

УДк 582.475:630*1(477.4)

В.П. ШЛАПАК¹, С.А. МАКАРИНСЬКА², В.В. ШЛАПАК³
ЧУТЛИВІСТЬ ДО НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР
ВИДІВ РОДУ *PINUS* L.

*Експериментальним шляхом встановлено чутливість до низьких температур видів роду *Pinus* L.: сосни звичайної (*P. sylvestris* L.), сосни чорної (*P. nigra* Arn.), сосни гірської (*Pinus mugo* Turra) та сосни Веймута (*Pinus strobus* L.) під час глибокого та вимушеного спокою. Виявлено, що з тканин однорічного пагона досліджуваних видів роду *Pinus* L. найбільшого пошкодження зазнають кора і камбій, а найменшого – серцевина. Встановлено, що досліджувані види стійкі до несприятливих погодних умов взимку в умовах Правобережного Лісостепу України.*

Ключові слова: *види роду *Pinus* L., морозостійкість, індекс морозного пошкодження, період глибокого спокою, тканини пагона.*

¹ ШЛАПАК Володимир Петрович – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Національний дендрологічний парк "Софіївка" – НДІ НАН України. Україна, м. Умань. Тел.: +38-098-927-34-57. E-mail: piterwp@rambler.ru

² МАКАРИНСЬКА Світлана Анатоліївна – аспірант кафедри лісового господарства. Уманський національний університет садівництва. Україна, м. Умань. Тел.: +38-098-233-96-23

³ ШЛАПАК Володимир Володимирович – аспірант. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Україна, м. Київ. Тел.: +38-097-385-40-45

Вступ. Природне проходження усіх процесів життєдіяльності рослинного організму забезпечується типом лісорослинних умов та температурними змінами протягом року. Річний цикл деревних рослин, як стверджує Л.І. Сергєєв [1], складається з періоду росту пагонів та періоду спокою, що відображає здатність рослин пристосовуватися до несприятливих чинників зими. А здатність виду залишатись непошкодженим від дії морозу визначається ступінню стійкості вегетативних і генеративних органів. Здерев'янілі багаторічні частини рослини краще пристосовані до зимівлі внаслідок розвитку низькотемпературної витривалості під час довготривалого загартування. Бруньки поточного року і 1-2-річні пагони значно вразливіші до пошкоджень, що і дає змогу визначити рівень морозостійкості окремо для кожного виду.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Морозостійкість окремих представників роду *Pinus L.* представлена в публікаціях Н.Г. Соломахи [2], Н.Є. Судачкової [3], А. Ericsonn [4], Є.В. Алаудінова, П.В. Миронова [5], Е.В. Алаудінова, В.А. Повалєєва, П.В. Миронова [6], Ю.С. Шимова, Е.В. Алаудінова, П.В. Миронова, С.М. Рєп'ях [7], Е.В. Алаудінова, С.Ю. Симкіна, П.В. Миронова [8], В.П. Шлапака, С.А. Макаринської, В.В. Шлапака [9] та інших. Автори здебільшого досліджували безпечний рівень води в живих рослинних клітинах за мінусових температур навколишнього середовища та динамічні характеристики процесу зневоднення в умовах природного сезонного зниження температур; зміну рівня залишеної води в різних елементах протоплазми живої клітини під час структурної перебудови протопласту; дію запасних живильних речовин (білки і вуглеводи) та цукрів, що утворюють гідрофільні зв'язки з білками, які запобігають їх денатурації під час дії критичних низьких температур. Вивчали неправильний обмін речовин, де крохмаль живих запасних клітин перетворюється на камедеподібну речовину, що знижує здатність протистояти несприятливим чинникам морозної погоди та спричинює закупорку провідних елементів, перешкоджаючи руху живильних речовин. Подібні дослідження проводили Д.М. Гродзинський [10] та П.С. Гнатів [11].

Ми дослідили процес проморожування різних частин однорічних пагонів (верхівки, середини через вузол, середини через міжвузля та бруньку) сосни звичайної, сосни чорної, сосни гірської та сосни Веймута в умовах Правобережного Лісостепу України.

Методика проведення дослідю. Для визначення морозостійкості за видимими ознаками пошкодження було застосовано метод прямого проморожування за методикою М.О. Соловйової [12] та її модифікацією [13], а також з деякими доповненнями співробітників Інституту садівництва УААН щодо різної фізіологічної значущості тканин, які доповнили уніфіковану методику умовними коефіцієнтами: для кори – 6, для камбію – 8, для деревини – 4, для серцевини – 2, бруньки – 20. Це дає змогу визначити індекс морозного пошкодження (надалі ІМП). Як

зразки використовували 1-річні пагони, зрізані з 10-річних дерев. Усі дослідні зразки взято з середньої частини крони, а дослідні екземпляри мали однакову силу розвитку і порядок галузнення. Проморожування здійснювали під час глибокого (січень) і вимушеного (березень) спокою. У першому випадку для досліджень брали зразки з чотирьох видів сосен (звичайної, гірської, Веймута і чорної). Температуру знижували до -25°C і -35°C . У другому – лише з трьох (за винятком сосни чорної). Температуру знижували до -20°C і -25°C . Як контроль використали зразки без попереднього проморожування. Методика полягала у поступовому зниженні температури зі швидкістю 5°C за годину відносно тієї, що була у відкритому середовищі, до заданої температури дослідю, яку витримували протягом 4-6 годин. Розморожування ж пагонів проводили шляхом поступового підвищення температури на $4-5^{\circ}\text{C}$ за годину до досягнення початкової. Через два тижні після експерименту пагони розрізали впоперек і за допомогою анатомо-мікроскопічного методу визначали ступінь пошкодження кожної з тканин за шестибальною шкалою. На наявність пошкоджень окремо обстежували верхівку пагона, середину через міжвузля і вузол та бруньку. Бал морозостійкості визначали за середнім результатом трьох повторностей, а результати оцінки перемножували на відповідний коефіцієнт і отримували індекс морозного пошкодження. Для визначення достовірності розбіжностей між варіантами, проводили математичну обробку одержаних результатів за допомогою програми Dad.

Результати дослідження. В період глибокого спокою тканини сосни звичайної контрольних зразків зовсім не підмерзли (табл.). Це підтверджується і дослідженнями А.К. Полякова, Е.П. Суслєва [14] та М.А. Соловйова [15], які вказують на здатність пагонів повністю підготувитись до початку холодного періоду. Також для контрольних зразків майже не відзначено пошкоджень у сосен Веймута і гірської, в яких лише незначною мірою відзначено промерзання кори – 1,2. Також встановлено, що серцевина вузла сосни гірської дещо підмерзла. Усі ж інші тканини досліджуваних зразків є досить стійкими до дії морозу в період глибокого спокою, чого не можна сказати про сосну чорну, яка отримала сильні пошкодження деревини і серцевини. Продовження примусового зниження температури дослідю до -25°C показало, що однорічні пагони сосни гірської та Веймута мають високу, навіть більшу, ніж у сосни звичайної, стійкість до низьких температур. У них визначено найменший індекс промерзання кори, а у сосни Веймута, з-поміж усіх досліджуваних видів, взагалі не виявлено пошкодження камбію і лише злегка були пошкодження деревини. Крім того, у сосни Веймута, так само як і в звичайної, взагалі не відзначено пошкоджень бруньок. Для сосни гірської було встановлено індекс морозного пошкодження 6, а сосни чорної – 4. Сосна чорна, як і в попередньому варіанті, мала найвищий ступінь пошкодження кори, деревини і серцевини низькими температурами під час примусового проморожування.

Табл. 1. Індекс морозного пошкодження тканин усіх частин пагона

Тканини пагона	Сосна звичайна		Сосна Веймута		Сосна гірська		Сосна чорна		Нір ₀₅
	середнє	індекс	середнє	індекс	середнє	індекс	середнє	індекс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глибокий спокій контроль (без проморожування)									
Верх пагона									
Кора х6	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0	0	0,16
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Деревина х4	0	0	0	0	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,4	0,10
Серцевина х2	0	0	0	0	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,15
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,2 ^{±0,1}	1,2	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,13
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Деревина х4	0	0	0	0	0,1 ^{±0,2}	0,4	0,3 ^{±0,2}	1,2	0,28
Серцевина х2	0	0	0	0	0,4 ^{±0,1}	0,8	0,5 ^{±0,1}	1,0	0,12
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0	0	0,2 ^{±0,1}	1,2	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,18
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Деревина х4	0	0	0	0	0,2	0,8	0	0	0,12
Серцевина х2	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,4 ^{±0,1}	0,8	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,22
Брунька х20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сума індексів									
Верхівка	0	0	-	0,6	-	0,6	-	0,6	-
Середина через вузол	0	0	-	0,6	-	2,4	-	2,8	-
Середина через міжвузля	0	0	-	1,4	-	2,2	-	0,8	-
Проморожування за -25°C									
Верх пагона									
Кора х6	0,3 ^{±0,1}	1,8	0,2	1,2	0,4 ^{±0,1}	2,4	0,5 ^{±0,2}	3,0	0,52
Камбій х8	0,1 ^{±0,1}	0,8	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,22
Деревина х4	0,2 ^{±0,2}	0,8	0	0	0	0	0,2 ^{±0,2}	0,8	0,34
Серцевина х2	0,3 ^{±0,2}	0,6	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,5 ^{±0,2}	1,0	0,69
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0,4 ^{±0,1}	2,4	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,3 ^{±0,1}	1,8	0,3	1,8	0,20
Камбій х8	0,1 ^{±0,1}	0,8	0	0	0	0	0	0	0,12
Деревина х4	0,5 ^{±0,1}	2,0	0	0	0,2	0,8	0,3 ^{±0,1}	1,2	0,19
Серцевина х2	0,5	1,0	0,4 ^{±0,1}	0,8	0,4 ^{±0,1}	0,8	0,6 ^{±0,1}	1,2	0,23
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0,2	1,2	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,3 ^{±0,1}	1,8	0,4 ^{±0,2}	2,4	0,38
Камбій х8	0,1 ^{±0,1}	0,8	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,20
Деревина х4	0,4 ^{±0,2}	1,6	0,2 ^{±0,1}	0,8	0,2	0,8	0,5 ^{±0,2}	2,0	0,42
Серцевина х2	0,5	1,0	0,3 ^{±0,1}	0,6	0,2 ^{±0,1}	0,4	0,8 ^{±0,2}	1,6	0,59
Брунька х20	0	0	0	0	0,3 ^{±0,2}	6,0	0,2 ^{±0,1}	4,0	0,27
Сума індексів									
Верхівка	-	4,0	-	1,4	-	3,4	-	5,6	-
Середина через вузол	-	6,2	-	1,4	-	3,4	-	4,2	-
Середина через міжвузля	-	4,6	-	2,0	-	3,8	-	6,8	-
Проморожування за -35°C									
Верх пагона									
Кора х6	0,35 ^{±0,2}	2,1	0,65 ^{±0,1}	3,9	0,5	3,0	0,5	3,0	0,23
Камбій х8	0,2 ^{±0,1}	1,6	0,65 ^{±0,1}	5,2	0,2	1,6	0,35 ^{±0,1}	2,8	0,18
Деревина х4	0,5 ^{±0,1}	2,0	0,5	2,0	0,35 ^{±0,1}	1,4	0,5	2,0	0,13
Серцевина х2	0,2 ^{±0,1}	0,4	0,5	1,0	0,35 ^{±0,1}	0,7	0,5	1,0	0,15
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0,65 ^{±0,1}	3,9	0,65 ^{±0,1}	3,9	0,35 ^{±0,1}	2,1	0,5 ^{±0,01}	3,0	0,30
Камбій х8	0,35 ^{±0,1}	2,8	0,5	4,0	0,2 ^{±0,1}	1,6	0,2 ^{±0,01}	1,6	0,15
Деревина х4	0,75 ^{±0,1}	3,0	0,5 ^{±0,1}	2,0	0,35 ^{±0,1}	1,4	0,5 ^{±0,2}	2,0	0,26
Серцевина х2	0,75 ^{±0,2}	1,5	1,0	2,0	0,5	1,0	0,65 ^{±0,1}	1,3	0,25
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0,5	3,0	0,65 ^{±0,1}	3,9	0,5	3,0	0,65 ^{±0,1}	3,9	0,24
Камбій х8	0,2 ^{±0,1}	1,6	0,65 ^{±0,1}	5,2	0,35 ^{±0,1}	2,8	0,35 ^{±0,1}	2,8	0,26
Деревина х4	0,2	0,8	0,65 ^{±0,1}	2,6	0,2	0,8	0,75 ^{±0,2}	3,0	0,31
Серцевина х2	0,35 ^{±0,1}	0,7	0,75 ^{±0,2}	1,5	0,35 ^{±0,1}	0,7	0,9 ^{±0,1}	1,8	0,29
Брунька х20	0,2	4,0	0,5	10	0,2 ^{±0,1}	4,0	0,35 ^{±0,1}	7,0	0,15
Сума індексів									
Верхівка	-	6,1	-	12,1	-	6,7	-	8,8	-
Середина через вузол	-	12,2	-	11,9	-	6,1	-	7,9	-
Середина через міжвузля	-	6,1	-	13,2	-	7,3	-	11,5	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вимушений спокій, контроль (без проморожування)									
Верх пагона									
Кора х6	0	0	0,25 ^{±0,1}	1,5	0,2	1,2	-	-	0,07
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Деревина х4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0	0	-	-	0,13
Серцевина х2	0	0	0,35 ^{±0,1}	0,7	0	0	-	-	0,20
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,25 ^{±0,1}	1,5	0,3 ^{±0,05}	1,8	-	-	0,13
Камбій х8	0	0	0	0	0,25 ^{±0,05}	2,0	-	-	0,08
Деревина х4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0,4 ^{±0,1}	1,6	0,35 ^{±0,1}	1,0	-	-	0,33
Серцевина х2	0,25 ^{±0,25}	0,5	0,5	1,0	0,35 ^{±0,1}	0,7	-	-	0,46
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,25 ^{±0,1}	1,5	0,2	1,2	-	-	0,11
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Деревина х4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0,3	1,2	0,1 ^{±0,1}	0,4	-	-	0,13
Серцевина х2	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,25 ^{±0,1}	0,5	0	0	-	-	0,17
Брунька х20	0	0	0,2 ^{±0,1}	4,0	0,1 ^{±0,1}	2,0	-	-	-
Сума індексів									
Верхівка	-	0,4	-	2,6	-	1,2	-	-	-
Середина через вузол	-	1,5	-	4,1	-	5,5	-	-	-
Середина через міжвузля	-	1,2	-	3,2	-	1,6	-	-	-
Проморожування за -20°C									
Верх пагона									
Кора х6	0,15 ^{±0,05}	0,9	0,5	3,0	0,4 ^{±0,1}	2,4	-	-	0,17
Камбій х8	0	0	0	0	0,25 ^{±0,05}	2,0	-	-	0,07
Деревина х4	0	0	0	0	0,2	0,8	-	-	-
Серцевина х2	0	0	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,2	-	-	0,13
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,1 ^{±0,1}	0,6	0,2	1,2	-	-	0,13
Камбій х8	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Деревина х4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0	0	0	0	-	-	0,13
Серцевина х2	0	0	0,25 ^{±0,25}	0,5	0	0	-	-	0,33
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0	0	0,35 ^{±0,15}	2,1	0,25 ^{±0,05}	1,5	-	-	0,24
Камбій х8	0	0	0,2 ^{±0,1}	1,6	0,1 ^{±0,1}	0,8	-	-	0,27
Деревина х4	0	0	0,25 ^{±0,05}	1,0	0,1 ^{±0,1}	0,4	-	-	0,17
Серцевина х2	0	0	0,2	0,4	0	0	-	-	-
Брунька х20	0	0	0,2	4,0	0,1 ^{±0,1}	2,0	-	-	-
Сума індексів									
Верхівка	-	0,9	-	3,0	-	5,4	-	-	-
Середина через вузол	-	1,0	-	1,1	-	1,2	-	-	-
Середина через міжвузля	-	0	-	5,1	-	2,9	-	-	-
Проморожування за -25°C									
Верх пагона									
Кора х6	0,2	1,2	0,65 ^{±0,15}	3,9	0,5	3,0	-	-	0,20
Камбій х8	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,35 ^{±0,1}	2,8	-	-	0,16
Деревина х4	0	0	0	0	2,8	1,2	-	-	-
Серцевина х2	0	0	0	0	0,25 ^{±0,05}	0,5	-	-	0,07
Середина пагона через міжвузля									
Кора х6	0,2	1,2	0,5 ^{±0,02}	3,0	0,3	1,8	-	-	0,02
Камбій х8	0	0	0	0	0,25 ^{±0,05}	2,0	-	-	0,07
Деревина х4	0,1 ^{±0,1}	0,4	0	0	0,2	1,0	-	-	0,13
Серцевина	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,2	0,4 ^{±0,1}	0,8	-	-	0,23
Середина пагона через вузол									
Кора х6	0,2	1,2	0,5	3,0	0,4 ^{±0,1}	2,4	-	-	0,13
Камбій х8	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,8	0,3	2,4	-	-	0,13
Деревина х4	0	0	0,1 ^{±0,1}	0,4	0,35 ^{±0,15}	1,4	-	-	0,29
Серцевина х2	0	0	0,2	0,4	0,25 ^{±0,05}	0,5	-	-	0,07
Брунька х20	0	0	0,1 ^{±0,1}	2,0	0,35 ^{±0,15}	7,0	-	-	-
Сума індексів									
Верхівка	-	1,2	-	4,7	-	7,5	-	-	-
Середина через вузол	-	1,6	-	3,2	-	5,6	-	-	-
Середина через міжвузля	-	1,2	-	4,6	-	6,7	-	-	-

Зниження температури до -35 °C змінило ситуацію. Так, серед тканин сосни Веймута найбільших пошкоджень зазнав камбій вузла і верхівки – 5,2 і, незважаючи на сильне підмерзання

кори і бруньки, серцевина і деревина отримали невисокі індекси морозного пошкодження. Інші три види сосен виявились порівняно стійкішими. А сосна

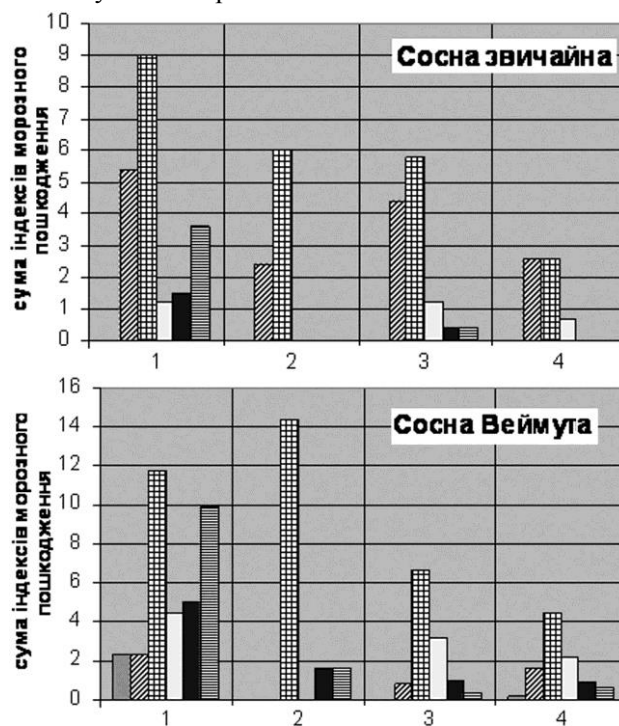
гірська мала найменші індекси промерзання деревини в усіх частинах пагона.

Дещо по-іншому проходили процеси захисту від негативної дії морозу у період вимушеного спокою. У контролі без проморожування найбільше пошкодились тканини сосни Веймута, особливо кора, деревина і серцевина верхівки пагона. Це можна пояснити тим, що ростові процеси пагона, які проходять протягом вегетаційного періоду, не встигають повністю завершитись з настанням холодів у його верхівці, що робить тканини, розміщені там, менш загартованими. Нижчі і близькі до таких у сосни звичайної, мала індекси морозного пошкодження сосна гірська. Однак її камбій отримав індекс морозного пошкодження 2. Проморожування пагонів за $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ показало найвищу стійкість тканин сосни звичайної, у якої підмерзли лише кора верхівки і міжвузля, а також деревина міжвузля. Інші види постраждали значно більше – у сосни Веймута пошкодилась кора і серцевина, а у сосни гірської – кора і камбій. У варіанті зі зниженням температури до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ у сосни Веймута найсильніше пошкодилась кора верхівки – 3,9 і майже не пошкодились інші частини пагона. Сосна гірська мала трохи менший ступінь пошкодження кори, однак усі її інші тканини мали ознаки підмерзання. Підсумувавши показники проморожування пагонів, які були в стані глибокого спокою по кожній тканині з верхівки, міжвузля і вузла, виявили, що найбільшого пошкодження зазнала кора усіх видів сосен (рис. 1). Найсильніше вона пошкодилась у сосни чорної (7,2) за проморожування до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ та у сосни Веймута (11,7) – за проморожування до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. За вимушеного спокою найсильніше кора пошкодилась у сосни Веймута – 9,9 (за температури $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$), а найменше – сосни звичайної. Це можна пояснити безпосереднім впливом морозу на кору, а вже потім – на інші тканини пагона.

Тому камбій, який розташований одразу під корою, зазнав менше пошкоджень морозом у кожного з досліджуваних видів. Виняток становила лише сосна Веймута, в якій камбій за температури $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ промерз значно сильніше не лише порівняно з іншими видами, а навіть сильніше за кору. А за інших температур він або зовсім не пошкоджувався, або зазнавав лише незначної шкоди. Камбій сосни гірської виявився пошкодженим у всіх варіантах досліді, проте індекси морозного пошкодження тканин пагона у неї не були вищими за індекси кори. Деревина пошкодилась ще менше ніж камбій. Незважаючи на те, що показники її пошкодження у кожного виду відрізняються за різних температур досліді, найсильніше вона постраждала за $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найвищий же індекс морозного пошкодження отримала деревина сосни чорної – 7, трохи менший – сосни Веймута і звичайної – відповідно 6,6 і 5,8, а найменшим він був у сосни гірської – 3,6. Але за вимушеного спокою після проморожування температурою $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ деревина сосни гірської мала індекс пошкодження 3,6, тоді як сосни звичайної і Веймута отримали лише 0,4. Серцевина, як внутрішня частина пагона, пошкодилась найменше порівняно з іншими тканинами. У разі проморожування пагонів до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ найвищим індекс морозного пошкодження був у сосни Веймута – 4,5, а найнижчим у сосни гірської – 0,4.

Під час визначення загальної морозостійкості рослини більше уваги приділяли ступеню підмерзання кори, камбію і бруньки, тому що у разі пошкодження їх морозом пагони не функціонуватимуть нормально або навіть загинуть. Як бачимо, деревина та серцевина менше потерпають від дії морозу. Навіть у разі сильного пошкодження виявлені ознаки побуріння деревини зникають до середини літа і вона повністю відновлює свою діяльність. Низькі показники пошкодження серцевини в нашому досліді можна пояснити тим, що вона складається з тонкостінної паренхіми, в якій знаходяться усі запасні живильні речовини, що розкладаються впродовж зимового періоду.

Окремої характеристики потребує брунька (рис. 2). В умовах глибокого спокою у всіх досліджуваних видів вона взагалі не пошкодилась у контрольних зразків (без проморожування) і сильно підмерзла у разі зниження температури до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найвищий індекс морозного пошкодження зафіксовано на зразках сосни Веймута – 10 і, трохи нижчий у сосни чорної – 7.



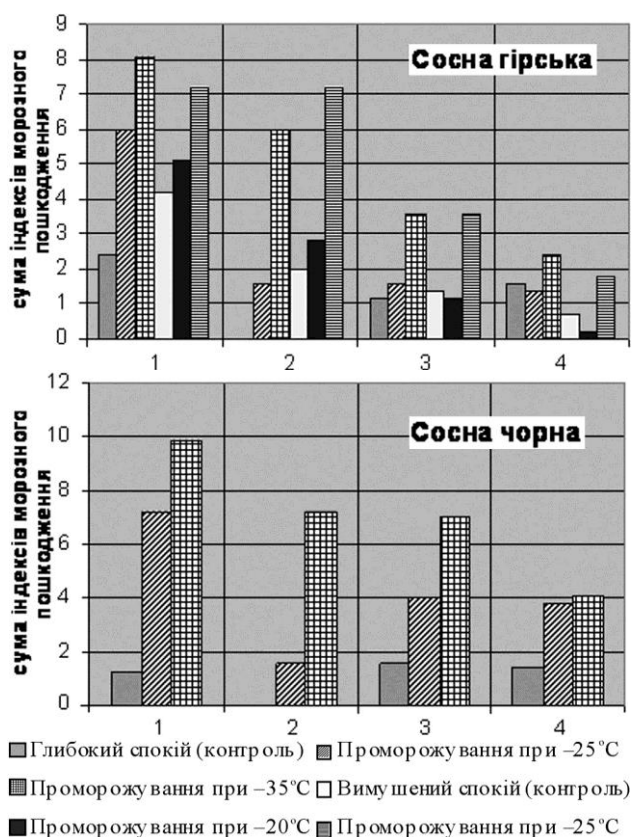


Рис. 1. Індекс морозного пошкодження різних тканин пагона: 1 – кора; 2 – камбій; 3 – деревина; 4 – серцевина

Сосна гірська, яка за цієї температури виявила однакову стійкість з сосною звичайною, мала ознаки пошкодження у інших варіантах дослідження, особливо у разі зниження температури до -25°C , як у разі глибокого, так і вимушеного спокою, коли індекс морозного пошкодження у неї становив 6 і 7, відповідно. Раніше встановлено [8], що в бруньці представників роду *Pinus L.* немає порожнини, а серцевинна тканина є продовженням серцевини пагона і прямо пов'язана з меристематичними тканинами. Отримані дані можуть свідчити про розміщення у меристематичних тканинах бруньок спадково закріпленого механізму кріорезистентності, який реалізується в стані глибокого спокою незалежно від того, чи знаходиться дерево в умовах низькотемпературного стресу, чи ні. Можливо, саме це і допомагає їй зберігатися впродовж періоду морозів, так само, як допомагає і серцевині.

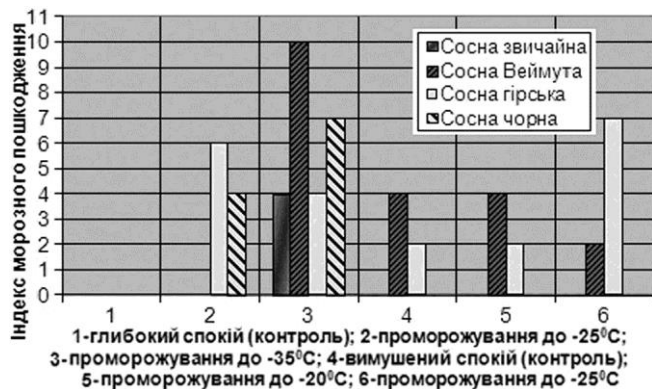


Рис. 2. Характеристика морозостійкості бруньки

Під час періоду вимушеного спокою фізіологічні процеси, що розпочались у рослині внаслідок настання відлиги, не завжди встигають знову повністю припинитись до повторного настання морозів. Тому, якщо у стані глибокого спокою можна визначити потенційну морозостійкість, то проморожування тканин у разі вимушеного спокою визначає швидкість реакції на зміну температури навколишнього середовища, коли рослинний організм виснажений через використання майже усіх живильних речовин, які його захищали. На це і вказують вищі, ніж у стані глибокого спокою, показники морозного пошкодження за вимушеного спокою в контролі без проморожування.

Однак, за $T = -25^{\circ}\text{C}$ тканини пагона реагували на проморожування по-іншому. Під час глибокого спокою проморожені за такої температури зразки сосни звичайної мали нижчі оцінки пошкодження кори, ніж за вимушеного. Проте у сосни Веймута спостерігалось зворотнє явище – під час глибокого спокою індекс проморожування кори був 2,4, а під час вимушеного – 9,9. У сосни гірської також спостережено сильніші пошкодження пагонів під час вимушеного спокою, але зміни показників не такі значні. Камбій сосни звичайної у глибокому спокої отримав індекс морозного пошкодження 2,4, а під час вимушеного – 0. У сосен Веймута і гірської камбій зовсім не пошкоджувався під час глибокого спокою, проте відзначено ознаки підмерзання під час вимушеного. Деревина і серцевина сосен звичайної і Веймута сильніше пошкоджувалась під час глибокого спокою, а в сосни гірської – навпаки. Бруньки сосни звичайної не підмерзли у жодному з періодів спокою, а у сосен Веймута і гірської вони постраждали в обох варіантах, однак під час вимушеного – сильніше.

Отже, порівнюючи показники індексів морозного пошкодження за температури -25°C , ми не спостерегли чіткої закономірності і тому не можна дати однозначної відповіді про кращу пристосованість видів роду *Pinus L.* до певного виду спокою, оскільки отримані дані хоча і відрізняються по певних тканинах, але загалом є подібними. Тому можна припустити, що досліджувані види роду *Pinus L.* однаково встигають адаптуватися до змін погодних умов як під час вимушеного, так і під час глибокого спокою.

Висновки. Порівнюючи показники індексів морозного пошкодження за температури -25°C , ми не спостерегли чіткої закономірності і тому не можна дати однозначної відповіді про кращу пристосованість видів роду *Pinus L.* до певного виду спокою, оскільки отримані дані хоча і відрізняються за певними тканинами, але загалом є подібними.

Найвищою морозостійкістю у всіх варіантах дослідження характеризуються тканини сосни звичайної. Сосна Веймута виявилась стійкою до дії мінусових температур в глибокому спокої, незважаючи на сильне пошкодження камбію, однак, під час вимушеного спокою вона мала меншу стійкість. Сосна чорна отримала високі індекси морозного пошкодження у разі зниження температури до -25°C , проте виявила відносно високу опірність низьким температурам за -35°C . Тканини сосни гірської найбільше пошкодились морозом під час вимушеного спокою.

З тканин досліджуваних видів роду *Pinus L.* найбільше постраждала кора, а найменше – серцевина. Температуру -35°C можна вважати критичною,

нижче від якої спостерігаються незворотні пошкодження усіх тканин однорічних пагонів.

Показники пошкодження бруньки варіювали для кожного виду, але найвищий індекс морозного пошкодження відзначено у бруньок сосни Веймута у разі зниження температури до -35°C .

Беручи до уваги підсумкові бальні показники функціональної адаптації та акліматизації сосен звичайної, Веймута, гірської та чорної в умовах Правобережного Лісостепу України, пропонуємо використовувати їх у різних видах насаджень, як під час створення лісових культур, так і впроваджуючи їх у зелене господарство великих міст, районних центрів та населених пунктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергеев Л.И. О физиологии зимостойкости древесных растений / Л.И. Сергеев // Второе Уральское совещание по экологии и физиологии древесных растений : рефераты докладов и сообщений. – Уфа : Башкирское книжное изд-во, 1965. – С. 5-8.

2. Соломаха Н.Г. Випробування видів сосен у Донецькому Ботанічному саду НАНУ / Н.Г. Соломаха, О.К. Поляков, О.П. Суслва // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во УкрНДЛП. – 2009. – Вип. 116. – С. 200-203.

3. Судачкова Н.Е. Физиология сосны обыкновенной / Н.Е. Судачкова. – Новосибирск : Изд-во "Наука", 1990. – 223 с.

4. Ericsson A. Effect of low temperature and light treatment, following winter coldstorage, on starch accumulation in Scots pine seedlings / A. Ericsson // Canad. J. Forest Res. – 1984. – Vol. 14. – N1. – P. 114-118.

5. Алаудинова Е.В. Липиды меристем лесобразующих хвойных пород центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. – Сер.: 2. Особенности метаболизма жирных кислот фосфолипидов меристем *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. / Е.В. Алаудинова, П.В. Миронов // Химия растительного сырья : научн. журнал. – 2009. – № 2. – С. 71-76.

6. Алаудинова Е.В. Липиды меристем лесобразующих хвойных пород центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. – Сер.: 3. Особенности обмена нейтральных липидов меристем почек *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. / Е.В. Алаудинова, В.А. Поваляева, П.В. Миронов // Химия растительного сырья : научн. журнал. – 2010. – № 1. – С. 67-74.

7. Шимова Ю.С. Характеристика белков меристем почек *Pinus sylvestris* L. / Ю.С. Шимова, Е.В. Алаудинова, П.В. Миронов, С.М. Репях // Химия растительного сырья : научн. журнал. – 2002. – № 4. – С. 25-28.

8. Алаудинова Е.В. Сезонные изменения содержания воды в меристематических тканях почек *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. и её распределение в клетках / Е.В. Алаудинова, С.Ю. Симкина, П.В. Миронов // Хвойные бореальной зоны : научно-практ. журнал. – 2007. – № 4-5. – С. 487-491.

9. Шлапак В.П. Порівняльна характеристика морозостійкості окремих видів роду *Pinus* L. / В.П. Шлапак, С.А. Макарянська, В.В. Шлапак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.1. – С. 18-22.

10. Гродзинский Д.М. Надежность растительных систем / Д.М. Гродзинский. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1983. – 368 с.

11. Гнатів П.С. Функціональні критерії реалізації адаптивного потенціалу деревних інтродуцентів / П.С. Гнатів // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 4. – С. 85-93.

12. Соловьева М.А. Методы определения зимостойкости плодовых культур / М.А. Соловьева. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 36 с.

13. Потанін Д.В. Вивчення морозостійкості плодкових порід лабораторним методом прямого проморожування / Д.В. Потанін, В.В. Грохольський, О.І. Китаєв та ін. // Садівництво. – 2005. – Вип. 56. – С. 170-180.

14. Поляков А.К. Итоги интродукции видов рода *Pinus* L. на юго-востоке Украины / А.К. Поляков, Е.П. Суслва // Промышленная ботаника. – 2009. – № 9. – С. 101-104.

15. Соловьева М.А. Зимостойкость плодовых культур при разных условиях выращивания / М.А. Соловьева. – М. : Изд-во "Колос", 1967. – 239 с.

В.П. Шлапак, С.А. Макарянская, В.В. Шлапак

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ ВИДОВ РОДА *PINUS* L.

Проведено дослідження по визначенню морозостійкості окремих тканин сосни звичайної (*P. sylvestris* L.), сосни чорної (*P. nigra* Arn.), сосни гірської (*Pinus mugo* Turra) та сосни Веймута (*Pinus strobus* L.), які перебували в стані глибокого і вимушеного спокою. Виявлено, що із тканин досліджуваних видів роду *Pinus* L. найбільше сильно пошкоджуються низкими температурами кора і камбій, найменше – серцевина. Установлено, що по ітоговим бальним показателям досліджувані види успішно адаптуються к несприятливим погодним умовам зимою в умовах Правобережної Лесостепи України.

Ключевые слова: види роду *Pinus* L., морозостійкість, індекс морозного пошкодження, період глибокого спокою, ткани побігів.

V.P. Shlapak, S.A. Makarynska, V.V. Shlapak

SENSITIVITY TO LOW TEMPERATURE SHOOTS AND BUDS OF TISSUE TYPES OF SOME SPECIES OF THE GENUS *PINUS* L.

It was experimentally investigated resistance to frost of Scotch pine (*P. sylvestris* L.), Black pine (*P. nigra* Arn.), Mountain pine (*Pinus mugo* Turra) and White Pine (*Pinus strobus* L.), in a period of deep and stimulated rest. It was found that most damaged is bark and cambium. Among the tissues of the studied species of the genus *Pinus* L. the greatest damage was in bark and cambium, and the smallest one was in core. Taking into account the data analysis results, we can assume that investigated species are resistant to unfavorable weather conditions of winter season in the conditions of Pravoberezhya Forest-steppe of Ukraine.

Keywords: species of the genus *Pinus* L., frost resistance, frosty damage index, the period of deep dormancy, shoot tissue.

