

**Keywords:** soil, ecology of soil formation, forest types, fertility.  
УДК 630\*443:582.284:581.19:582.475

## ВЛИЯНИЕ СОСНОВОЙ ГУБКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Б.П. Чураков, Н.А. Митрофанова, Т.А. Парамонова

*Ульяновский государственный университет*

В работе приводятся результаты изучения содержания хлорофиллов а и b, каротиноидов, аскорбиновой кислоты, рН клеточного сока в хвое 1-го и 2-го годов жизни, собранной со здоровых деревьев и зараженных сосновой губкой.

**Ключевые слова:** сосновая губка, хвоя, хлорофиллы, каротиноиды, аскорбиновая кислота, реакция клеточного сока, рекреационная дигрессия.

**Введение.** Известно, что одним из биохимических показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки [2]. Непосредственное участие в фотохимических реакциях преобразования энергии в фотосинтезе принимает только 1 % хлорофилла, а остальная масса пигментов служит для поглощения энергии и передачи ее к соответствующим реакционным центрам. Каротиноиды являются дополнительными пигментами, роль которых заключается в расширении спектра поглощения света [7]. Большого внимания заслуживают и хлорофиллы, содержание которых является критерием оценки взаимосвязи растений со средой и фотосинтетической продуктивностью.

При поражении любого живого растения патогеном происходят изменения биохимических процессов. Диагностическим признаком состояния древесных растений при неблагоприятных экологических условиях окружающей среды является качественный и количественный состав пигментной системы. По мнению ряда авторов, именно эти пигменты являются показателями потенциальной фотосинтетической способности растений и служат индикатором общего состояния растительного организма [8, 12, 13].

Основными отклонениями от нормы в больном растении являются нарушения син-

теза и деятельности ферментов, процессов дыхания и фотосинтеза, целостности и проницаемости мембран. Представленные в литературе сведения о состоянии пигментной системы не дают четкого представления о механизмах адаптации хвойных растений к поражению их патогенами. В связи с этим вопрос о влиянии сосновой губки на биохимические показатели в хвое очень актуален для сосны обыкновенной, находящейся в неблагоприятных фитосанитарных условиях.

**Цель исследования.** Изучить влияние сосновой губки на биохимические показатели хвои сосны обыкновенной 1-го и 2-го года жизни.

**Материалы и методы.** Была исследована хвоя сосны обыкновенной 1-го и 2-го годов жизни, собранная со здоровых деревьев и зараженных сосновой губкой.

Для изучения влияния поражения сосны обыкновенной сосновой губкой на биохимические показатели хвои больных деревьев было проведено определение содержания хлорофиллов, каротиноидов, аскорбиновой кислоты и рН клеточного сока хвои.

Изучение проводили на территории 4 лесничеств в типе леса «сосняк разнотравный» на участках, находящихся в разной стадии дигрессии (2–4 стадии). Стадии дигрессии выделялись по общепринятой методике [5]. Хвоя отбиралась с побегов 1-го и 2-го года жизни. Для каждой стадии дигрессии были подобраны модельные деревья: 9 здоровых

деревьев и 9 зараженных сосновой губкой. Деревья, пораженные сосновой губкой, находились в заключительной стадии болезни и произрастали на территории с различной рекреационной нагрузкой. Характерным признаком заболевания являлись плодовые тела сосновой губки на стволах исследуемых деревьев. Взятие проб хвои и определение ее биохимических показателей производилось

по общепринятым методикам [10, 15]

**Результаты и обсуждение.** Хлорофилловый пигмент зеленых растений состоит из двух компонентов *a* и *b*, несколько отличающихся по своим физическим и химическим свойствам.

Результаты исследований содержания хлорофиллов в хвое здоровых деревьев 1-го и 2-го года жизни представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание хлорофиллов в хвое здоровых деревьев, мг/г

Стадия дигрессии	В хвое 1-го года			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a/b</i>
2 стадия	1,38±0,03	0,93±0,02	2,31	1,48
3 стадия	1,20±0,01	0,72±0,02	1,92	1,68
4 стадия	1,14±0,01	0,66±0,01	1,79	1,73
Среднее	1,24	0,77	2,01	1,63
	В хвое 2-го года			
2 стадия	1,77±0,01	0,97±0,02	2,73	1,86
3 стадия	1,45±0,01	0,86±0,01	2,11	1,46
4 стадия	1,25±0,01	0,77±0,01	2,22	1,89
Среднее	1,49	0,87	2,35	1,74

Из данных табл. 1 видно, что в среднем в здоровой хвое происходит увеличение содержания хлорофилла *a* с увеличением возраста хвои на 0,25 мг/г – с 1,24 до 1,49. Хлорофилл *b* изменяется незначительно – всего на 0,10 мг/г.

Между содержанием хлорофиллов *a* и *b* в хвое и ее возрастом наблюдается положительная тесная корреляционная связь: прослеживается тенденция к увеличению содержания хлорофиллов в хвое с увеличением ее возраста ( $r=0,95$ ).

Интенсивность фотосинтеза зависит не только от содержания хлорофилла *a* и *b*, но и от их соотношения (*a/b*) в хлоропластах. Это соотношение связано с активностью хлорофилла *a*: чем его больше, тем интенсивнее происходит фотосинтез. В целом, по соотношению пигментов (*a/b*) и их сумме (*a+b*) в здоровой хвое можно сделать вывод, что содержание хлорофиллов в хвое колеблется незначительно. Это можно объяснить тем, что

старые молекулы пигмента непрерывно разрушаются и образуются новые. Причем эти два процесса идут обычно с одинаковой скоростью. Содержание хлорофиллов в хвое – величина непостоянная. Она может значительно варьировать в зависимости от экологических условий произрастания, антропогенных и других факторов. Весь комплекс экологических факторов, т.е. условия местопроизрастания: рельеф местности, почва, температура воздуха и почвы, влагообеспеченность, освещенность и т.д. – может оказывать значительное воздействие на пигментный состав растений, что отражает адаптивные механизмы растений к условиям внешней среды.

Рекреационная дигрессия негативно сказывается на количественном содержании зеленых пигментов: по мере увеличения стадии дигрессии уменьшается их концентрация (коэффициент корреляции  $r=-0,94$ ).

Результаты исследований по содержанию

хлорофиллов в хвое зараженных деревьев 1-го и 2-го годов жизни представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание хлорофиллов в хвое зараженных деревьев, мг/г

Стадия дигрессии	В хвое 1-го года			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a/b</i>
2 стадия	0,57±0,01	0,28±0,01	0,85	2,01
3 стадия	0,49±0,02	0,25±0,01	0,74	1,98
4 стадия	0,36±0,01	0,22±0,01	0,58	1,63
Среднее	0,47	0,25	0,72	1,87
	В хвое 2-го года			
2 стадия	0,78±0,01	0,40±0,01	1,18	1,95
3 стадия	0,72±0,02	0,30±0,01	1,02	2,47
4 стадия	0,43±0,01	0,24±0,02	0,68	1,81
Среднее	0,64	0,32	0,96	2,08

Из табл. 2 видно, что с увеличением возраста хвои концентрация хлорофилла *a* в среднем незначительно увеличивается с 0,47 до 0,64 мг/г, хлорофилла *b* – с 0,25 до 0,32 мг/г. По мере увеличения стадии дигрессии с 2 до 4 происходит уменьшение содержания хлорофиллов в хвое как 1-го, так и 2-го годов жизни: хлорофилл *a* в хвое 1-го года уменьшается с 0,57 до 0,36 мг/г, в хвое 2-го года – с 0,78 до 0,43 мг/г. Хлорофилл *b* уменьшается незначительно: в хвое 1-го года – с 0,28 до 0,22 мг/г, 2-го года – с 0,40 до 0,24 мг/г.

При сравнении данных табл. 1 и 2 видно, что поражение деревьев сосновой губкой негативно сказывается на ассимиляционном аппарате сосны обыкновенной – происходит снижение концентрации зеленых пигментов: по хлорофиллу *a* с 1,24 до 0,47 в хвое 1-го года, с 1,49 до 0,64 – в хвое 2-го года; по хлорофиллу *b* с 0,77 до 0,25 в хвое 1-го года, с 0,87 до 0,32 – в хвое 2-го года. Снижение содержания хлорофилла у пораженных деревьев, вероятно, связано, прежде всего, с разрушением токсинами гриба хлорофилла и ферментов, управляющих фотосинтезом, что в конечном итоге приводит к нарушению обмена веществ и общему ослаблению жизнедеятельности деревьев [14].

В процессе фотосинтеза, кроме хлорофилла, в зеленом растении также задействованы и каротиноиды. Их называют вспомо-

гательными пигментами, поскольку поглощенную ими световую энергию они переносят на хлорофилл. Каротиноиды выполняют в растении три основные функции: фотозащитную (защищают хлорофилл и другие уязвимые компоненты фотосистем от светового «перевозбуждения»), светособирающую (что позволяет растениям использовать энергию света в синей области спектра; с этой задачей хлорофилл не может справиться без помощи каротиноидов) и структурную (служат необходимыми структурными элементами, «кирпичиками» фотосистем) [9].

Результаты исследований по содержанию каротиноидов в хвое здоровых и пораженных деревьев 1-го и 2-го года жизни представлены в табл. 3.

Из табл. 3 можно сделать вывод, что поражение деревьев приводит к увеличению содержания в хвое каротиноидов. В среднем в хвое 1-го года содержание увеличивается на 0,98 мг/г: с 0,43 до 1,41 мг/г, в хвое 2-го года – на 1,04 мг/г: с 0,63 до 1,67 мг/г. Возрастание доли каротиноидов в общем пигментном составе в неблагоприятных для сосны условиях (поражение ее сосновой губкой) свидетельствует об их фотозащитной роли [7]. По мнению П.Дж. Аллена, каротиноиды подвержены разрушению в меньшей степени, чем хлорофилл, а Б.А. Рубин считает, что данный пигмент синтезируется самими гри-

бами-паразитами [1, 11].

Таблица 3

**Содержание каротиноидов  
в хвое здоровых и пораженных деревьев, мг/г**

Стадия дигрессии	Здоровые деревья		Пораженные деревья	
	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года
2 стадия	0,55±0,01	0,77±0,01	1,56±0,01	1,87±0,01
3 стадия	0,45±0,01	0,66±0,01	1,38±0,03	1,76±0,01
4 стадия	0,29±0,01	0,47±0,01	1,29±0,01	1,38±0,01
Среднее	0,43	0,63	1,41	1,67

Стадия дигрессии тоже отрицательно сказывается на содержании каротиноидов: по мере увеличения рекреационной нагрузки концентрация каротиноидов понижается – для здоровой хвои первого и второго года в среднем на 0,15 мг/г, для пораженной хвои первого и второго года в среднем на 0,25 мг/г.

Немаловажную роль в растениях играет *аскорбиновая кислота*. Отдавая или присоединяя атом водорода, аскорбиновая кислота выступает в роли его переносчика, тем самым она служит промежуточным звеном между

различными веществами и реакциями растительного организма [6]. Наличие аскорбиновой кислоты в растении и ее причастность к дыхательной системе придают большую стойкость растительному организму, так как она может окисляться различными «конечными» оксидазами, т.е. может функционировать при различных температурах и на различных этапах развития растений [4].

Результаты исследований по содержанию аскорбиновой кислоты в хвое здоровых и пораженных деревьев 1-го и 2-го года жизни представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Содержание аскорбиновой кислоты  
в хвое здоровых и пораженных деревьев, мг%**

Стадия дигрессии	Здоровые деревья		Пораженные деревья	
	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года
2 стадия	3,07±0,01	2,73±0,01	1,65±0,02	1,39±0,02
3 стадия	2,70±0,01	2,56±0,02	1,36±0,01	1,29±0,01
4 стадия	2,48±0,01	2,35±0,01	1,25±0,01	1,02±0,01
Среднее	2,75	2,55	1,42	1,23

Поражение сосны сосновой губкой вызывает достоверное снижение содержания аскорбиновой кислоты в хвое всех возрастов по сравнению с ее содержанием в хвое здоровых деревьев. Сосновая губка активно воздействует на процессы синтеза и накопления аскорбиновой кислоты в хвое: при ее поражении концентрация снижается почти в 2 раза. Это можно объяснить тем, что при заболевании растений патологические изменения претерпевают не только клетки, непо-

средственно подвергшиеся инфекции [3, 14]. Биологически активные вещества, выделяемые патогенным грибом, включаются в общий обмен веществ пораженного древесного растения и из мест инфекции могут попадать в различные органы растения, вызывая в них физиолого-биохимические нарушения. Снижение концентрации аскорбиновой кислоты приводит к снижению адаптационных возможностей и сопротивляемости сосны неблагоприятным воздействиям.

Выявлена отрицательная корреляция между содержанием аскорбиновой кислоты в хвое и ее возрастом у здоровых и больных деревьев: по мере увеличения возраста хвои содержание кислоты в ней снижается ( $r=-0,93$ ).

Выявлена отрицательная корреляция между содержанием аскорбиновой кислоты в хвое и стадией рекреационной дигрессии у здоровых и больных деревьев: по мере увеличения нагрузки содержание аскорбиновой кислоты в хвое снижается ( $r=-0,95$ ).

В состав клеточного сока хвои сосны обыкновенной входит водный раствор раз-

личных веществ, являющихся продуктами жизнедеятельности растения. Это углеводы, белки, органические кислоты и их соли, пигменты и другие растворимые в воде соединения. Реакция клеточного сока обычно слабощелочная или нейтральная, реже щелочная. О влиянии патогенных грибов на изменение рН клеточного сока хвои больных деревьев литературных данных мало.

Результаты исследований реакции клеточного сока (рН) в хвое здоровых и пораженных деревьев 1-го и 2-го годов жизни представлены в табл. 5.

Таблица 5

### Реакция рН клеточного сока в хвое здоровых и пораженных деревьев

Стадия дигрессии	Здоровые деревья		Пораженные деревья	
	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года	хвоя 1-го года	хвоя 2-го года
2 стадия	5,36±0,19	6,25±0,06	3,83	4,87±0,04
3 стадия	4,44±0,06	5,03±0,04	3,25±0,04	4,23±0,07
4 стадия	3,08±0,06	4,51±0,09	2,54±0,10	3,48±0,04
Среднее	4,29	5,26	3,21	4,19

Анализ данных табл. 5 показывает, что поражение сосны сосновой губкой приводит к достоверному снижению рН клеточного сока хвои по сравнению с рН клеточного сока хвои здоровых деревьев. Выявлена положительная корреляция между рН клеточного сока хвои и ее возрастом у здоровых и больных деревьев: по мере увеличения возраста хвои повышается рН клеточного сока ( $r=0,96$ ).

Выявлена отрицательная корреляция между реакцией рН клеточного сока хвои и стадией рекреационной дигрессии у здоровых и больных деревьев: по мере увеличения нагрузки понижается рН клеточного сока ( $r=-0,95$ ).

#### Выводы:

1. Поражение деревьев сосновой губкой отрицательно сказывается на ассимиляционном аппарате сосны обыкновенной – в хвое 1-го и 2-го годов жизни происходит достоверное снижение концентрации хлорофиллов *a* и *b*.

2. Поражение деревьев сосновой губкой приводит к увеличению содержания в хвое каротиноидов: в среднем в хвое первого года содержание увеличивается на 0,98 мг/г, в

хвое второго года – на 1,04 мг/г.

3. Поражение сосны сосновой губкой вызывает достоверное снижение содержания аскорбиновой кислоты и реакции рН клеточного сока в хвое пораженных по сравнению с хвоей здоровых деревьев 1-го и 2-го годов жизни.

4. Стадия рекреационной дигрессии отрицательно сказывается на изменении концентрации изучаемых биохимических показателей: по мере увеличения рекреационной нагрузки со 2 до 4 стадии их концентрация достоверно понижается.

1. Аллен П. Дж. Обмен веществ при облигатном паразитизме / П. Дж. Аллен // Проблемы и достижения фитопатологии. – М., 1962. – С. 126–139.

2. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде / Н. В. Генко. – Минск, 1989. – 208 с.

3. Горленко М. В. Краткий курс иммунитета растений к инфекционным болезням / М. В. Горленко. – М., 1959. – 366 с.

4. Егоров А. Д. Витамин «С» и каротин в растительности Якутии / А. Д. Егоров. – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1954. – 248 с.

5. Казанская Н. С. Рекреационные леса

/ Н. С. Казанская, В. В. Ланина, Н. Н. Марфенин. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 96 с.

6. *Карabanov И. А.* Витамины и фитогормоны в жизни растений / И. А. Карabanov. – Минск : Урожай, 1977. – 110 с.

7. *Карнаухов В. Н.* Биологическая функция каротиноидов / В. Н. Карнаухов. – М. : Наука, 1988. – 223 с.

8. *Кулагин А. А.* Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях : автореф. дис ... д-ра биол. наук / А. А. Кулагин. – Тольятти, 2006. – 36 с.

9. *Ладыгин В. Г.* Современные представления о функциональной роли каротиноидов в хлоропластах эукариот / В. Г. Ладыгин, Г. Н. Ширшикова. – 2006. – Т. 67, № 3. – С. 163–189.

10. *Петров К. П.* Методы биохимии растительных продуктов / К. П. Петров. – Киев : Изда-

тельское объединение «Вища школа», 1978. – 224 с.

11. *Рубин Б. А.* Курс физиологии растений / Б. А. Рубин – М., 1961. – 583 с.

12. *Титова М. С.* Содержание пигментов как показатель адаптации фотосинтетического аппарата интродуцированных видов рода *Pinus* / М. С. Титова // Естественные и технические науки. – 2012. – № 6. – С. 103–104.

13. *Тужилкина В. В.* Пигментный комплекс хвойной сосны в лесах европейского Северо-Востока / В. В. Тужилкина // Лесоведение. – 2012. – № 4. – С. 16–23.

14. *Чураков Б. П.* Взаимоотношения патогенных грибов с древесными растениями / Б. П. Чураков. – М. : МГУ, 1993. – 195 с.

15. *Шлык А. А.* О спектрофотометрическом определении хлорофиллов *a* и *b* / А. А. Шлык // Биохимия. – 1968. – Т. 33, вып. 2. – С. 275–285.

## INFLUENCE SOSNOVI SPONGES ON BIOCHEMICAL INDICES PINE NEEDLES

**B.P. Churakov, N.A. Mitrofanova, T.A. Paramonova**

*Ulyanovsk State University*

The paper presents the results of studying the content of chlorophyll *a* and *b*, carotenoids, ascorbic acid, the pH of the cell sap in the needles 1 and 2 years of life, collected from healthy trees and pine infected sponge, depending on the stage of recreational digression.

**Keywords:** sponge pine, needles, chlorophylls, carotenoids, ascorbic acid, the reaction of the cell sap, recreational digression.