

ОЦІНКА СТУПЕНЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ МОРОЗОСТІЙКОСТІ ІНВАЗІЙНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. СЕРГА*, аспірант кафедри ботаніки,
А. І. БАБИЦЬКИЙ, кандидат біологічних наук,
старший викладач кафедри фізіології, біохімії рослин та
біоенергетики
Національний університет біоресурсів і природокористування
України
О. І. КИТАЄВ, кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник лабораторії фізіології рослин і
мікробіології
Інститут садівництва Національної аграрної академії України
Я. С. ЗАПОЛЬСЬКИЙ, аспірант відділу вірусології, оздоровлення
та розмноження плодових і ягідних культур
Інститут садівництва Національної аграрної академії України
В. А. КРИВОШАПКА, кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач лабораторії фізіології рослин і мікробіології
Інститут садівництва Національної аграрної академії України
Б. Є. ЯКУБЕНКО, доктор біологічних наук,
завідувач кафедри ботаніки
Національний університет біоресурсів і природокористування
України
E-mail: serha.aleksandr@gmail.com, andriybabytskiy@gmail.com

Анотація. Ефективність впливу низьких температур на однорічні пагони чужорідних деревних видів рослин у помірних широтах часто стає обмежувальним чинником їхнього росту та розвитку. Тому для аналізу адаптаційної здатності необхідним є визначення їхньої потенційної морозостійкості. Метою дослідження було визначення ступеня потенційної морозостійкості інвазійних деревних видів рослин у Правобережному Лісостепу України. Дослідження проводили в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН України. Методом прямого проморожування однорічних пагонів айланта найвищого (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens* Lam.), клена ясенolistого (*Acer negundo* L.), бархату амурського (*Phellodendron amurense* Rupr.), гледичії звичайної (*Gleditsia triacanthos* L.), магонії падуболистої (*Mahonia aquifolium* Nutt.) і робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.)

установлено ступінь пошкодження їхніх тканин температурами -25 та -30°C . Діагностовано високу потенційну морозостійкість у більшості досліджених рослин і виявлено схильність до пошкодження низькими температурами лише в магоніюпадуболистої. Отримані результати підтверджують високу витривалість інвазійних деревних видів рослин до низьких температур в екологічних умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: потенційна морозостійкість, інвазійні деревні види рослин, однорічні пагони, Правобережний Лісостеп України.

Актуальність. Низькі негативні температури повітря впродовж зимового періоду є одними із найнесприятливіших стресових чинників для деревних видів рослин [1]. Причиною пошкодження і загибелі рослин унаслідок дії морозів є замерзання води в міжклітинниках й клітинах, яке супроводжується дегідратацією, осмотичним шоком і механічним травмуванням мембран [3]. Здатність рослин зберігати підвищену стійкість проти абіотичних стресів – генетично детермінована ознака, яку контролюють багато генів [5].

Мета дослідження. Нетривала дія інтенсивних морозів у багатьох випадках може спричиняти сильні пошкодження, а в деяких випадках і загибель рослин. Тому метою нашого дослідження було визначення рівня потенційної стійкості інвазійних деревних видів рослин проти дії низьких температур в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами дослідження стали 7 інвазійних деревних видів рослин, які зростають у Правобережному Лісостепу України, а саме: айлант найвищий, або китайський ясен (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), карагана дерев'яниста (*Caragana arborescens* Lam.), клен ясенolistий (негідний) (*Acer negundo* L.), бархат амурський (*Phellodendron amurense* Rupr.), гледичія звичайна, або колюча (*Gleditsia triacanthos* L.), магоніюпадуболиста (*Mahonia aquifolium* Nutt.) і робінія звичайна, або біла акація (*Robinia pseudoacacia* L.).

Зразки для дослідів відбирали з модельних рослин придорожньої частини лісових масивів НПП «Голосіївський». Географічні координати модельних рослин становлять: $N 50.38260^{\circ}$, $E 030.50410^{\circ}$ (айлант найвищий), $N 50.38289^{\circ}$, $E 030.50033^{\circ}$ (карагана дерев'яниста), $N 50.38266^{\circ}$, $E 030.50409^{\circ}$ (клен ясенolistий), $N 50.38285^{\circ}$, $E 030.50390^{\circ}$ (бархат амурський), $N 50.38211^{\circ}$, $E 030.50330^{\circ}$ (гледичія звичайна), $N 50.38326^{\circ}$, $E 030.50321^{\circ}$ (магоніюпадуболиста) і $N 50.38344^{\circ}$, $E 030.50424^{\circ}$ (робінія звичайна).

Потенційну морозостійкість однорічних пагонів деревних рослин визначали методом прямого їх проморожування під час глибокого спокою у першій декаді лютого [4]. Для дослідження відбирали по 3 пагони з типовим для рослин річним приростом із середньої частини крони.

Проморожування зразків здійснювали в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН України в холодильній камері CRO/400/40 за температури -25 та -30°C . Контролем обрано пагони рослин, які витримували у природних умовах. Знижували температуру повітря за умов проморожування зі швидкістю $5^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Після досягнення заданої нижньої температури дослідні рослини витримували в такому режимі впродовж 6 год. Розморожування проводили зі швидкістю підвищення температури $5-6^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Режим проморожування контролювали за допомогою 9 спеціально сконструйованих датчиків термоопору, підключених до електричного термометра Щ-455.

До анатомічного аналізу ступеня пошкодження тканин рослинні зразки зберігали 2-3 тижні в холодному приміщенні в закритих поліетиленових мішках. Поперечні зрізи пагонів готували за допомогою мікротома і ставили на предметні скельця в гліцерин. Зразки розміщували по одному поперечному зрізу з верхньої і середньої частини пагона через міжвузля та одному поздовжньому через бруньку для кожного з трьох варіантів дослідів. Зразки розглядали під мікроскопом МБС-10. За зміною забарвлення тканин після проморожування визначали рівень пошкодження кори, камбію, деревини та серцевини рослин.

Ступінь пошкодження оцінювали за 6-бальною шкалою:

- 0 – пошкоджень немає (0%);
- 1 – незначна зміна забарвлення, пошкоджено до 20% тканини;
- 2 – середнє пошкодження тканини (40%);
- 3 – середнє пошкодження (побуріння межі тканини з іншими тканинами (60%));
- 4 – сильне пошкодження, тканина повністю побуріла, межі з іншими тканинами чорні (80%);
- 5 – повна загибель, у деяких випадках тканини неможливо відокремити від інших (100%).

Для статистичної обробки результатів застосовували метод коефіцієнтів [2], який ґрунтується на тому, що різні тканини мають неоднакове значення для відновлення. Тому кожній тканині надано різний емпіричний коефіцієнт впливу на ступінь відновлення. Для камбію, як найважливішої відновлювальної тканини, він становить 8, для кори – 6, деревини – 4 і серцевини – 2. Сума коефіцієнтів дорівнює 20, для бруньки також 20, тому множення з вищим балом пошкодження окремої тканини (5,0) становить 100 індексованих балів. Отже, умовно можна вважати 100%-ою загибель зразка за умов повного пошкодження тканин, незначним – менше 10, середнім – від 10 до 50, сильним до 75 і дуже сильним – більше 75.

Результати дослідження та їх обговорення. Контрольні рослини зберігали в природних умовах, за яких температура повітря не опускалася нижче ніж -6°C . У контролі значення індексованого бала пошкодження дослідних рослин найбільшими були в бруньок

магонії падуболистої (29,2), а найменшими – робінії звичайної та айланта найвищого (по 9 балів). Ступінь пошкодження в контрольному варіанті досліду був незначним у рослин айланта найвищого та робінії звичайної і не перевищував 10 балів. Також незначного пошкодження зазнавала середина пагонів рослин гледичії звичайної (9,8) та карагани дерев'янистої (9,7). Ступінь пошкодження інших деревних видів рослин був середнім (табл. 1).

За температури -25°C ступінь пошкодження рослинних зразків був середнім. Найбільш пошкодженими виявилися бруньки магонії падуболистої (47,4 бали), найменш пошкодженими – середина пагона гледичії звичайної (13,8 бали).

Найсуттєвішого пошкодження зразки зазнавали у варіанті досліду з проморожуванням за температури -30°C . Ступінь пошкодження більшості зразків мав середнє значення (до 50 балів), лише верхівки пагонів магонії падуболистої пошкоджувались надзвичайно сильно (83,8 бали). Найстійкішими проти температури -30°C виявилась середина пагонів гледичії звичайної (18,3 бали).

Найменш стійкою частиною проти низької температури виявилась верхівка пагона, яка за температури -30°C найсильніше була пошкоджена в рослин магонії падуболистої (83,8 бали), найменше – гледичії звичайної (21,1 бали). Нижчий бал пошкодження був характерний для середини пагона досліджених рослин. Максимального значення за температури -30°C цей показник досягав також у рослин магонії падуболистої (60,5 бала), а мінімального – у гледичії звичайної (22,7 бали). Найнижчий рівень пошкодження визначено в бруньок, яке за температури -30°C було найсуттєвішим у рослин магонії падуболистої (51,9 бали), найменшим – у гледичії звичайної (18,3 бали).

Рослини айланта найвищого зазнавали незначного пошкодження в контролі, а у варіантах з проморожуванням за температури -25 і -30°C виявилися середньопошкодженими. Найбільшого ступеня пошкодження в цих рослин зазнавали бруньки (31,8 бали). Дещо менш пошкодженою була верхівка пагона (27,2 бали), а найстійкішою – середина (21,8 бали).

1. Пошкодження однорічних пагонів інвазійних деревних видів рослин внаслідок дії низьких температур

Ч.ч	Вид	Варіант	Коефіцієнт пошкодження частин рослини, індексований бал		
			Верхівка пагона	Середина пагона	Брунька
1	Айлант найвищий	К	9,6	9	9,4
		-25°C	20	15,8	24,6
		-30°C	27,2	21,8	31,8
2	Бархат амурський	К	19	13,6	16,8

		–25°C	25,9	20,4	25,4
		–30°C	48,5	40,6	40,5
		К	12,3	9,8	12,3
3	Гледичія звичайна	–25°C	16,9	13,8	17,1
		–30°C	21,1	18,3	22,7
		К	14,2	9,7	15,2
4	Карагана дерев'яниста	–25°C	15	17,5	21,5
		–30°C	26,3	24,9	24,1
		К	12,8	11,4	13,9
5	Клен ясенелистий	–25°C	21,3	17,8	23,9
		–30°C	30,7	28,3	27,4
		К	28,2	28,5	29,2
6	Магонія падуболиста	–25°C	36,3	35,9	47,4
		–30°C	83,8	60,5	51,9
		К	9,6	9	9,4
7	Робінія звичайна	–25°C	20	15,8	24,6
		–30°C	27,2	21,8	31,8

Ступінь пошкодження пагонів бархату амурського у варіантах дослідів і контролі був середнім. Найстійкішою в нього виявилася середина пагонів, що в контролі за температури –25°C пошкоджувалась менше, ніж інші частини. Лише за впливу температури –30°C середина однорічних пагонів бархату амурського зазнавала такого пошкодження, як і брунька. Верхівка пагонів у цих рослин найсхильніша до пошкоджень низькими температурами, максимальний бал яких не перевищував значення 48,5.

Гледичія звичайна є найстійкішою з-поміж досліджених рослин проти дії низьких температур. Хоча в контрольному варіанті більшість частин її пагонів були середньопошкодженими, лише середина його зазнавала незначного пошкодження. Максимальний бал пошкодження однорічних пагонів гледичії звичайної не перевищував 22,7 бали. Найменш стійкою проти низьких температур у гледичії звичайної були бруньки, які пошкоджувались сильніше, ніж інші частини пагонів.

Однорічні пагони карагани дерев'янистої також виявились стійкими проти негативних температур. У контрольному варіанті середина пагонів зазнавала незначного пошкодження (9,7 бали), а інші частини були середньопошкодженими. За температури –25°C найменше пошкоджувалась верхівка пагона (15 балів), найбільше – брунька (21,5). За впливу температури –30°C найвиразніше відбувались пошкодження верхівки пагона (26,3), а бруньки і середньої частини – майже однаково (24,1 і 24,9 бали відповідно).

Рослини клена ясенелистого зазнавали середнього ступеня пошкодження. У контролі і з проморожуванням за температури –25°C найбільшою мірою пошкоджувались бруньки (13,9 і 23,9 бали відповідно). За температури –30°C найсуттєвіше пошкодження виявлено у верхівках пагонів рослин – 30,7 бали.

Однорічні пагони магонії падуболистої були найменш стійкими проти низьких температур. У контрольному варіанті досліді усі зразки мали схожий ступінь пошкодження, проте найбільше були уражені бруньки (29,2 бали). У варіанті досліді з проморожуванням за температури -25°C найінтенсивніше пошкоджувались також бруньки (48,4 бали) порівняно з верхівкою і серединою пагонів (36,3 і 35,9 бали відповідно). Проте за умов проморожування і температури -30°C верхівка пагонів магонії падуболистої зазнавала найсуттєвішого пошкодження (83,8 бали), інші частини також мали бал пошкодження вище середнього.

Однією з найстійкіших виявились рослини робінії звичайної, пагони якої у контрольному варіанті досліді були незначною мірою пошкоджені, а в інших – середньою. Найстійкішими виявились середні частини однорічних пагонів, а найуразливішими – бруньки, які за температури -25°C пошкоджувались на 24,6 бали, а -30°C – на 31,8 бали.

Методом мікроскопічних досліджень поперечних зрізів однорічних пагонів рослин встановлено, що внаслідок стресового впливу низьких температур найбільшою мірою пошкоджувались тканини серцевини, кори та деревини, найменшою – камбію. Тому найменш морозостійкими тканинами в період спокою варто вважати деревину, серцевину та кору, а камбій – найбільш морозостійким. Це надзвичайно важливо, оскільки саме камбій як твірна тканина є найнеобхіднішою складовою в життєдіяльності деревних рослин, яка забезпечує функціонування процесів росту, розвитку та відновлення.

Найсуттєвішого пошкодження внаслідок проморожування за температури -30°C зазнавала камбіальна тканина верхівки однорічних пагонів магонії падуболистої (36 балів) (рис. 1), а найнижчого – гледичії колючої (5,2 бала) (рис. 2). Отримані результати підтверджують взаємозв'язок ступеня стійкості однорічних пагонів рослин та їхніх твірних тканин проти низьких температур повітря.

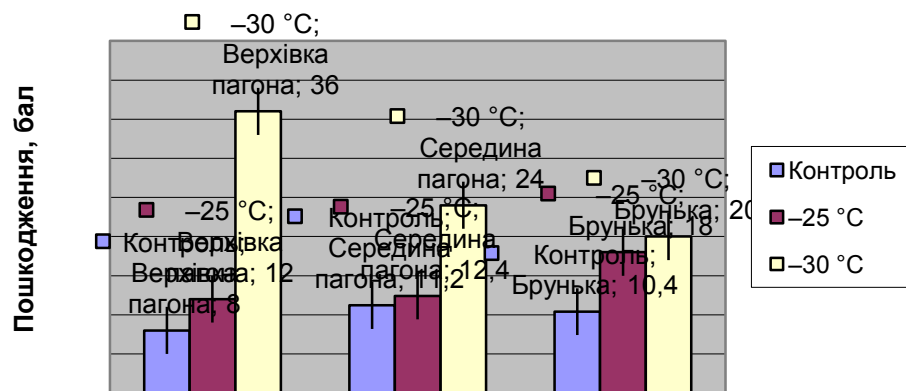


Рис. 1. Пошкодження камбію однорічних пагонів рослин магоніїпадуболистої низькими температурами повітря

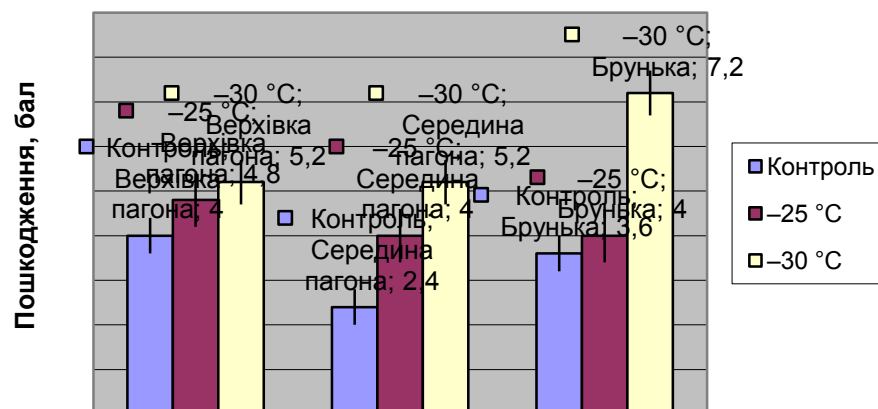


Рис. 2. Пошкодження камбію однорічних пагонів рослин гледичії звичайної низькими температурами повітря

Висновки і перспективи. Найуразливішими проти низьких температур виявились рослини магонії падуболистої, верхівки пагонів якої за температури -30°C зазнавали дуже сильного (83,8 бали) пошкодження. Пошкодження бруньок і середніх частин пагонів зимуючих рослин були визначальними для оцінки ступеня потенційної морозостійкості деревних видів рослин. Досліджені інвазійні деревні види рослин відзначаються достатньо високим рівнем морозостійкості в природних умовах Правобережного Лісостепу України, оскільки ступінь пошкодження їхніх пагонів температурою до -30°C не перевищував середнього показника. Такі результати підтверджують

високу витривалість інвазійних деревних видів рослин проти низьких температур в екологічних умовах Правобережного Лісостепу України.

Список використаних джерел

1. Барская Е. И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е. И. Барская – М.: Наука, 1967. – 224 с.
2. Бублик М. О. Лабораторні і польові методи визначення морозостійкості плодових порід / М. О. Бублик, Т. І. Пати́ка, О. І. Китаєв, Д. Г. Макарова, В. А. Кривошопко, Ю. Д. Гончарук, Д. В. Потанін – Київ: НААН України, Інститут садівництва, 2013. – 26 с.
3. Палагеча Р.М. Морозостійкість магнолій та льодоутворення у тканинах пагонів / Р. М. Палагеча, О. І. Китаєв, Н. Ю. Таран // Укр. ботан. журн. – 2007. – №5. – С. 892-900.
4. Соловьева М. А. Методы определения зимостойкости плодовых культур / М. А. Соловьева. – Под ред. канд. геогр. наук Т. А. Побетовой. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 36 с.
5. Шматко И. Г. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам / И. Г. Шматко, И. А. Григорюк, О. Е. Швидова. – Киев : Наук. думка, 1989. – 224 с.

References

1. Barskaya E.I. Changes in chloroplast and aging shoots due to frost resistance of woody plants / E.I. Barskaya – M.: The science, 1967. – 224 p.
2. Bublik M.O. Laboratory and field methods for determining the frost resistance hardiness of fruit species / M.O. Bagel, T.I. Patyka, A. Kitaev, D.G. Makarova, V.A. Krivoshapko, Y.D. Goncharuk, D.V. Potanin - Kyiv, Ukraine Academy of Agricultural Sciences, the Institute of Horticulture, 2013. – 26 p.
3. Palahecha R.M. Frost resistance of magnolias and ice formation in tissues of shoots / R.M. Palahecha, O.I. Kitaev, N.U. Taran // Ukr. Botan. Journal. - 2007. – №5. – P. 892-900.
4. Solovieva M.A. Methods for determining the winter resistance hardiness of fruit crops / M.A. Soloviev. - Ed. By cand. geogr. sciences T.A. Pobetovoy. - L: Gidrometeoizdat, 1982. – 36 p.
5. Shmatko I.G. The plant resistance to water and temperature stresses / I.G. Shmatko, I.A. Grigoryuk, O.E. Shvidova. - Kiev: Science thought, 1989. – 224 p.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ИНВАЗИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

***А. И. Серга, А. И. Бабицкий, О. И. Китаев, Я. С. Запольский,
В. А. Кривошопко, Б. Е. Якубенко***

Аннотация. *Эффективность влияния низких температур на однолетние побеги древесных видов растений в умеренных широтах*

часто является лимитирующим фактором их роста и развития. Поэтому для анализа адаптационной способности необходимым является определение их потенциальной морозоустойчивости. Целью исследования было выявление степени потенциальной морозоустойчивости инвазивных древесных видов растений в условиях Правобережной Лесостепи Украины. Исследования проводили в лаборатории физиологии растений и микробиологии Института садоводства НААН Украины. Методом прямого промораживания однолетних побегов айланта высочайшего (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), караганы древовидной (*Caragana arborescens* (Lam.)), клена ясенелистного (*Acer negundo* (L.)), бархата амурского (*Phellodendron amurense* (Rupr.)), гледичии трехколючковой (*Gleditsia triacanthos* (L.)), магонии падуболистной (*Mahonia aquifolium* (Nutt.)), а также робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* (L.)) определена степень повреждения тканей температурой -25 и -30°C . Диагностировано высокую потенциальную морозоустойчивость большинства исследуемых растений, а склонность к повреждению низкими температурами была обнаружена только в магонии падуболистной. Полученные результаты подтверждают высокую выносливость инвазивных древесных видов растений к низким температурам в экологических условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Ключевые слова: потенциальная морозоустойчивость, инвазивные древесные виды растений, однолетние побеги, Правобережная Лесостепь Украины.

ESTIMATION FOR POTENTIAL FROST RESISTANCE LEVEL OF INVASIVE WOODY PLANTS SPECIES UNDER CONDITIONS OF RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

**A. Serha, A. Babytskiy, O. Kytaev, YA. Zapolskiy, V. Kryvoshapko,
B. Yakubenko**

Abstract. An efficiency effect of low temperatures on annual shoots of woody plants in temperate zone is often a limiting factor in their growth and development. Therefore, in order to analyze the adaptive capacity of alien plants is necessary to determine their potential frost resistance. The purpose of the article is to determine the potential frost degree of invasive woody plants species under condition of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The investigation was conducted in the laboratory of plants physiology and microbiology of Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine. The tissues damage level by the low temperature with values -25 and -30°C of annual sprout of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Caragana arborescens* (Lam.), *Acer negundo* (L.), *Phellodendron amurense*

(Rupr.), Gleditsia triacanthos (L.), Mahonia aquifolium (Nutt.) and Robinia pseudoacacia (L.) are set by the method of direct freezing. As a results of conducted analyze the high level of potential frost resistance is found in the majority of investigated plants and susceptibility to damage by low temperatures is revealed only in Mahonia aquifolium. The gained results confirm the high resistance of invasive woody plants to low temperatures in the ecological conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: *potential frost resistance, invasive woody plants species, annual sprout, Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.*