



І. М. УСЦЬКИЙ

**ЗМІНИ ВМІСТУ МОНОТЕРПЕНІВ ЖИВИЦІ СОСНИ У ЗВ'ЯЗКУ З УРАЖЕННЯМ
КОРЕНЕВОЮ ГУБКОЮ (*HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF.)**

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

За допомогою газорідинної хроматографії виявлено тенденції змін вмісту монотерпенів у складі живиці дерев сосни IV класу віку, уражених кореневою губкою у різному ступені. Виявлено, що з розвитком хвороби вміст α -пінену і камфену знижується. Найменший їхній уміст, якщо порівняти зі здоровими деревами, виявлено у дерев, що знаходяться в активній зоні осередку всихання, ступінь ураження коріння яких становить 11–30 %. Уміст Δ^3 -карену в складі живиці цих дерев проти неуражених є, навпаки, вищим на 15–16 %. Уміст β -пінену в уражених кореневою губкою дерев був в 1,8–2,0 разу вищим, ніж у неуражених. Відзначено, що зміни в складі ефірних олій дерев в активній зоні осередку хвороби є сигналом щодо ослаблення дерева та можливості його заселення лубоїдами. Зміни в складі ефірних олій живиці в осередках кореневої губки провокують як патологічні процеси, так і зміни екології дерев унаслідок розвитку хвороби.

Ключові слова: коренева губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), ефірні олії живиці, монотерпени, осередок всихання, α -пінен, β -пінен, Δ^3 -карен, короїди.

Вступ. Монокультура сосни, створена на староорних землях, як правило, уражається кореневими гнилями, збудником яких є базидіальний гриб *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Відмирання дерев відбувається не тільки внаслідок дії корневих гнилей, а також під впливом комах. В осередках кореневої губки найбільшого поширення набули великий і малий соснові лубоїди – *Tomicus piniperda* L. та *T. minor* Hart., а верхівки ослаблених дерев заселяє верхівковий короїд *Ips acuminatus* (Ladeyshchikova et al. 2001). Імаго лубоїдів здійснюють додаткове живлення в пагонах сосни, які іноді під дією вітру обламуються й падають. Це явище має назву «стрижки» крон (Padiy 1974) і поширюється за високої чисельності лубоїдів, зокрема після пожеж і на межі зрубів (Porohnyach 2009). Стовбури дерев у міжосередковому просторі ці комахи не заселяли, і зона їхньої активності обмежувалася лише ослабленими деревами осередку всихання. Ефірні виділення сосни відіграють роль як репелентів, так і атрактантів. Власне за запахом, який залежить від складу цих виділень, комахи визначають, чи є доступним дерево для заселення (Isaev 1971). Вивчення впливу відповідних концентрацій складових ефірних олій – α -пінену, β -пінену і лімонену – на вибір дерев великим сосновим лубоїдом дало змогу створити прилад «осмопіль Бертон» для визначення складу та вмісту деяких монотерпенів у повітрі насадження (Chararas & Berton 1961). Дослідна перевірка впливу монотерпенів (α -пінен, β -пінен, Δ^3 -карен, β -фелландрен, η -цимол) на личинок подовженого короїда виявили, що найбільш токсичним виявився Δ^3 -карен (Isaev & Girs 1975). Характерною діагностичною ознакою ураження дерева кореневою губкою є значне виділення живиці з ушкодженого коріння. Виділення живиці пов'язане зі змінами метаболізму дерева та значними витратами вологи (Kramer & Kozlowski 1979), що також спричиняє зміни в складі монотерпенів ефірних олій хвої (Korobchenko 1975). За даними М. І. Фьодорова (Fyodorov 1984), у живиці дерев, уражених кореневою губкою в сильному ступені, у порівнянні з неураженими деревами відзначено збільшення вмісту α -пінену на 6 %, β -пінену – у 2–3 рази, а вміст Δ^3 -карену, навпаки, знижується на 12,6 %. Поширення осередків верхівкового короїда в останні роки також може бути пов'язаним зі зміною в складі ефірних олій у соснових насадженнях, де у зв'язку з кліматичними флуктуаціями останніх років могли виникнути локальні порушення водного режиму дерев.

Метою наших досліджень є виявлення змін у складі ефірних олій живиці дерев сосни з різним ступенем ураження корневих систем в осередках кореневої губки.

Матеріали й методи. Особливості будови корневих систем соснових насаджень, уражених кореневою губкою, вивчали за методикою (Ustskiy 1988) у чистому сосновому насадженні IV класу віку (Харківська область, ДП «Жовтневе ЛГ», Васищевське лісництво)

у межах державної бюджетної теми № 39 (Usovershenstvovat sistemu 1988). Усі дерева на пробній площі, яка включала осередки всихання та частину міжосередкового простору, було зрубано та обміряно. Кореневі системи модельних дерев у радіусі 1,0 м довкола стовбура розкопано на глибину 1,0 м. У розкопаному просторі заміряли діаметри всіх коренів на відстані 5 см від їхніх відгалужень і визначали стадію ураження хворобою. Ступінь ураження кореневої системи (СУК) визначали як частку площі перерізу, що була уражена кореневою губкою, у відсотках від площі перерізу всіх облікованих коренів.

За ступенем ураження коріння дерева об'єднували в групи: неуражені, СУК 1–10 %, СУК 11–20 %, СУК 21–30 %, СУК 31–40 % і СУК понад 40 %. Із частини дерев, уражених різною мірою, взято зразки живиці, з яких шляхом відгонки паром за допомогою перегінного апарату добували терпентинні олії. Склад терпентинних олій аналізували шляхом розділення на газорідинному хроматографі ЛХМ-8М. Газ-носії – гелій, твердий носій – целіт 545, нерухома рідка фаза – поліокс-100 (15 % від твердого носія). Термостат хроматографа мав температуру 125°C, швидкість газу – 60 мм·хв⁻¹. Ідентифікацію монотерпенів проводили за послідовністю та часом виходу складових із колонки. Участь компонентів у складі ефірних олій визначали за часткою площі їхніх піків у загальній площі хроматограми.

Матеріали, отримані нами під час досліджень у 80-ті роки, тут розглянуто дещо під іншим кутом зору у зв'язку з виявленням у сучасний період деяких аспектів впливу інших факторів на поширення осередків кореневої губки (Vyvchyty zakonimosti 2009).

Результати та обговорення. Розкопки корневих систем дерев, із яких взято зразки живиці, показали, що дерева з неураженим корінням (17,6 % від загальної кількості дерев) розміщені відносно щільною куртиною у ще не порушеному хворобою фрагменті. Дерева із початковою стадією ураження (СУК 1–10 %) (48,2 %) були прилеглими переважно до фрагмента зі здоровими деревами, а на межі прогалини в активній частині осередку знаходилися здебільшого дерева із СУК 21–30 % (10,6 % дерев). Між ними були розміщені дерева із СУК 11–20 %, які становили 10,6 % всіх дерев. Найбільш уражені (СУК 31–40 % та > 40 %) дерева, що становили 13 %, знаходилися переважно у відкритому просторі прогалини. Чітких меж між частинами насадження з різним СУК не виявлено, оскільки на розвиток осередку впливає різна стійкість дерев до хвороби. Дерева в межах групи з тим чи іншим ступенем ураження коріння вирівнювалися за таксаційними показниками (табл. 1).

Таблиця 1

Таксаційні показники дерев сосни звичайної IV класу віку з різним ступенем ураження корневих систем в осередках кореневої губки

Ступінь ураження коріння (СУК), %	Кількість дерев <i>n</i> , шт.	Висота <i>H</i> , м	Діаметр <i>D</i> , см
Здорові дерева	15	16,5 ± 0,23	18,5 ± 0,58
1–10	41	16,2 ± 0,17	18,2 ± 0,46
11–20	9	15,6 ± 0,70	16,7 ± 0,70
21–30	9	14,8 ± 0,33	16,0 ± 0,62
31–40	11	14,5 ± 0,35	15,9 ± 0,66

Результати досліджень свідчать (табл. 2) про значну мінливість вмісту монотерпенів. Так, найменшу мінливість відзначено для α-пінену (35,8–56,1 %), а найбільшу – для дипентену (56–188 %), що в цьому випадку свідчить лише про тенденції змін їхнього вмісту у зв'язку з розвитком хвороби. Так, уміст α-пінену і камфену під впливом хвороби знижується. Найменший їхній вміст, якщо порівняти зі здоровими деревами, відзначено в дерев на краю прогалини, ступінь ураження коріння яких 11–30 %. Проте у дерев із СУК 31–40 % у відкритому просторі вміст монотерпенів дещо підвищується проти менш уражених дерев (рис. 1). Виявлено також, що в уражених дерев уміст β-пінену є вищим проти неуражених дерев в 1,8–2,0 разу. Найбільший уміст β-пінену зареєстровано в дерев відкритого простору прогалини. Вміст Δ³-карену в дерев із СУК 1–10 % та СУК 40 % був на 17–23 % меншим, ніж у здорових дерев, проте у дерев, що знаходяться в активній зоні

осередку (СУК 11–30 %), він був, навпаки, на 15–16% більшим. Уміст лімонену в групах уражених дерев теж підвищувався (120–160 %), проте найбільший рівень спостерігали в дерев на початкових стадіях хвороби (СУК 1–10 %). Уміст діпентену виявився більшим в уражених дерев, ніж у здорових, а найбільший вміст η-цимолу відзначено в дерев зі ступенем ураження 11–20 %.

Таблиця 2

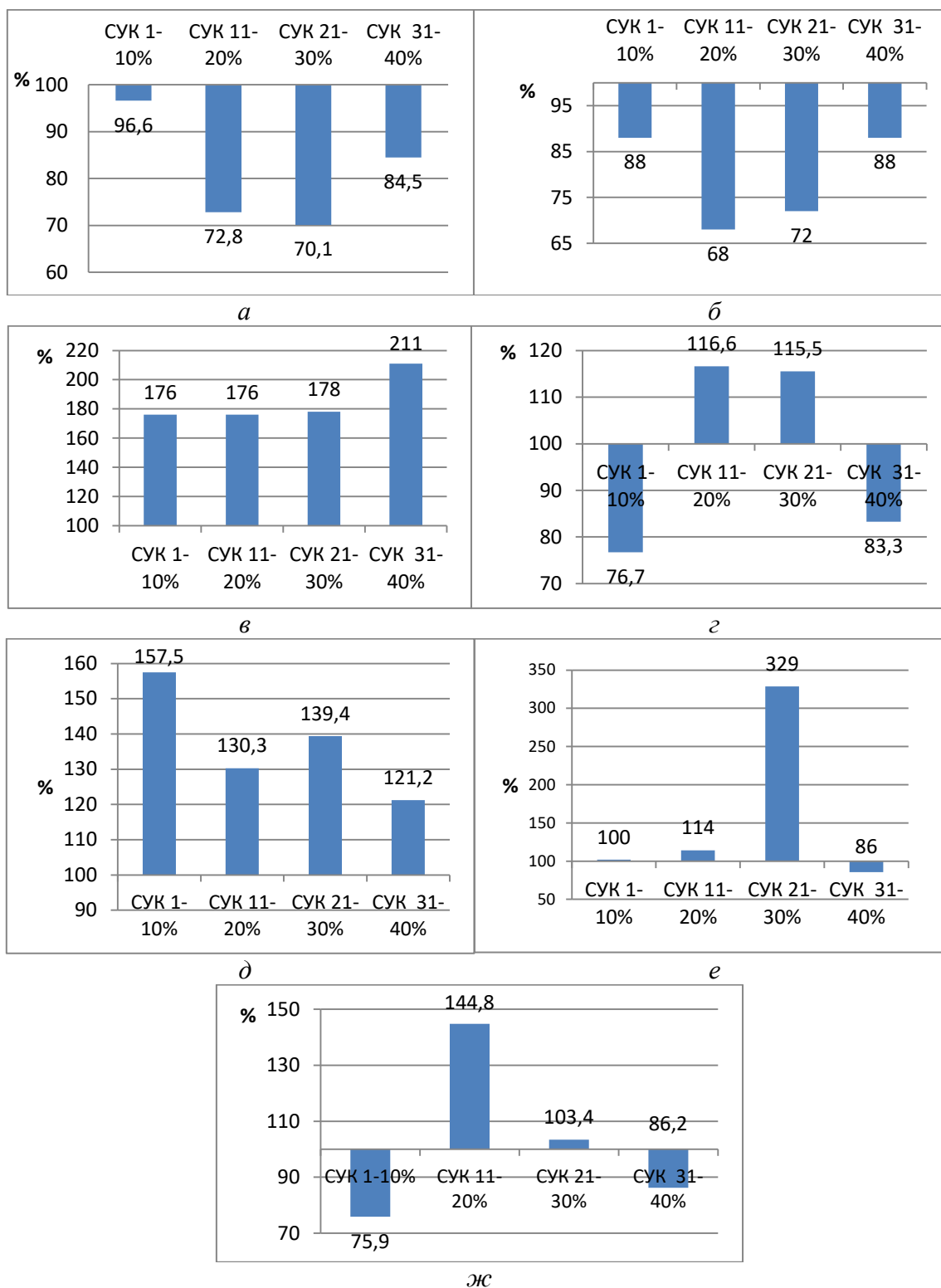
Вміст монотерпенів в ефірних оліях хвої та пагонів дерев сосни в осередках кореневої губки з різним ступенем ураження корневих систем, %

Статистичний показник	Компонент ефірних олій						
	α-пінен	камфен	β-пінен	Δ ³ -карен	лімонен	діпентен	η-цимол
Здорові дерева							
<i>M</i> ±	52,2	2,5	10,2	28,3	3,3	0,7	2,9
<i>m</i>	4,84	0,28	3,57	4,68	0,35	0,11	0,58
<i>V</i>	35,9	44,4	135,2	64,1	41,5	62,3	78
<i>n</i>	15	15	15	15	15	14	15
СУК 1–10 %							
<i>M</i> ±	50,4	2,2	18	21,7	5,2	0,7	2,2
<i>m</i>	3,24	0,16	2,9	2,6	0,9	0,15	0,25
<i>V</i>	41,2	46,4	101,8	77,8	114,4	142,3	71,8
<i>n</i>	41	41	41	41	41	41	41
<i>t</i>	0,3	0,81	1,46	1,26	1,23	0,04	1,21
СУК 11–20 %							
<i>M</i> ±	38	1,7	18	33	4,3	0,8	4,2
<i>m</i>	4,95	0,21	4,89	6,12	1,47	1,14	1,13
<i>V</i>	43,2	43	89,7	61,3	114,4	56,98	89,2
<i>n</i>	11	11	11	11	11	11	11
<i>t</i>	1,9	2,1	-1,28	-0,61	0,69	-0,55	-1,1
СУК 21–30 %							
<i>M</i> ±	36,6	1,8	18,2	32,7	4,6	2,3	2,97
<i>m</i>	6,84	0,34	6,72	7,21	1,01	1,86	0,79
<i>V</i>	56,1	58	110,8	66,1	66,3	188,8	79,9
<i>n</i>	9	9	9	9	9	9	9
<i>t</i>	1,83	1,53	-1,19	-0,51	-1,36	0,35	-0,12
СУК 31–40 %							
<i>M</i> ±	44,1	2,2	21,5	25	4	0,6	2,5
<i>m</i>	4,76	0,28	6,71	7,16	1,12	0,16	0,86
<i>V</i>	35,8	42,7	103,4	94,9	92,2	87,1	112,2
<i>n</i>	11	11	11	11	11	11	11
<i>t</i>	1,12	0,63	1,53	0,38	-0,66	0,35	0,31

Цілком імовірно, що динаміка вмісту монотерпенів в ефірних оліях живиці дерев в осередках кореневої губки залежить як від ступеня ураження коріння, який насамперед позначається на водному режимі дерева, так і від освітленості крон, яка залежить від позиції дерева в осередку.

Загалом, найбільш чітко з ураженням корневих систем дерев можна зв'язати лише вміст β-пінену в ефірних оліях живиці, частка якого в уражених дерев, незалежно від ступеня ураження корневих систем, є більшою проти здорових дерев. За часткою вмісту монотерпенів у складі ефірних олій живиці переважають α-пінен, β-пінен і Δ³-карен. Імовірно, саме співвідношення їхньої участі в складі ефірних олій і визначає можливість заселення уражених кореневою губкою дерев лубоїдами. Частка інших монотерпенів є незначною, та їх важче ідентифікувати. Серед монотерпенів ефірних олій живиці найбільш

летким є α -пінен із температурою кипіння 156°C, потім β -пінен – температура кипіння 164°C. Температура кипіння Δ^3 -карену становить 172°C, відповідно й леткість його є найнижчою (Ponomarev & Fedorova 2014).



**Рис. 1 – Вміст монотерпенів (%) у дерев із різним ступенем ураження коріння (% від неуразених):
a – α -пінен; *б* – камфен; *в* – β -пінен; *г* – Δ^3 -карен; *д* – лімонен; *е* – діпентен; *ж* – η -цимол**

Результати кореляційного аналізу свідчать про тісний обернений зв'язок між вмістом α -пінену й Δ^3 -карену – $r_{0,05} = -0,747$ (рис. 2), що підтверджується також іншими

дослідниками. Зокрема, у дослідженні складу живиці та ефірних олій дерев сосни, пошкоджених шкідниками, яке проводили в 70-х роках минулого століття, виявлено, що зі зменшенням умісту α -пінену вміст Δ^3 -карену збільшується (Mednikov 1970).

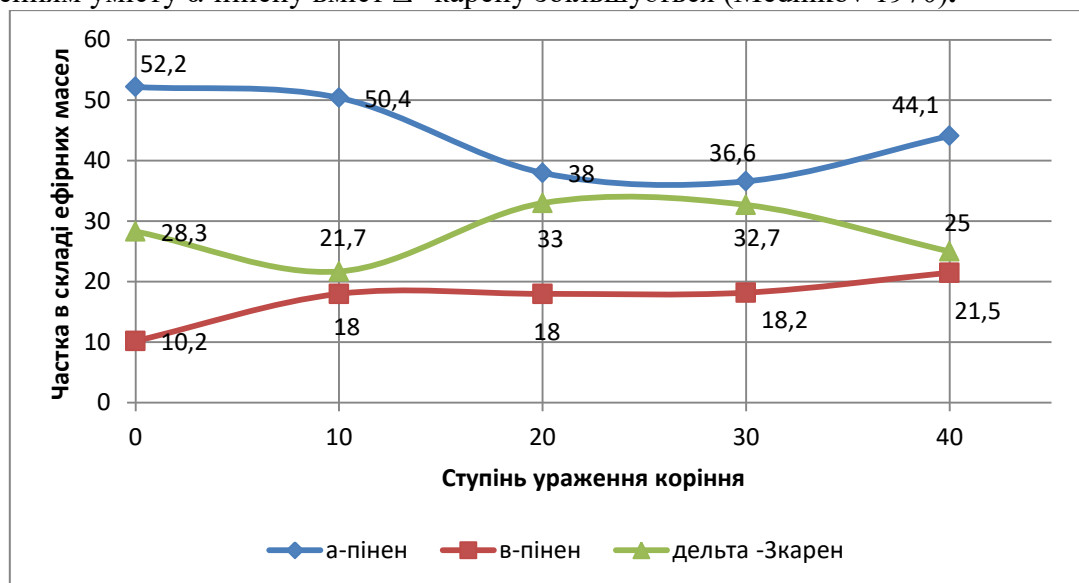


Рис. 2 – Вміст основних монотерпенів у складі ефірних олій живиці дерев із різним ступенем ураження коріння кореневою губкою

Зважаючи на те, що лубоїди заселяють дерева в активній частині осередку всихання (СУК 11–30 %), сигналом щодо ослаблення дерева та можливості його заселення може бути насамперед зниження вмісту α -пінену на 70 % проти його вмісту в здорових дерев та підвищення вмісту Δ^3 -карену на 15 %. Зменшення вмісту Δ^3 -карену в дерев на початковій стадії хвороби ймовірно може бути захисною реакцією на ураження. Зі збільшенням СУК значна частина дерев відмирає, а в активній зоні осередку вже знаходяться дерева з підвищеним вмістом Δ^3 -карену. Подальший розвиток хвороби призводить до того, що у відкритому просторі прогалини знову залишаються дерева із значним ступенем ураження коріння (31–40 %) і зниженим умістом Δ^3 -карену. Ці дерева є стійкішими, якщо порівняти з деревами з меншим СУК, оскільки ростуть поза активною зоною осередку. Саме серед цих дерев можуть залишитися життєздатні, повністю адаптовані до відкритого простору прогалини дерева, які, можливо, є стійкими до кореневої губки. Вміст β -пінену, ймовірно, пов'язаний із активізацією смолоносної системи сосни унаслідок пошкодження коріння. Ураження коренів та пошкодження їх через збільшення впливу вітрів, збільшення освітленості крон зменшує доступ вологи та збільшує витрати її на транспірацію. Синтез живиці в місцях ураження та пошкодження коренів теж потребує значних обсягів вологи. Зі свого боку зміни водного балансу призводять до якісних змін складу ефірних олій живиці, які дають сигнал лубоїдам щодо можливості заселення дерева.

Враховуючи тісний обернений зв'язок між вмістом Δ^3 -карену і α -пінену, вочевидь за співвідношенням їхнього вмісту можна визначити стан дерева та його приналежність для заселення короїдами. Проте, з цією метою потрібно провести додаткові дослідження на більш масовому матеріалі.

Висновки. За вмістом у складі ефірних олій живиці дерев сосни VI класу віку, уражених кореневою губкою в різному ступені, серед монотерпенів переважають α -пінен (до 52 %), β -пінен (до 20 %) та Δ^3 -карен (до 33 %). Частка інших монотерпенів є незначною. Зміна вмісту монотерпенів в ефірних оліях живиці дерев в осередках кореневої губки з розвитком хвороби залежить як від ступеня ураження коріння, так і від позиції дерев відносно активної частини осередку (край прогалини). Частка β -пінену є суттєво більшою в уражених дерев і мало залежить від розвитку хвороби. Уміст α -пінену і камфену під впливом хвороби

знижується. Найменший уміст цих монотерпенів, якщо порівняти зі здоровими деревами, визначено в дерев на краю прогалини, ступінь ураження коріння яких становить 11–30 %. Уміст Δ^3 -карену в цих дерев є на 15–16 % більшим проти неуражених. Відзначено тісний обернений зв'язок між умістом α -пінену та Δ^3 -карену ($r_{0,05} = -0,747$). Враховуючи те, що короїди заселяють дерева в активній частині осередку всихання (СУК 11–30 %), сигналом щодо ослаблення дерева та можливості його заселення може бути насамперед зниження вмісту α -пінену на 70 % проти його вмісту в здорових дерев та підвищення вмісту Δ^3 -карену на 15 %.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Chararas, C. and Berton, R. 1961. Nouvelle methode d'analyse des exhalaisons terpeniques de *Pinus maritima* et comportement de *Blastophagus piniperda* (Col., Scolytidae). Rev. pathol. veget. et entomol. agric. France, 40(4): 235–243.
- Fyodorov, N. I. 1984. Kornevye gnili hvoynykh porod [Root rots of confers]. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 160 p. (in Russian)
- Isaev, A. S. 1971. Itogi i perspektivy izucheniya attraktantov lesnykh nasekomykh [Results and prospects for the study of attractants of forest insects]. In: Zashita lesa ot vrednykh nasekomykh i bolezney [Forest protection from harmful insects and diseases]. Vol. 1. Moscow, p. 60–65 (in Russian).
- Isaev, A. S. and Girs, A. I. 1975. Vzaimodeystvie dereva i nasekomykh-ksilofagov (na primere listvennitsy sibirskoy) [The interaction of a tree and xylophagous insects (the case study of *Larix sibirica*)]. Novosibirsk, Nauka, 114 p. (in Russian).
- Korobchenko, A. G. 1975. Sostav skipidara sosnyi obyikovennoy v usloviyah porazheniya kornevoy gubkoy [Composition of turpentine of root rot infected Scots pine]. Lesovodstvo i agrolesomeliorsatsiya [Forestry and Forest Melioration], 40: 90–95 (in Russian).
- Kramer, P. J. and Kozlowski, T. T. 1979. Physiology of woody plants. 2nd Edition. New York, Academic Press, 811 p.
- Ladeyshchikova, O. I., Ustskiy, I. M., Chernykh, O. H., Mokritsky, V. O., Berstneva, L. O. 2001. Nastanova po zakhystu sosnovykh nasadzhen vid korenevoyi hubky. Kharkiv, 27 p. (in Ukrainian).
- Mednikov, V. A. 1970. Sostav zhivitsy i skipidara, poluchennih pri podsochke osnovih derevyev povrezhdyonnykh vreditelyami. Otchet po teme 1924 [Composition of resin and turpentine obtained by bleeding pine trees damaged by pests. Report 1924]. Lesotekhnicheskaya akademiya im. Kirova, 68 p. (in Russian).
- Padiy, M. M. 1974. Lisova entomolohiya [Forest entomology]. Kyiv, Vyshcha shkola, 288 p. (in Ukrainian).
- Ponomarev, D. A. and Fedorova, E. I. 2014. Osnovy himii terpenov [Chemistry of terpenes]. Syktyivkar, SLI, 56 p. (in Russian)
- Porohnyach, I. V. 2009. Poshkodzhennya kron sosny luboyidamy u stinakh lisu, shcho mezhuuyut zi zrubom velykoho zgaryshcha [Damage of *Pinus sylvestris* L. crowns by *Tomicus minor* Hart. and *Tomicus piniperda* L. in the forest wall adjacent to clear-cuts of large burnt forest area]. Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsatsiya, 116: 45–48 (in Ukrainian).
- Uovershenstvovat sistemu meropriyatiy po zashchite sosny i yeli ot kornevoy gubki v zone intensivnogo vedeniyalesnogo khozyaystva [To improve the measures to protect pine and spruce stands against annosum root rot in the zone of intensive forest management]. 1988. Otchet po teme № 39 ruk. Ladeyshchikova, Ye. I. [The final report on the topic No 39]. State Registration No 01880086036. Kharkiv, URIFFM, 267 p. (in Russian).
- Ustskiy, I. M. 1988. Osobennosti formirovaniya ochagov kornevoy gubki i vliyaniye lesokhozyaystvennykh meropriyatiy na ustoychivost nasazhdeniy sosny [Specific features of the formation of root rot foci and the influence offorest management measures on the stability of pine plantations]. Diss. na soiskaniye uchenoy stepeni kand. s-kh. nauk [PhD dissertation]. Kharkiv, 348 p. (in Russian).
- Vyvchyty zakonomirnosti vynyknennya ta poshyrennya patolohichnykh protsesiv u lisakh Ukrayiny. Rozrobyty systemu lisopatolohichnoho monitorynhu ta rekomendatsiyi z pidvyshchennya stiykosti nasadzhen [To study the patterns of occurrence and distribution of pathological processes in the forests of Ukraine. To develop a system of forest-pathological monitoring and recommendations for improving planting stability]. 2009. Zvit po temi № 4-t.1, ker. Ustskiy, I. M. [The final report on the topic No 4-t.1]. State Registration No 0104U005468. Kharkiv, 399 p. (in Ukrainian).

Ustskiy I. M.

CHANGES IN THE CONTENT OF MONOTERPENES IN THE PINE RESIN IN RESPONSE TO DAMAGE BY HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF.

Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

By means of gas-liquid chromatography the major changes in the content of monoterpenes of resin essential oils were studied for the pine-trees of 4th-age class, damaged by root rot caused by *Heterobasidion annosum* to different extent. Our results demonstrate that the content of α -pinene and camphene decreases due to the disease development in comparison with healthy trees, and their least content is in the active zone of root rot, with the root-damage degree of 11–30%. The content of Δ^3 -karen in these trees is 15–16% higher compared to healthy ones. The content of β -pinene in the trees affected by root rot is 1.8–2 times higher than in non-affected ones. The changes in composition of essential oils in trees in the active zone of disease might be considered as a signal of the trees weakening. It is noted that changes in the composition of essential oils of soft resin in the area where trees die out, are provoked as by pathological processes, so by the changes of ecology of trees as a result of the disease development.

Key words: root rot, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., essential oils, monoterpenes, dieback focus, α -pinene, β -pinene, Δ^3 -karen, bark beetles.

Устский И. М.

ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОНОТЕРПЕНОВ В ЖИВИЦЕ СОСНЫ В СВЯЗИ С ПОРАЖЕНИЕМ КОРНЕВОЙ ГУБКой (*HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF.)

Украинский научно исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого

Выявленные с помощью газожидкостной хроматографии тенденции изменения содержания монотерпенов в составе живицы деревьев сосны IV класса возраста, пораженных корневой губкой в разной степени, свидетельствуют о том, что с развитием болезни содержание α -пинена и камфена снижается. Наименьшее их содержание, по сравнению со здоровыми деревьями, отмечено у деревьев, находящихся в активной зоне очага усыхания, степень поражения корней которых составляет 11–30%. Содержание Δ^3 -карена в составе живицы этих деревьев по сравнению с непораженными деревьями было, напротив, больше на 15–16%. Содержание β -пинена у пораженных корневой губкой деревьев в 1,8–2,0 раза больше, чем у не пораженных болезнью. Отмечено, что изменения в составе эфирных масел деревьев в активной зоне очага болезни сигнализируют об их ослаблении и возможности заселения лубоедами. Изменения в составе эфирных масел смолы в очагах корневой губки провоцируются как патологическими процессами, так и изменениями экологии деревьев по мере развития болезни.

Ключевые слова: корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Breff.), эфирные масла живицы, монотерпены, очаг усыхания, α -пинен, β -пинен, Δ^3 -карен, лубоеды.

E-mail: ustskiy@uriffm.org.ua

Одержано редколегією 12.03.2019