

3. Волошина, І. С. Гістологічна будова внутрішніх органів репродуктивної системи статевозрілих щурів самців після тривалого впливу на організм епіхлоргідрину [Текст] / І. В. Волошина // Вісник проблем біології і медицини. – 2014. – № 1 (106). – С. 230–235.
4. Кухар, І. Д. Морфофункціональний стан аденогіпофізу та надниркових залоз після локального впливу на шкіру тварин високої і низької температур [Текст]: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / І. Д. Кухар; Харківський Державний медичний університет МОЗ України. – Х., 2003. – 34 с.
5. Антоняк, Г. Л. Кадмій в організмі людини і тварин. II. Вплив на функціональну активність органів і систем [Текст] / Г. Л. Антоняк, Н. О. Бабич, Л. П. Білецька, Н. Є. Панас, Ю. В. Жиліщич // Біологічні студії. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 125–136.
6. Савенкова, О. О. Експериментальне визначення антагонізму біометалів при впливі на стан репродуктивної системи та ембріогенез щурів [Текст] / О. О. Савенкова // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Т. 2, № 1 (99). – С. 259–264.
7. Романюк, А. М. Морфологічні особливості становлення ендокринного компонента сім'яників щурів у ранньому постнатальному онтогенезі в умовах впливу сполук важких металів [Текст] / А. М. Романюк, Ю. В. Москаленко // Журнал клінічних та експериментальних медичних досліджень. – 2014. – № 2 (2). – С. 224–236.
8. Homady, M. Survey of some heavy metals in sediments from vehicular service stations in Jordan and their effects on social aggression in prepubertal male mice [Text] / M. Homady, H. Hussein, A. Jiries, A. Mahasneh, F. Al-Nasir, K. Khleifat // Environmental Research. – 2002. – Vol. 89, Issue 1. – С. 9–43. doi: 10.1006/enrs.2002.4353
9. Рыболовлев, Ю. Р. Дозирование веществ для млекопитающих по константе биологической активности [Текст] / Ю. Р. Рыболовлев, Р. С. Рыболовлев // Журнал АМН СССР. – 1979. – Т. 247, № 6. – С. 1513–1516.
10. Сидорова, И. С. Течение и ведение беременности по триместрам [Текст] / И. С. Сидорова, И. О. Макаров. – М.: МИА, 2007. – 304 с.

Дата надходження рукопису 04.05.2017

**Гринцова Наталія Борисівна**, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра нормальної анатомії, Медичний інститут Сумського державного університету, вул. Санаторна, 31, м. Суми, Україна, 40018

**Романюк Анатолій Миколайович**, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра патологічної анатомії, Медичний інститут Сумського державного університету, вул. Санаторна, 31, м. Суми, Україна, 40018  
E-mail: pathomorph@gmail.com

УДК 58.01/07

DOI: 10.15587/2519-8025.2017.105011

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ХВОИ ВИДОВ РОДА PINUS L. ПРИ ВЛИЯНИИ ФАКТОРОВ БИОТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

© **Е. Н. Ельпитифоров**

*Определено значение поверхности хвои для выявления адаптационных изменений. Показаны основные закономерности в изменении параметров устьиц на поверхности однолетней хвои и их количества у разных видов Pinus L. Представлены результаты для генеративных и ювенильных растений, произрастающих в одном регионе. Результаты обобщены на основе фотоматериала, представленного в статье*  
**Ключевые слова:** Pinus L., поверхность хвои, адаптационные процессы, реакции поверхностного аппарата хвои

### 1. Введение

Важным вопросом в понимании формирования изменений при образовании адаптационных процессов в растительном организме в целом, и отдельных органов в частности, есть изменение морфологических характеристик поверхностных структур листа. Эти изменения проявляются в контексте качественных или количественных новообразований, которые либо направлены на урегулирование воздействия внешнего фактора, либо на нивелирование его влияния, либо на создание новых структур организма, которые сохраняют целостность системы. Размеры, анатомия и морфология хвои сосны в целом являются исключительно важными диагно-

стическими признаками при изучении изменчивости и адаптационных процессов (Правдин, 1964; Мамаев, 1973; Тутаюк, 1980), поэтому изучение поверхности листовой пластинки сосен дает возможность понимать некоторые механизмы приспособительных или защитных реакций при выработке адаптивной стратегии. Хвоинки сосен имеют ксероморфную структуру: они жесткие, мелкие, с малой испаряющей поверхностью. Устьица расположены по всей поверхности хвоинки, и их количество отличается у здоровой хвои и хвои, пораженной вредителем или возбудителем болезни. Также отличается поверхность хвоинки у разных видов сосен в ювенильной и генеративной стадии.

## 2. Литературный обзор

Вопросами изменения хвои сосен при воздействии на них факторов внешней среды занимались современные исследователи, как Украины, так и зарубежья. Так, изменение анатомо-морфологического характера при влиянии техногенного загрязнения воздуха отмечалось при исследовании *Pinus sylvestris* L. [1] и *Pinus nigra* subsp. *Pallasiana* Lamb. [2]. Не менее важными есть изменения показателей хвои при радиологическом загрязнении воздуха, что особенно отмечается в исследованиях *Pinus sylvestris* [3] и *Pinus sibirica* Du Tour [4]. Особенно актуальными эти исследования стали после аварии на ЧАЭС в 90-е годы [5] и теперешнее время [6]. Абиотические [7] и биотические факторы природы имеют специфическое влияние на хвою, а соответственно и на ее модификации, что обусловлено передвижением энтомофакторов или жизненными циклами возбудителей грибных и бактериальных болезней [8], особенно при массовом размножении хвоегрызущих насекомых в сосновых лесах [9]. Также среди биотических факторов важную роль играют вирусы [10] при формировании устойчивости сосен, и другие, не менее важные факторы, например, водный стресс [11].

Для вредителей и возбудителей болезней взрослых растений характерна цикличность, что позволяет определить лимитирующий биотический фактор в каждой из выбранных групп. Самыми космополитичными вредителями являются *Cinara pinea*, а среди возбудителей фитопатогенов чаще всего встречается *Alternaria solani* [8], что соответственно, определило выбор биотических факторов в экспериментальных ювенильных группах.

Сама проблема раскрытия адаптационных механизмов, в том числе и на разных уровнях, недостаточно раскрыта, поскольку влияние факторов биотической природы имеет специфическую природу. Помимо неравномерности самого влияния, существует ряд зависимых между собой факторов, которые затрудняют диагностирование биотических влияний

на соснах, а также их продолжительность, силу и направленность.

Так как хвоя сосны является мощным индикатором изменения среды, то можно допустить, что изменения в поверхностном аппарате хвои могут показать существенные различия между здоровым растением и поврежденным биотическими факторами.

В большинстве случаев исследования проводятся, опираясь на общую анатомическую структуру хвоинки, хотя ее поверхность также заслуживает внимания и является не менее показательной.

## 3. Цели и задачи статьи

Основной целью исследования является возможность установить изменения на поверхности поврежденных насекомыми и зараженных грибами хвоинок.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать литературные данные, касающиеся проблематики изменений поверхностного аппарата хвои сосны;
2. Показать отличия поверхности поврежденных или пораженных хвоинок от здоровой хвои;
3. Установить соответствующие закономерности.

## 4. Материалы и методы исследования

Однолетний материал собирался с растений в двух стадиях – ювенильной и генеративной. Ювенильные 2-летние растения *Pinus sibirica* Du Tour, *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc, *Pinus silvestris* L. и *Pinus mugo* Turra были высажены на контрольном участке в киевской обл., группа Ю1 была заражена *Cinara pinea*, Ю2 – *Alternaria solani*, Ю3 – контрольная. Все растения высажены по принципу рендомизации, учтены и исключены пограничные растения, а также обеспечены одинаковые условия среды и полив. Для исключения влияния других биотических факторов была разработана схема обработки участка (табл. 1).

Таблица 1

Схема обработок контрольной и экспериментальных групп, 2016 г.

Ю1	Контрольная	Ю2
<i>Alternaria solani</i> , 28.05		<i>Cinara pinea</i> , 23.05
Актара, 23.04		
	Скор, 27.04	
Актеллик, 23.05		
	Хорус, 27.05	
Ридомил голд, 24.06		
	Децис, 29.06	
Актара, 23.07		
	Скор, 27.07	
Актеллик, 23.08		
	Хорус, 28.08	

Растения группы Ю1, зараженные *Alternaria solani*, 28.05, обрабатывались системными инсектицидами, чтобы избежать влияния энтомофактора. В то же время, растения группы Ю2, на которых были помещены особи *Cinara pinea*, 23.05, обрабатывались системными фунгицидами, чтобы избежать

наложения влияния возбудителей болезней. Контрольная группа обрабатывалась обоими препаратами, чтобы исключить влияние биотических факторов вообще.

Хвоя с тех же растений в генеративной стадии бралась на ботанико-географических участках Наци-

онального ботанического сада им. Н. Н. Гришко (Киев). Хвоя бралась с одного растения, с одной стороны веток, здоровой считалась визуально неповрежденная хвоя без патологий.

Для приготовления препаратов эпидермиса листьев применяли метод слепков эпидермы по Полаччи (1972). Поверхность всего материала исследовали с помощью бесцветного лака, который наносился на хвоинку. После высыхания (в течении 15–20 минут) с помощью прозрачного скотча, отображение поверхности переносилось на предметное стекло. Опыт проводился в трех повторностях. Фотофиксация проводилась с помощью светового микроскопа

Primo Star (Carl Zeiss, Jena, Германия), оборудованного цифровым фотоаппаратом Canon PowerShot A640 при увеличении 10x/0.25 и 40x/0.65, а также программное обеспечение AxioVision (release 4.8).

### 5. Результаты исследования и их обсуждение

При проведении исследования особое внимание было уделено количеству рядов устьиц на выпуклой (согласно морфологическому строению – нижняя) и вогнутой (морфологически верхняя) стороне здоровой (z) однолетней хвои, а также у хвои, поврежденной *Cinara pinea* (i) и *Alternaria solani* (f) (табл. 2).

Таблица 2

Общее количество рядов устьиц на внутренней и внешней стороне хвоинок исследуемых видов

		генеративные			ювенильные		
		f	i	z	f	i	z
p. koraiensis	выпуклая	5	4	5	4	6	6
	вогнутая	3	3	4	2	1	3
p. sibirica	выпуклая	3	4	4	3	4	4
	вогнутая	1	2	3	3	2	4
p. mugo	выпуклая	5	4	6	5	6	7
	вогнутая	3	3	4	4	4	5
p. sylvestris	выпуклая	11	9	8	10	8	8
	вогнутая	4	6	5	4	6	5

Выпуклая сторона хвоинки исследуемых видов (рис.1) характеризуется большим количеством устьичных рядов, чем вогнутая, что обусловлено как соотношением их площади, так и функциональностью – верхняя сторона у здорового растения испаряет меньше влаги, чем нижняя. Как видим, у хвои растений в генеративной стадии эта тенденция сохраняется и при поражении грибным возбудителем, и при повреждении сосущим вредителем. Однако у растений, подвергшихся влиянию биотических факторов, уменьшается количество устьичных рядов на поверхности хвои, что свиде-

тельствует о наличии защитного механизма, направленного на то, чтобы уменьшить возможность попадания инородного организма или продуктов его метаболизма внутрь мезофилла листа. Особенно хорошо это видно у хвоинок, поврежденных сосущим вредителем. Обратная тенденция наблюдается у *Pinus sylvestris*, причем ярче всего эти проявления при поражении грибковым возбудителем. Возможно, это может указывать на способ защиты растения от грибного организма с помощью выведения из хвоинки жизненно необходимой для *Alternaria solani* влаги.

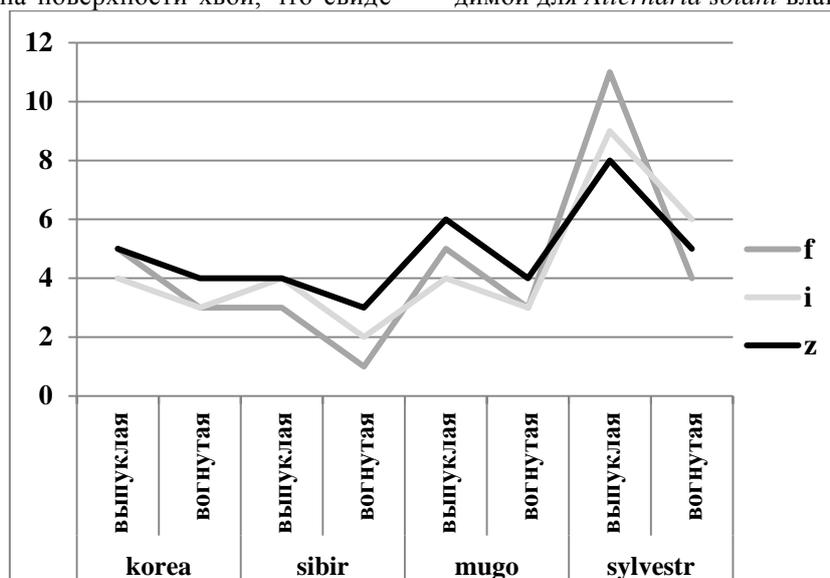


Рис. 1. Показатели количества устьичных рядов у хвои исследуемых объектов в генеративной стадии где f – экспериментальная группа Ю1, i – экспериментальная группа Ю2, z – контрольная группа

Такие процессы не могут не быть связаны с общей адаптивной стратегией организма, даже если он

находится в генеративной фазе. Разность реакции у хвои сосен, может быть обусловлена тем, что *p.*

*koraensis*, *p. sibirica*, и *p. mugo* не являются характерными для климатической зоны Украины, а интродуцированы. В то же время *p. sylvestris*, в силу происхождения, более устойчива также к другим факторам, как например, техногенное и радиоактивное загрязнение, мороз и перепады годовых температур, что позволяет вырабатывать дополнительные механизмы защиты. Не

лишним будет сказать также про хорошо известную внутривидовую изменчивость *p. sylvestris*, что является дополнительным фактором в понимании формирования адаптивных стратегий к факторам биотической природы. Для хвои в ювенильной фазе характерны такие же реакции, но с менее выраженными изменениями *p. sylvestris* на вредителя (рис. 2).

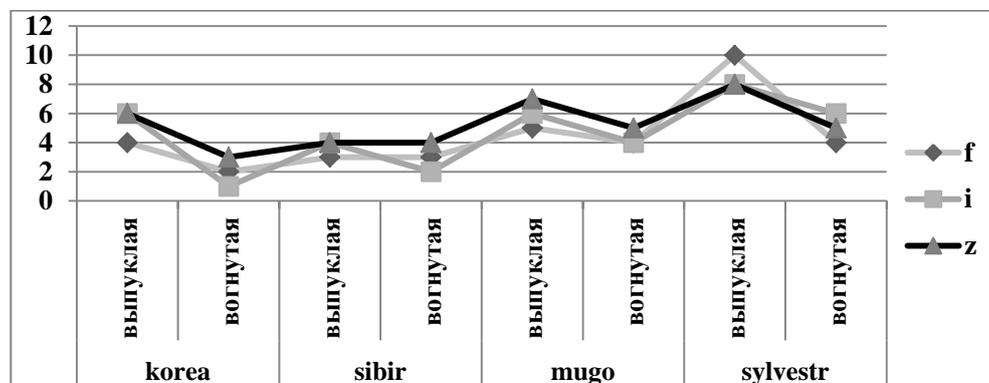


Рис. 2. Показатели количества устьичных рядов у хвои исследуемых объектов в ювенильной стадии: f – экспериментальная группа Ю1, i – экспериментальная группа Ю2, z – контрольная группа

При поражении сосущим вредителем в однолетней хвое у пятихвойных сосен в ювенильной стадии сильно уменьшается количество устьичных рядов на вогнутой стороне хвои, особенно у ее основания (рис. 3) что, возможно, указывает на избежание растением попадания продуктов метаболизма тлей в мезофилл.

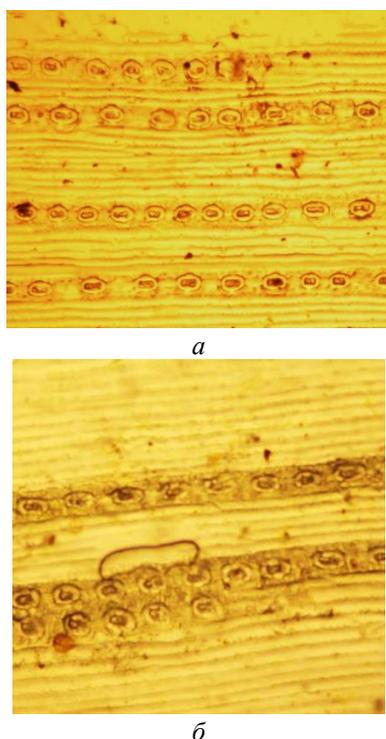


Рис. 3. Уменьшение количества устьичных рядов в хвое пятихвойных сосен при повреждении сосущим вредителем: а – *Pinus sylvestris*; б – *Pinus mugo* Turra

Кроме уменьшения количества устьичных рядов, при влиянии биотических факторов на поверхности однолетней хвои сосен происходят изменения покровов. Так, общая защитная тенденция хвои сво-

дится к тому, чтобы также обеспечить целостность эпидермы увеличением ее размеров или созданием барьеров на поверхности (рис. 4).

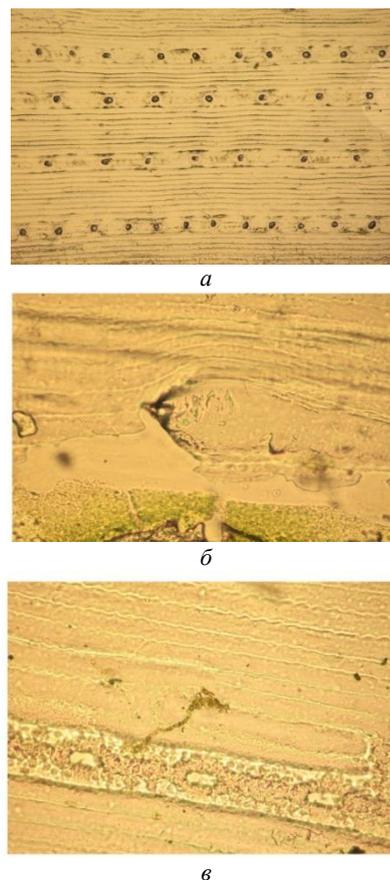


Рис. 4. Поверхность однолетней хвои: а – здоровая; б – хвоя, поврежденная сосущим вредителем; в – хвоя, зараженная возбудителем грибной этиологии

При формировании защитных барьеров на поверхности эпидермы однолетней хвои сосен существуют различия, направленные на действия, вызванные природой вредителя или патогена. Так, при по-

вреждении сосущими энтомофагами, общий слой эпидермы хвои и восковой шар, который ее укрывает, создают складки, препятствующие вредителю, а при поражении факторами грибной или бактериальной этиологии, образуются механические преграды вокруг устьиц.

### 6. Выводы

1. Образование защитных механизмов при влиянии биотических факторов – такое же явление, как и формирование дополнительных реакций у растений на другие факторы.

2. Поверхностный аппарат однолетней хвои реагирует в первую очередь изменением количества устьичных рядов в хвое, причем эти реакции как видоспецифичны, так и имеют специфичность по отношению к фактору, который их вызывает.

3. Наибольший разброс реакций наблюдался у *P. sylvestris*, что, возможно, обусловлено ее космополитизмом, большей приспособляемостью и внутривидовой изменчивостью.

4. Между хвоей сосен в генеративной и ювенильной стадиях принципиальных отличий не наблюдалось.

### Литература

1. Приступа, Г. К. Анатомо-морфологические изменения хвои сосны в техногенных условиях [Текст] / Г. К. Приступа, В. Г. Мазепа // Лесоведение. – 1987. – № 1. – С. 58–60.
2. Онучин, А. А. Структурно-функциональные изменения хвои сосны под влиянием поллютантов в лесостепной зоне Средней Сибири [Текст] / А. А. Онучин, Л. Н. Козлова // Лесоведение. – 1993. – № 2. – С. 39–45.
3. Кизеев, А. Н. Радиоэкологическая и физиологическая характеристика хвои сосны обыкновенной на Кольском Севере [Текст] / А. Н. Кизеев // Молодой ученый. – 2010. – № 3. – С. 76–78.
4. Бендер, О. Г. Морфо-анатомические и ультраструктурные характеристики хвои сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в Горном Алтае [Текст]: дис. ... канд. биол. наук / О. Г. Бендер. – Томск, 2003. – 122 с.
5. Гольцова, Н. И. Влияние радиоактивного загрязнения на структурные особенности хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (ЧАЭС) [Текст] / Н. И. Гольцова // Чернобыль-90. – 1990. – Т. 1. – С. 31–33.
6. Козубов, Г. М. Радиобиологические исследования хвойных в районе Чернобыльской катастрофы (1986–2001 гг.) [Текст] / Г. М. Козубов, А. И. Таскаев. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2002. – 272 с.
7. Драган, Н. В. Порушення морфогенезу і типової організації вегетативних пагонів сосни в техногенно змінених екотопах [Текст] / Н. В. Драган // Питання біоіндикації та екології Запоріжжя. – 2002. – Т. 7, № 2-3. – С. 116–128.
8. Синадский, Ю. В. Сосна. Ее вредители и болезни [Текст] / Ю. В. Синадский. – М.: Наука, 1990. – 344 с.
9. Лямцев, Н. И. Очаги массового размножения и вредоносность хвоегрызущих насекомых в сосновых лесах России [Текст] / Н. И. Лямцев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2012. – № 200. – С. 51–60.
10. Малиновский, В. И. Механизмы устойчивости растений к вирусам [Текст]: монография / В. И. Малиновский. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 323 с.
11. Росицкая, Н. В. Адаптация хвои *Pinus Sylvestris* L. к водному стрессу [Текст]: мат. VIII междунар. науч.-пр. конф. / Н. В. Росицкая // Актуальные проблемы экологии. – Гродно: ГрГУ, 2012. – С. 60–61.

Рекомендовано до публікації д-р біол. наук Булах П. Е.  
Дата надходження рукопису 27.04.2017

**Ельпифторов Евгений Николаевич**, аспирант, отдел ландшафтного строительства, Национальный ботанический сад им. М. М. Гришко, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, Украина, 01014  
E-mail: kotjara85@ukr.net