предложен прогноз возможного усиления их негативного воздействия при потеплении климата. Охарактеризованы принципы разработки системы адаптивных мероприятий в еловых лесах. Для улучшения состояния усыхающих производных ельников необходим комплекс лесохозяйственных мероприятий, при назначении которых нужно учитывать состояние насаждений, экологические и экономические факторы.

Ключевые слова: глобальное потепление, еловые леса, санитарное состояние насаждений

Kramarets V.A., Krynytskyi H.T. Assessment and possible threats to the survival of the spruce forests of the Carpathians in connection with climate change

Spruce plantations growing in beech-fir forests are characterized by poor sanitary conditions – the number of dead trees ranged from 4 to 61 % of the total stock. The area of the centres of strong and moderate root rot injury in spruce forests is growing with age. Primary and secondary environmental factors that influence the processes of drying of spruce forests are pointed out; the forecast of the possible increase of their negative effects in a global warming of climate is suggested. Principles of adaptive activities in spruce forests are characterized. The complex forest management is required to improve the state of drying up secondary spruce forests. The condition of the forests, environmental and economic factors must be taken into account when such management is appointed.

Keywords: global warming, spruce forests, sanitary state of the plantations

УДК 635.925:58.036.5

Аспір. М.О. Кухарська¹ – НУ біотехнології і природокористування України, м. Київ; наук. співроб. О.І. Китаєв, канд. біол. наук – Інститут садівництва УААН, м. Київ

**ОЦЕНКА МОРОЗОСТІЙКОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ
CATALPA SCOP. МЕТОДОМ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО
ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ**

Методом диференційної термографії здійснено порівняльний аналіз перебігу процесів льодоутворення в тканинах пагонів трьох видів роду *Catalpa* Scop., які трапляються у вуличних насадженнях м. Києва. За комплексом показників ДТА,

¹ Наук. керівник: проф. С.Б. Ковалевський, д-р с.-г. наук – НУБіП України, м. Київ

прогнозовано достатньо високу морозостійкість всіх досліджуваних видів, а особливо *C. hybrida* Spaeth.

Ключові слова: катальпа, інтродукція, морозостійкість, льодоутворення, диференційний термічний аналіз (ДТА)

Рослини роду *Catalpa* Scop. дедалі частіше використовують для озеленення як присадибних ділянок, приватних міських об'єктів, так і вуличних насаджень великих міст, зокрема м. Києва. Підвищена цікавість до катальп зумовлена їх стійкістю до несприятливих міських умов, пізніми термінами квітання, подібністю будови суцвіть до *Aesculus hippocastanum* L., відсутністю падаючих плодів, а також опатністю зеленого листа до настання морозів.

Більшість садибного матеріалу, висадженого останнім часом на вулицях столиці, завезено з європейських розсадників, тому не є адаптованим до кліматичних умов цього регіону. Вважається, що саме недостатня стійкість катальп до несприятливих умов зимового періоду, що характеризується різними перепадами температури, є одним із основних лімітних чинників її поширення у зелених насадженнях нашого регіону.

Стійкість рослин до морозу традиційно пов'язують зі здатністю клітин витримувати обезводнення позаклітинним льодом. Вивчення цього явища дало змогу виявити причини загибелі рослин від морозів та розробити низку методів діагностики їх зимо- та морозостійкості. Для їх оцінки дедалі частіше використовують диференційний термічний аналіз (ДТА) процесів льодоутворення в органах і тканинах, де як вихідну інформацію використовують термограми, що відтворюють динаміку теплових ефектів, котрі супроводжують агрегатні перетворення води у тканинах під час заморожування. Але останнім часом виявлено та інтенсивно вивчають інший механізм стійкості, оснований на збереженні у клітинах переохолодженої води [1, 4, 5].

Метою досліджень було здійснення порівняльного аналізу перебігу процесів льодоутворення в тканинах досліджуваних видів роду *Catalpa* Scop. методом диференційної термографії для визначення їх морозостійкості.

Об'єктами досліджень були рослини видів *Catalpa bignonioides* Walt., *C. speciosa* Ward., *C. hybrida* Spaeth., використані під час створення вуличних композицій м. Києва.

Методика досліджень. Досліди з визначення морозостійкості досліджуваних видів шляхом диференційно-термічного аналізу процесів льодоутворення у пагонах виконували на базі Інституту садівництва УААН впродовж зимових періодів 2007-2010 рр.

Диференційний термічний аналіз процесів льодоутворення є одним з найбільш інформативних методів, доступних для дослідника. Використовуючи цей метод, можна отримати достатньо повну картину перебігу процесів аклімації та деаклімації для окремих тканин та органів, визначити потенційну стійкість рослин до шкодочинної дії низьких температур та висушування у зимовий період.

Характер льодоутворення вивчали за допомогою приладу, спеціально створеного для диференційного термічного аналізу. Датчиками температури були хромель-копелеві термомпари. Одну з них вводили у центральну частину

деревини стебла, на глибину 5-8 мм, іншу – у зразок порівняння. Як індиферентний еталон використовували парафін з розмірами, близькими до розмірів зразка. Термопари вмикали полюсами напроти одна одній. Сигнал подавався на вхід "Y" високочутливого потенціометра Н-307 з двома координатами. За допомогою ще однієї термопари вимірювали температуру у камері охолоджувача. Сигнал від цієї термопари подавався на вхід "X" того ж потенціометра.

Для аналізу льодоутворення брали зразки з верхньої та середньої частин стебла довжиною близько 10-15 мм з корою.

Під час аналізу зразки охолоджували у двокаскадному напівпровідниковому мікрохолодильнику типу ТЛМ-2 (рис. 1, 2) досить рівномірно, що дало змогу отримати відтворювальні термограми льодоутворення. Температуру у камері знижували з постійною швидкістю – $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$. При цьому інтервал температур становив $+10\ldots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Підключення термопар дало можливість вимірювати температурну різницю між зразком та еталоном у процесі льодоутворення. Під час перетворення води в лід виділялася прихована теплота, яка вимірюється як різниця сигналів від термопар, викликаних підвищенням температури досліджуваного зразка відносно еталона, що не містить води. Льодоутворення в різних тканинах зразка відбувається нерівномірно, тому на екзотермах є кілька максимумів, амплітуда положення яких значною мірою визначається водно-фізичними властивостями тканин [2, 6].



Рис. 1. Прилад для диференційного термічного аналізу (загальний вигляд)

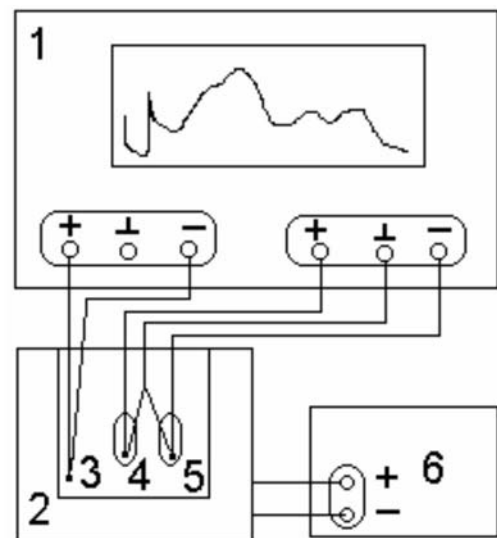


Рис. 2. Принципова схема установки диференційного термічного аналізу: 1 – двокоординатний потенціометр Н-307; 2 – мікрохолодильник ТЛМ-2; 3 – термопара для реєстрації температури у камері мікрохолодильника; 4 – зразок з термопарою; 5 – еталон з термопарою; 6 – блок живлення мікрохолодильника ВСП-33

Результати досліджень. Аналіз льодоутворення за допомогою термографічного методу дав змогу чітко виявити особливості тепловиділення у тканинах пагонах видів *Catalpa bignonioides* Walt., *C. speciosa* Ward., *C. hybrida* Spaeth (рис. 3).



Рис. 3. Термограма льодоутворення в тканинах видів роду *Catalpa* Scop.

На спектрах тепловиділення зразків пагонів є кілька достатньо виразних смуг в інтервалі температур $-5^{\circ}\text{C} \dots -30^{\circ}\text{C}$. Перша, високотемпературна екзотерма (ВТЕ) у діапазоні температур $-5 \dots -10^{\circ}\text{C}$ характеризує процеси льодоутворення в макрокапілярах тканин ксилеми, друга, що реєструється при $-10 \dots -20^{\circ}\text{C}$, – у тканинах флоєми. Порівняно низьку температуру ініціації льодоутворення у флоємі пояснюють незначними розмірами макрокапілярів, а також присутністю у міжклітинному просторі значної кількості розчинених речовин – природних кріопротекторів. На фоні смуги тепловиділення флоєми реєструються ще кілька низькотемпературних екзотерм (НТЕ) у діапазоні $-24 \dots -30^{\circ}\text{C}$. Найбільш значимою особливістю екзотерм пагонів є наявність достатньо інтенсивної смуги низькотемпературної екзотерми ксилеми, що пов'язують з льодоутворенням у мікрокапілярах [3, 6].

Табл. Параметри екзотермічних процесів у стеблах досліджуваних видів роду *Catalpa* Scop.

Вид	Зразок	Температура спостереження, $^{\circ}\text{C}$					Температурний діапазон, $^{\circ}\text{C}$			Амплітуда екзотерми, $^{\circ}\text{C}$				
		t ініціації	t max		t		ВТЕ	НТЕ	пагона	фронту	max ВТЕ	max ТЕ флоєми	НТЕ ₁	НТЕ ₂
			ксилеми	флоєми	НТЕ ₁	НТЕ ₂								
<i>C. speciosa</i> Ward.	I	-10,7	-11,0	-19,5	-25,7	-29,8	3,8	7,8	20,0	1,6	3,3	4,8	1,2	0,4
	II	-12,5	-14,0	-19,5	-26,5	-30,4	3,0	8,0	18,0	2,3	3,1	5,4	2,5	0,2
<i>C. bignonioides</i> Walt.	I	-11,6	-13,5	-19,5	-26,6	-30,8	3,3	8,3	19,7	1,8	2,5	4,5	2,1	0,6
	II	-13,5	-15,8	-19,3	-26,3	-30,7	2,8	7,3	18,3	1,0	2,1	3,1	1,6	0,4
	III	-14,7	-17,0	-20,3	-27,2	-30,8	3,4	8,3	16,8	1,2	1,3	4,4	1,6	0,4
<i>C. hybrida</i> Spaeth.	I	-11,9	-13,2	-18,2	-26,7	-30,8	3,0	8,8	18,2	2,1	2,1	4,3	2,3	0,4
	II	-10,7	-13,2	-19,0	-26,3	-31,0	4,8	8,7	21,0	1,0	1,7	3,8	1,8	0,5

Як видно з таблиці, зразки *C. speciosa* Ward. та *C. hybrida* Spaeth. мають вищу температуру ініціації процесів льодоутворення (бл. $-11,0^{\circ}\text{C}$), ніж *C. bignonioides* Walt. ($-13,3^{\circ}\text{C}$), льодоутворення у ксилемі у *C. speciosa* Ward. починається значно раніше (при $-12,5^{\circ}\text{C}$), ніж у *C. hybrida* Spaeth. ($-13,2^{\circ}\text{C}$) та *C. bignonioides* Walt. ($-15,4^{\circ}\text{C}$). Процеси льодоутворення у флоемі пагонів відбуваються у досліджуваних видів за таких температурних показників: у *C. speciosa* Ward. при $-19,5^{\circ}\text{C}$, у *C. hybrida* Spaeth. при $-19,7^{\circ}\text{C}$, у *C. bignonioides* Walt. при $-18,6^{\circ}\text{C}$. Завершення процесу льодоутворення у пагонах характеризується низькотемпературною екзотермою (НТЕ), що визначається льодоутворенням у мікрокапілярах. Температура НТЕ в об'єктів спостережень становила: у *C. speciosa* Ward. $-26,1^{\circ}\text{C}$, у *C. bignonioides* Walt. $-26,7^{\circ}\text{C}$, у *C. hybrida* Spaeth. $-27,0^{\circ}\text{C}$.

Опрацювання отриманих результатів у програмі Microsoft Office Excel дає можливість візуально оцінити динаміку процесів льодоутворення у тканинах *C. speciosa* Ward., *C. hybrida* Spaeth. та *C. bignonioides* Walt. (рис. 4).

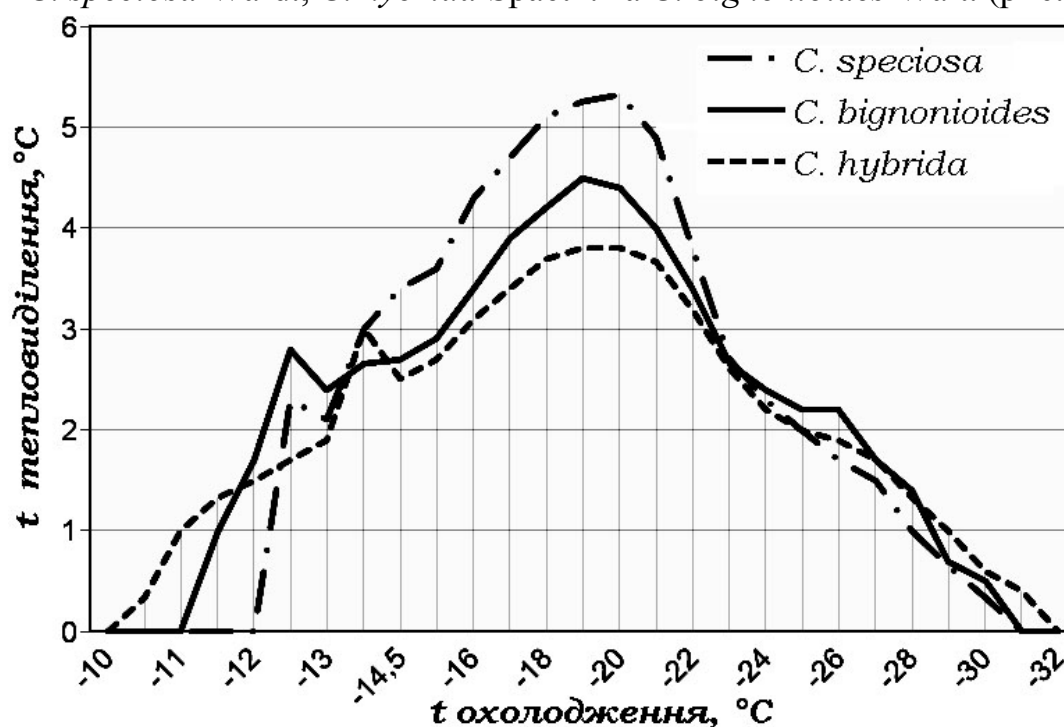


Рис. 4. Екзотерма льодоутворення в тканинах видів роду *Catalpa* Scop.

Ранній початок нуклеації льоду в тканинах ксилеми *C. hybrida* Spaeth. та невелика амплітуда фронту льодоутворення свідчать про вищу аклімацію цього виду. Відзначимо також, що амплітуда льодоутворення у цього виду менша, ніж в інших об'єктів досліджень, що знижує ризик ушкодження льодом клітинних структур. Водночас поява піку льодоутворення, пов'язаного з нуклеацією в бруньці (рис. 2, 3), відбувається за нижчих температур, значно нижче температури прояву льодоутворення в мікрокапілярах ксилеми (НТЕ), ширший діапазон льодоутворення у пагоні загалом.

Найвужчий діапазон льодоутворення в тканинах *C. speciosa* Ward., пізніша його ініціація, а також високі амплітуди тепловиділення свідчать про меншу аклімацію цього виду. Варто зазначити, що льодоутворення у бруньці катальпи прекрасної відбувається раніше, що свідчить про її нижчу морозостійкість.

Висновки. Внаслідок проведеного дослідження встановлено, що:

- зразки *C. speciosa* Ward. та *C. hybrida* Spaeth. мають вищу температуру ініціації процесів льодоутворення (бл. $-11,0^{\circ}\text{C}$), порівняно з *C. bignonioides* Walt. ($-13,3^{\circ}\text{C}$);
- льодоутворення у ксилемі у *C. speciosa* Ward. починається значно раніше (при $-12,5^{\circ}\text{C}$), ніж у *C. hybrida* Spaeth. ($-13,2^{\circ}\text{C}$) та *C. bignonioides* Walt. ($-15,4^{\circ}\text{C}$);
- процеси льодоутворення у флоемі пагонів відбуваються у досліджуваних видів за таких температурних показників: у *C. speciosa* Ward. при $-19,5^{\circ}\text{C}$, у *C. hybrida* Spaeth. при $-19,7^{\circ}\text{C}$, у *C. bignonioides* Walt. при $-18,6^{\circ}\text{C}$;
- завершення процесу льодоутворення у пагонах характеризується низькотемпературною екзотермою (НТЕ), що визначається льодоутворенням у мікрокапілярах. Температура НТЕ в об'єктів спостережень становила: у *C. speciosa* Ward. $-26,1^{\circ}\text{C}$, у *C. bignonioides* Walt. $-26,7^{\circ}\text{C}$, у *C. hybrida* Spaeth. $-27,0^{\circ}\text{C}$;
- за аналізом процесів льодоутворення в тканинах пагонів досліджувані види роду *Catalpa* Scop. можна охарактеризувати так: *C. hybrida* Spaeth. має найвищий потенціал морозостійкості, *C. speciosa* Ward. – найнижчий, а *C. bignonioides* Walt. займає проміжне положення.

Література

1. Каримова Ф.Г. Роль клеточной оболочки у водообмене растительных клеток // Ф.Г. Каримова, Н.А. Гусев, Н.В. Кузьмичёва / Физиология и биохимия культурных растений. 1980. – Т. 12, № 3. – С. 285-290.
2. 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.
3. Соловьёва М.А. Физиологические основы формирования морозоустойчивости плодовых растений и защита от зимних повреждений / М.А. Соловьёва // Сельскохозяйственная биология. – 1983. – № 7. – С. 108-113.
4. Kasperska A. The role of cell walls in plant responses to low temperature / A. Kasperska // Referaty i donisienia wygloszone na XII ogólnokrajowym seminarium grupy roboczej "Mrozoodporność". – Poznań. – 2001. – P. 23-24, 24A-24U.
5. Kaku S. Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to freezing resistance and distribution range / S. Kaku, M. Iwaya // P.H. Li and A. Sakai (eds.). Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. Academic. – New York, 1978. – Vol. I. – P. 227-239.
6. Kytayev O. The investigation ice-forming processes in different fruit plants organs / O. Kytayev, M. Solovyova, M. Shevchuk // Referaty i donisienia wygloszone na XI ogólnokrajowym seminarium grupy roboczej "Mrozoodporność". – Poznań, 1999. – P. 153-157.

Кухарская М.О., Кутаев О.И. Оценка морозоустойчивости представителей рода *Catalpa* Scop. методом дифференциального термического анализа

Методом дифференциальной термографии проведен сравнительный анализ процессов льдообразования в тканях побегов трех видов рода *Catalpa* Scop., встречающихся в уличных насаждениях г. Киева. По комплексу показателей ДТА, спрогнозирована достаточно высокая морозоустойчивость всех исследуемых видов, особенно *C. hybrida* Spaeth.

Ключевые слова: катальпа, интродукция, морозоустойчивость, льдообразование, дифференциальный термический анализ (ДТА).

Kukharska M.O., Kitajev O.I. Estimation of frost-resistance of sort representatives *Catalpa* Scop. by the method of differential thermoanalysis

A comparative analysis of the ice-forming process in the shoot tissues of three species of *Catalpa* Scop. genus, subgregarious in Kyiv green plantations, has been carried out by

means of the differential thermography. Indices a rather high frost-resistance of all species under investigation, especially *C. hybrida* Spaeth., is prognosticated according to the complex of the differential thermal analysis.

Keywords: catalpa, introduction, freeze-thaw resistance, ice nucleation, differential thermal analysis (DTA).

УДК 630*425

Доц. В.Г. Мазена, канд. с.-г. наук; проф. Г.Т. Криницький,
д-р біол. наук – НЛТУ України, м. Львів; проф. Г.П. Леонтяк, д-р с.-г. наук –
Уманський державний аграрний університет

НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ ТА АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНЯКІВ В УМОВАХ МАЛОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Досліджено динаміку основних кліматичних показників та радіального приросту соснових деревостанів, що ростуть в умовах забруднення довкілля викидами Добротвірської ТЕС. Виявлено загальний характер динаміки приросту, його екстремальні значення, зміни амплітуди і частоту коливань та встановлено кореляційні залежності між приростом та комплексом кліматичних показників і забрудненням атмосфери.

Ключові слова: радіальний приріст, зміни клімату, аеротехногенне забруднення, кліматичні показники, соснові деревостани.

Упродовж останніх років відбуваються глобальні зміни клімату, які негативно впливають на ліси та виконання їхніх різноманітних функцій. Ряд українських учених дійшли висновку, що зміни клімату призведуть до зміщення ареалів видів та границь лісорослинних областей, а на рівні лісових фітоценозів появляться тенденції до зміни домінуючих деревних видів, ярусних структур деревостанів, динаміки росту і стійкості лісостанів [4]. Тому актуальним є вивчення наслідків комплексного впливу на лісостани змін клімату та атмосферного забруднення.

Для оцінки динаміки стану лісових екосистем більшість дослідників використовують дендрохронологічний та дендрокліматичний методи, що базуються на вивченні радіального приросту окремих дерев і деревостанів [1, 11, 12]. Радіальний приріст є найбільш універсальним і комплексним показником стану насаджень впродовж всього їх віку, а тому дає змогу виявити реакцію деревостанів на дію всього комплексу зовнішніх чинників, встановити тривалість аеротехногенного впливу, ступінь і його критичні періоди [1, 6, 12], а також планувати відповідні заходи щодо стабілізації стану пошкоджених лісів і прогнозувати їх подальший ріст [12, 14].

Метою наших досліджень є вивчення динаміки основних кліматичних показників та радіального приросту соснових деревостанів, що ростуть в умовах Малого Полісся України та зазнають впливу атмосферного забруднення Добротвірської ТЕС. Добротвірська ТЕС є найбільшим джерелом забруднення атмосфери в умовах Західного Лісостепу. Вона розташована у західній частині Малополіської низовини (Малого Полісся) біля р. Західний Буг. Максимальний обсяг викидів станцією забруднювальних речовин в атмосферу, зареєстрованих у 2001 р., становив 73.4 тис. т.