

УДК [630*161.4/.164:582.475.4]:630*385

В.Б. Придача, Т.А. Сазонова

Институт леса Карельского НЦ РАН

Придача Владислава Борисовна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии и цитологии древесных растений Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 30 печатных работ в области экофизиологии древесных растений.

E-mail: pridacha@krc.karelia.ru



Сазонова Татьяна Аркадьевна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Петрозаводский государственный университет, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и цитологии древесных растений Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 100 печатных работ в области экофизиологии древесных растений.

E-mail: sazounova@krc.karelia.ru



МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ*

Установлено, что морфофизиологические показатели деревьев сосны разного жизненного состояния не зависят от вида лесохозяйственных мероприятий. В выделенных контрольном и опытных кластерах элементный состав органов сосны не связан с жизненностью дерева. В контроле отмечены различия морфометрических показателей.

Ключевые слова: сосна, гидролесомелиорация, содержание и соотношение NPK, морфометрические показатели, жизненное состояние.

В настоящее время большое значение придается развитию лесопользования, оценке устойчивости целых сообществ и отдельных видов к внешним воздействиям [1, 2, 5, 6 и др.]. Особого внимания заслуживает проблема дифференциации древесных растений по жизненному состоянию в ненарушенных лесных фитоценозах, вызванная различными условиями произрастания, в частности неоднородностью светового режима, влажности и трофности почв, в результате чего появляются растения, различающиеся по морфологическим и габитуальным характеристикам [9, 15 и др.]. Это обуславливает необходимость комплексных мониторинговых исследований лесных экосистем, в том числе морфофизиологического состояния основных лесобразующих пород. Полученные количественные оценки можно рассматривать как норму для данных условий произрастания и использовать для объективного прогноза будущих изменений.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-00299-а).

Цель настоящей работы заключалась в изучении морфофизиологических особенностей деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разной жизненности в естественных условиях произрастания и при экспериментальных воздействиях. Объектом исследования служили деревья, произрастающие в сосняке травяно-сфагновом на территории лесоболотного стационара «Киндасово» Института леса Карельского НЦ РАН (южная Карелия) в средней подзоне восточно-европейской тайги. Исследования проводили на неосушенном участке (контроль) и опытных участках, состоящих из трех вариантов древостоев : 1) осушенный; 2) осушенный и разреженный; 3) осушенный, разреженный, удобрённый. Осушение всех участков проведено в 1972 г., проходные рубки выполнены в 1982 г., минеральные удобрения (НРК) внесены в 1984 г. Подробно таксационные описания древостоев, характеристики почв и технология лесохозяйственных мероприятий представлены в работах [4, 13].

На участках в августе отбирали образцы хвои, почек, коры ветвей и корней, сортировали по возрастным фракциям, жизненному состоянию дерева (господствующие в пологе древостоя и угнетённые), фиксировали текучим паром. Каждая исследуемая категория включала пять деревьев, анализ выполняли отдельно для каждого из них.

Химический анализ проводили в лаборатории физиологии и цитологии древесных растений и аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН. Содержание азота (N), фосфора (P) и калия (K) в растительных образцах определяли в одной пробе после мокрого озоления согласно работе [10]. Повторность проб трехкратная. Сухую массу 100 пар хвоинок находили на аналитических весах с точностью до 0,0005 г после высушивания до абс. сухого состояния в термостате при температуре 105 °С.

Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного и кластерного анализов с использованием пакета программ Statistica for Windows 5.0. Достоверность полученного результата оценивали с учетом объема сравниваемых совокупностей и порога доверительной вероятности 0,95. Разность между двумя соотношениями N:P:K выражали как корень квадратный из суммы квадратов разностей долей отдельных элементов:

$$\Delta_{N:P:K} = \sqrt{\Delta_N^2 + \Delta_P^2 + \Delta_K^2} [2].$$

Таблица 1

Оценка влияния вида лесохозяйственных мероприятий на содержание N, P, K и их доли в соотношении N:P:K в органах деревьев

Показатель	Почки		Хвоя				Кора ветвей		Корни	
			однолетняя		двухлетняя					
	F_f	p	F_f	p	F_f	p	F_f	p	F_f	p
N	0,62	0,56	0,72	0,51	1,38	0,30	0,45	0,65	0,45	0,65
P	0,31	0,74	3,15	0,06	2,71	0,11	3,02	0,06	0,54	0,61
K	0,54	0,60	0,30	0,75	0,66	0,54	3,70	0,04	3,25	0,11
Доля N	0,67	0,53	1,09	0,37	0,68	0,53	2,41	0,11	0,97	0,43
« P	0,37	0,70	4,08	0,05	4,99	0,03	2,28	0,12	0,02	0,97
« K	0,40	0,68	0,41	0,67	,28	0,76	3,56	0,04	1,69	0,26

Примечание. F_f – критерий Фишера эмпирический; p – уровень значимости.

Для оценки влияния вида лесохозяйственных мероприятий на элементный состав разных органов деревьев сосны составили три выборки по вариантам опытов. Сравнительный анализ содержания и соотношения NPK в почках, однолетней и двухлетней хвое, коре ветвей и корнях деревьев сосны показал отсутствие значимых различий между выборками (табл. 1), что может свидетельствовать о независимости исследуемых показателей от конкретного вида лесохозяйственных мероприятий и позволило нам объединить деревья разных опытных вариантов в одну выборку.

Далее для сравнения деревьев сосны с разных участков применяли кластерный анализ. В основу кластеризации в качестве признаков были положены содержание N, P, K и их доли в соотношении N:P:K в разных органах деревьев. Анализ показал, что по исследуемым показателям деревья участка с избыточным увлажнением, как правило, выделяются в отдельный кластер или их доля в кластере является наибольшей (рис. 1). Так, по содержанию и соотношению NPK в хвое, коре ветвей и корнях доля деревьев с этого участка составила во всех случаях 100, в почках - 72 %. На осушенных участках с лесохозяйственными мероприятиями деревья распределились по разным кластерам, но четкой связи с видом мероприятий не отмечается.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о независимости содержания и соотношения NPK в разных органах сосны от вида лесохозяйственных мероприятий. При этом следует отметить различия по этим показателям у деревьев на неосушенном участке и осушенных с лесохозяйственными мероприятиями. Ранее мы также отмечали влияние эдафических условий на элементный состав сосны, что позволило выявить две группы сосновых фитоценозов, произрастающих на сухих и свежих, сырых и мокрых почвах [12].

Проведенный анализ позволил выделить две выборки: контроль – неосушенный участок и опыт – осушенные участки с лесохозяйственными мероприятиями. Выявлены существенные различия в содержании макроэлементов в органах растений в зависимости от эдафических условий.

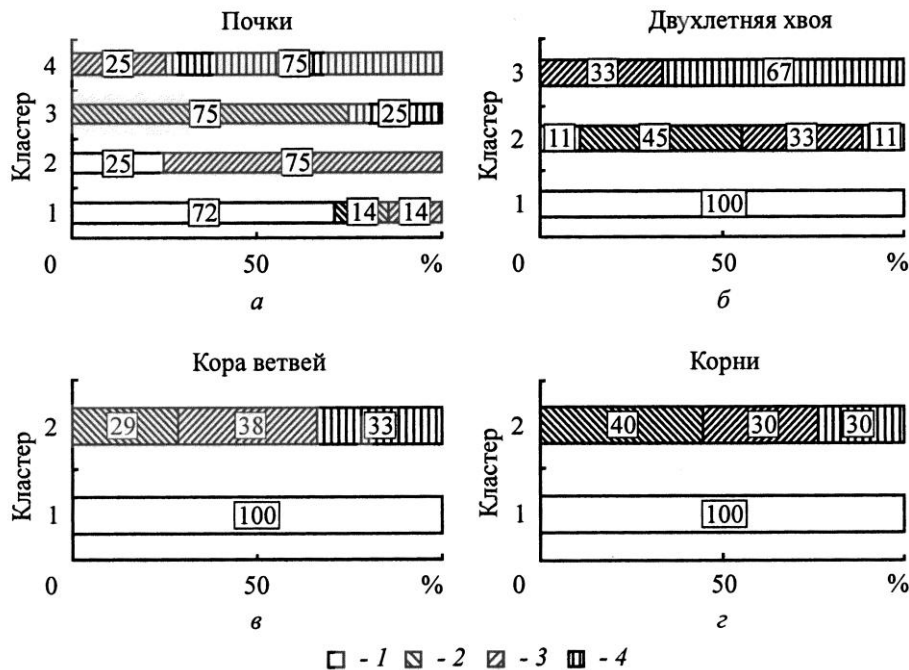


Рис. 1. Распределение деревьев по кластерам: 1 – неосушенный участок; 2 – осушенный; 3 – осушенный и разреженный; 4 – осушенный, разреженный и удобрённый

Особенно это касается азота, количество которого в почках, однолетней и двухлетней хвое, коре ветвей и корнях в контроле составило соответственно 0,87; 0,84; 0,84; 0,53 и 0,55, в опыте – 1,26; 1,51; 1,51; 0,97 и 1,08 % (рис. 2). При этом соотношение макроэлементов в разных органах деревьев в опыте отличается увеличением доли N и уменьшением P и K по сравнению с контролем. Изменение соотношения N:P:K для разных органов было неодинаковым. Так, в однолетней и двухлетней хвое, коре ветвей и корнях деревьев сосны в контроле и опыте разница составила 6,2; 9,3; 29,0 и 30,6 % соответственно. Соотношение N:P:K в почках было одинаковым.

Полученный результат хорошо согласуется с данными других авторов об элементном составе древесных растений в условиях гидролесомелиорации [3, 7, 8, 13 и др.]. Очевидно, что под влиянием осушения возрастает содержание макроэлементов в органах деревьев сосны. Это связывают с улучшением среды произрастания древостоя [4, 8, 13 и др.]. В частности, изменяются водно-воздушный режим и водно-физические свойства почв, корнеобитаемый слой освобождается от воды, в результате повышаются аэрация почвы, микробная трансформация органического вещества и степень разложения торфа. Кроме того, при изреживании древостоев увеличивается освещенность под пологом леса, что приводит к перестройке фотосинтетического аппарата, возрастанию доли световой хвои в общей массе кроны дерева, активизации фотосинтеза, дыхания, транспорта ассимилятов

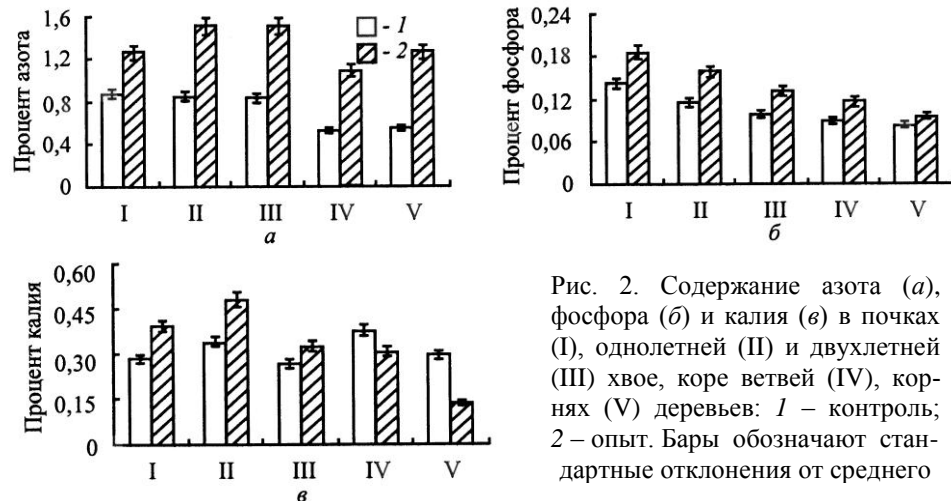


Рис. 2. Содержание азота (а), фосфора (б) и калия (в) в почках (I), однолетней (II) и двухлетней (III) хвое, коре ветвей (IV), корнях (V) деревьев: 1 – контроль; 2 – опыт. Бары обозначают стандартные отклонения от среднего

и водного режима [3]. При внесении минеральных удобрений улучшается обеспеченность древесных растений элементами минерального питания и повышается продуктивность насаждения в целом. Так, если на неосушенном участке фитомасса древостоя составляла $461,6 \text{ ц}\cdot\text{га}^{-1}$, то на интенсивно осушенном была значительно выше – $1006,9 \text{ ц}\cdot\text{га}^{-1}$ [13]. В опыте фитомасса древесины, коры и хвои деревьев сосны составила: на осушенном участке соответственно 455,4; 28,8 и 40,7; на пройденном рубкой 588,9; 37,2 и 54,4; на пройденном рубкой и удобренном 663,2; 42,0 и 61,9 $\text{ц}\cdot\text{га}^{-1}$ [8].

Для оценки влияния жизненного состояния деревьев сосны на содержание и соотношение NPK в разных органах сформировали две выборки, в которые вошли деревья, визуально определенные по морфологическим признакам (высота дерева, форма кроны, степень охвоения ветви, продолжительность жизни хвои) как господствующие и угнетенные. Сравнительный анализ содержания и соотношения NPK в почках, хвое, коре ветвей и корнях не выявил зависимости исследуемых показателей от жизненности дерева как в контроле, так и в опыте (табл. 2). Однако для контрольной группы растений было установлено увеличение в 1,5 раза ($F_f = 26,00$, $p < 0,01$) массы 100 пар хвоинок у господствующих деревьев по сравнению с угнетенными. Для деревьев опытной группы зависимость сухой массы хвои от жизненности дерева не обнаружена. Этот результат, вероятно, может указывать на несоответствие морфологических признаков и метаболических показателей. Можно предположить, что адаптация древесного растения к разным условиям среды, естественным и подверженным лесохозяйственной деятельности человека, идет через изменение морфологических признаков для сохранения постоянства пределов варибельности метаболических показателей, т. е. направлена на поддержание физиологического гомеостаза.

Следует отметить, что диапазон содержания и соотношения NPK в разных органах деревьев сосны как на болотных почвах в ненарушенной природной среде, так и в условиях гидроресомелиорации был сходным

Таблица 2

**Оценка влияния жизненного состояния деревьев на содержание N, P, K
и их доли в соотношении N:P:K в разных органах**

Показатель	Почки		Хвоя				Кора ветвей		Корни	
			однолетняя		двухлетняя					
	F_f	p	F_f	p	F_f	p	F_f	p	F_f	p
Контроль										
N	4,95	0,09	0,27	0,63	0,20	0,67	0,24	0,63	3,51	0,13
P	0,19	0,68	0,50	0,52	0,25	0,64	4,41	0,05	0,57	0,49
K	0,09	0,78	1,07	0,36	0,04	0,86	3,22	0,10	4,06	0,11
Доля N	2,92	0,16	0,06	0,82	0,01	0,92	1,05	0,33	0,08	0,79
« P	1,56	0,28	0,20	0,68	0,60	0,48	0,41	0,54	3,80	0,12
« K	2,53	0,19	0,09	0,78	0,10	0,76	0,59	0,46	0,91	0,39
Опыт										
N	0,19	0,67	4,76	0,06	0,02	0,88	2,67	0,11	0,34	0,57
P	0,41	0,53	0,26	0,62	1,05	0,33	0,01	0,95	0,60	0,45
K	0,18	0,68	0,001	0,98	0,06	0,81	0,18	0,67	4,35	0,06
Доля N	0,12	0,73	4,35	0,06	0,002	0,96	2,67	0,11	0,95	0,35
« P	2,15	0,17	4,72	0,06	0,74	0,41	4,15	0,06	1,20	0,29
« K	0,04	0,84	0,59	0,46	0,08	0,78	1,82	0,19	1,69	0,22

с ранее полученным нами в зависимости от этапа онтогенеза органа и целого дерева [11], а также при варьировании почвенных условий [12], т. е. находился в пределах нормы реакции.

Таким образом, изменения физиологических показателей деревьев сосны, в частности содержания и соотношения NPK, во всех случаях являются обычными для исследуемого вида, что свидетельствует о сходном протекании метаболических процессов как в условиях избыточного увлажнения, так и при мелиоративных мероприятиях. Вероятно, это обусловлено общими механизмами адаптации к воздействию природных и антропогенных факторов. Прежде всего, это избирательность растений при поглощении и перераспределении элементов минерального питания, посредством которой содержание и соотношение NPK поддерживаются в определенном диапазоне. Наличие механизма «структурных адаптаций» [6] также позволяет сохранять вариабельность физиологических показателей на нормальном уровне посредством структурных перестроек фитомассы при изменении внешней среды. Результатом действия этого механизма является отсутствие различий в физиологических показателях у деревьев сосны разного жизненного состояния, произрастающих в условиях гидролесомелиорации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.
2. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судачкова [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 176 с.

3. *Веретенников А.В.* Физиологическое обоснование некоторых лесохозяйственных мероприятий // *Анатомия, физиология и экология лесных растений.* – Петрозаводск, 1992. – С. 24–26.
4. *Германова Н.И., Саковец В.И.* Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии. – Петрозаводск, 2004. – 188 с.
5. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям / под ред. Г.В. Удовенко. – Л.: ВИР, 1988. – 227 с.
6. *Кайбияйнен Л.К.* Эколого-физиологические исследования сосны и основных древостоев // *Тр. КарНЦ РАН.* – Петрозаводск, 2003. – Вып. 5. – С. 65–73.
7. *Корчагина М.П.* Изменение минерального питания сосны на осушенной торфяной почве под влиянием реконструктивной рубки и удобрения // *Исследования осушенных лесоболотных биогеоценозов Карелии.* – Петрозаводск, 1989. – С. 103–112.
8. *Медведева В.М.* Формирование лесов на осушенных землях среднетаежной подзоны. – Петрозаводск, 1989. – 168 с.
9. Метаболизм сосны в связи с интенсивностью роста / В.В. Габукова [и др.]. – Петрозаводск, 1991. – 162 с.
10. Методическое руководство по ускоренному анализу золы растений и определению азота. – Петрозаводск, 1990. – 45 с.
11. *Придача В.Б., Сазонова Т.А.* Возрастные изменения содержания и соотношения азота, фосфора и калия в органах *Pinus silvestris* и *Picea abies* (*Pinaceae*) // *Ботан. журн.* – 2004. – Т. 89, № 9. – С. 1486–1496.
12. *Сазонова Т.А., Придача В.Б.* Содержание минеральных элементов в органах сосны и ели при варьировании почвенных условий // *Лесоведение.* – 2005. – № 5. – С. 25–31.
13. *Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии. – Петрозаводск, 2000. – 155 с.
14. Соотношение N:P:K в среде и избирательная способность растений (теоретический анализ) / Д.Б. Вахмистров [и др.] // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 1986. – Т. 18, № 4. – С. 326–333.
15. *Цельникер Ю.Л., Корзухин М.Д., Зейде Б.Б.* Морфологические и физиологические исследования кроны деревьев (литературный обзор). – М., 2000. – 94 с.

Поступила 07.07.09

V.B. Pridacha, T.A. Sazonova

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences

Morphological Response of Scotch Pine under Silvicultural Operations

The morphological performance of pine trees of different vital conditions doesn't depend on the type of silvicultural operations. The elemental composition of the pine organs is not connected to the tree vitality in the selected control and experimental clusters. The differences in the morphometric performance are marked in the control.

Keywords: pine, silvicultural operations, content and ratio of NPK, morphometric performance, vital conditions.