

УДК 630.18

Л. Г. Бабушкина, Л.А. Коваленко, Г.Н. Новоселова
(Уральский государственный лесотехнический университет)

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ МЕТАБОЛИЗМА В ТКАНЯХ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Предложен новый подход к биоиндикации окружающей природной среды с определением коэффициентов, отражающих основные процессы обмена веществ в тканях ассимиляционных органов деревьев, произрастающих в условиях техногенного загрязнения. Рекомендуется коэффициент интенсивности метаболизма (КИМ) для биотестирования антропогенной нагрузки на лесные экосистемы и прогнозирования их состояния.

Потенциал данных о показателях гомеостаза популяции сосны обыкновенной, произрастающей на техногенных территориях Свердловской области, накопленный в проблемной лаборатории (ПНИЛ) УГЛТА за период 1989-1995гг., настолько велик, что нуждается в дальнейшей реализации посредством анализа и статистической обработки результатов многолетних наблюдений, выполненных на современном оборудовании коллективом высококвалифицированных сотрудников. Так, в настоящее время по результатам этой работы изданы 4 монографии (Шебалова, Бабушкина, 1999; Аникеев и др., 2000; Коваленко, Бабушкина, 2003; Махнева и др., 2003) и готовится к изданию пятая книга, в которой руководителем ПНИЛ Л.Г. Бабушкиной с соавторами будут изложены результаты проведенного анализа данных о гомеостазе агробиогеоценозов сосновых насаждений в техногенных зонах с последующей интеграцией всех данных о биологической активности почв, состоянии почвенных микробиоценозов, морфометрических показателях деревьев, их ассимиляционных и репродуктивных систем. Примером такой работы может служить проведенное нами исследование интенсивности процессов метаболизма в хвое сосны обыкновенной в зонах с различным уровнем техногенного загрязнения.

Оценка интенсивности метаболизма в ассимиляционных органах сосны обыкновенной осуществлялась нами путем сопоставления данных о процессах накопления органического вещества и разложения последнего. При этом в качестве объективного показателя процесса ассимиляции в хвое сосны обыкновенной использовали уровень содержания хлорофилла в ней, косвенно отражающий интенсивность накопления органической массы. О степени скомпенсированности противоположно направленного процесса - диссимилиации органического вещества - в хвое сосны обыкновенной различных техногенных территорий можно судить по активности ферментов оксидоредуктаз, участвующих в процессах разложения. Наиболее доступ-

ным для определения из ферментов этой группы является каталаза, участвующая в процессах разложения перекисных соединений, образующихся при анаболизме в тканях ассимиляционных органов растений.

Показатели активности каталазы в хвое сосны обыкновенной могут быть использованы в качестве биоиндикаторов на степень воздействия азрогенных поллютантов на агробиогеоценозы техногенных зон (Шебалова, Бабушкина, 1999). Однако при составлении этих показателей (табл.1) в разных техногенных зонах с учетом того, что на всех пробных площадях имеются разнокачественные по уровню вегетации деревья (усыхающие, нормально вегетирующие и т.п.), сложно выделить «норму – меру» для показателей активности каталазы в хвое сосны обыкновенной нормально вегетирующих деревьев на территории с удовлетворительной (или условно удовлетворительной) экологической ситуацией. При этом необходимо учитывать гидротермические условия вегетационного периода, которые в разные годы бывают различными. В то же время, из множества биоиндикаторов загрязнения окружающей природной среды (Шебалова, Бабушкина, 1999) особое место занимает главный показатель ассимиляционных процессов в вегетативных органах – уровень содержания хлорофилла, который в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в техногенных зонах, может значительно варьировать. При этом он не всегда бывает ниже в зонах загрязнения по сравнению с таковым у деревьев, произрастающих в экологически благоприятных районах. Последнее обусловлено компенсаторными механизмами гомеостаза, обеспечивающего выживание растений в неблагоприятных условиях.

Изменения морфометрических, биохимических и других показателей сосны обыкновенной в техногенных зонах являются проявлением адаптации деревьев, обусловленной механизмами гомеостаза. Ими же диктуется усиление процессов ассимиляции вегетативными органами деревьев в техногенных зонах и обратный процесс – разложение органического вещества (одним из показателей которого может быть уровень активности каталазы в ассимиляционных органах). Иными словами, механизмы гомеостаза в первую очередь проявляются в интенсивности процессов метаболизма. Следовательно, степень адаптации деревьев к техногенной нагрузке логично определять не по изменению отдельных показателей гомеостаза, а по изменению соотношения наиболее значимых показателей последнего.

В данной работе предпринята попытка оценить возможность применения соотношения показателей содержания хлорофилла «а» в хвое сосны обыкновенной и активности каталазы в ней в качестве объективного теста на интенсивность метаболизма в ассимиляционных органах растений при различных уровнях техногенной нагрузки на агробиогеоценозы (см. табл. 1). При этом определение степени адаптации деревьев к техногенным поллютантам целесообразно проводить при помощи введенного нами коэффи-

циента интенсивности метаболизма (КИМ) - относительного показателя, определяемого по формуле

$$\text{КИМ} = (a \text{ мг/г}) / (v \text{ см}^3 \text{O}_2 \text{ } 1\text{r}/2_{\text{мин}}),$$

где a - численное значение содержания хлорофилла в 1 г абсолютно сухой хвои; v - значение активности каталазы в 1 г абсолютно сухой хвои.

Таблица 1

Результаты определения показателей гомеостаза в хвое сосны при различном уровне загрязнения азротехногенными поллютантами

Показатель	Условно контрольная ПП*		Импактная зона ПКЗ**		Импактная зона ПРПУ***		Отношение показателей метаболизма****				
	1г.	2г.	1г.	2г.	1г.	2г.	ПКЗ		ПРПУ		
							1г.	2г.	1г.	2г.	
Возраст хвои, лет											
Хлорофилл «а», мг/г	2,01	1,7	1,9	1,58	1,85	1,45	0,94	0,93	0,9	0,85	
Каталаза $\text{см}^3 \text{O}_2 \text{ } 1\text{r}/2_{\text{мин}}$	26,4	31	20,4	22,0	16,5	17,5	0,81	0,71	0,63	0,56	
КИМ	0,076	0,055	0,093	0,072	0,112	0,083	1,22	1,31	1,47	1,51	
Возрастание КИМ при усилении загрязнений			22%	31%	47%	51%					

* Условно контрольная пробная площадь (ПП) на расстоянии 26 км от ПКЗ.

** Полевской криолитовый завод.

*** Первоуральско-Ревдинский промузел.

**** Отношение показателей метаболизма хвои 1-го и 2-го годов жизни в импактных зонах к показателям на условно контрольной ПП*.

Импактная зона ПКЗ – на расстоянии 1,5-2 км от завода.

Импактная зона ПРПУ – на расстоянии 2 км от СУМЗа, гора Магнитка.

Введение коэффициента метаболизма тканей ассимиляционных органов сосны обыкновенной позволяет выявить закономерное возрастание интенсивности обменных процессов, что характеризует направленность гомеостаза на восстановление нарушений в биологических системах, вызванных влиянием азротехногенных поллютантов. Так, согласно представленным данным (см. табл.1) содержание хлорофилла в хвое сосны обыкновенной в импактных зонах составляет 85- 94% от такового на условно-контрольной пробной площади. Активность каталазы также снижена в

импактных зонах по сравнению с условно-контрольной пробной площадью и составляет 56-81% активности фермента в хвое сосны обыкновенной у деревьев, произрастающих в более благополучных экологических условиях. Однако соотношения этих показателей (КИМ) указывают на усиление процессов обмена веществ в зонах техногенного загрязнения по сравнению с таковыми на условно-контрольной пробной площади, причем, чем выше уровень загрязнения, тем более значимы отличия в интенсивности метаболизма в техногенных зонах по сравнению с контролем. Следовательно, для оценки состояния сосновых агробиогеоценозов более целесообразно использовать в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды выведенные на основе наблюдений коэффициенты: отношения показателей, отражающих процессы жизнедеятельности биологических систем (например, предложенный нами КИМ).

Преимущество вводимого биоиндикатора (КИМ) по сравнению с ранее предложенными (хлорофилл, каталаза, полифенолоксидаза и др.) заключается в более объективной оценке состояния ассимиляционных органов сосны обыкновенной в техногенных зонах, чем по отдельным показателям. Так, приведенные в табл. 1 значения данного коэффициента показывают снижение интенсивности метаболизма в хвое 2-го года по сравнению с хвоей 1-го года (что естественно для всех более старших биологических систем), в то время как по отдельным показателям (активности каталазы и содержания хлорофилла) эта закономерность выражена недостаточно четко. Кроме того, он позволяет обосновать сокращение продолжительности жизни хвои сосны обыкновенной в импактных зонах (табл. 2) усилением обменных процессов в ней. Следовательно, данный показатель имеет прогностическое значение для функционирования ассимиляционных органов сосны обыкновенной в техногенных зонах, поскольку выявлена отрицательная корреляционная связь ($r = -0,8$) между продолжительностью жизни хвои и КИМ.

Таблица 2

Продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной на пробных площадях с разным уровнем техногенной нагрузки, коэффициент интенсивности метаболизма (КИМ)

Показатель	Условно-контрольная ПП	Импактная зона ПКЗ	Импактная зона ПРПУ
Продолжительность жизни, лет	3,0-3,5	2,0-2,5	1,5-2,0
КИМ хвои 1-го года жизни	0,076	0,093	0,112

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. На основании проведенного анализа данных о показателях метаболизма в хвое сосны обыкновенной предложен новый подход к биоиндикации окружающей природной среды по определению коэффициентов, отражающих основные процессы обмена веществ в тканях ассимиляционных органов деревьев, произрастающих в условиях техногенного загрязнения.

2. Применение введенного нами коэффициента интенсивности метаболизма (КИМ) для оценки состояния обмена веществ в тканях ассимиляционных органов сосны обыкновенной, позволило выявить снижение уровня жизнедеятельности в хвое 2-го года жизни по сравнению с таковым в хвое 1-го года жизни в среднем на 25,5%.

3. Изучение обменных процессов в хвое деревьев популяций сосны обыкновенной, произрастающих на техногенных территориях Свердловской области, путем определения коэффициентов интенсивности метаболизма (КИМ) выявило наиболее высокие значения этих показателей в импактной зоне ПРПУ с самым высоким уровнем техногенного загрязнения.

4. Результаты определения возрастания интенсивности метаболизма в тканях сосны обыкновенной в зонах техногенного загрязнения с повышением уровня последнего согласуется с данными о продолжительности жизни хвой в импактных зонах ПРПУ и ПКЗ, что позволяет рекомендовать коэффициент интенсивности метаболизма (КИМ) для биотестирования антропогенной нагрузки на лесные экосистемы и прогнозирования их состояния.

Библиографический список

Аникеев Д.Р., Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург: УГЛТА. 2000. 81 с.

Коваленко Л.А. Бабушкина Л.Г. Биологическая активность лесных почв как показатель уровня адаптации почвенных экосистем и техногенному воздействию. Екатеринбург: УрГСХА, 2003. 170 с.

Махнева С.Г., Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние мужской генеративной сферы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды. Екатеринбург: УГЛТУ; Изд.-во Урал. ун-та, 2003. 152 с.

Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г. Лесные почвы сосновых насаждений, произрастающих в зонах техногенного загрязнения. Биоиндикаторы загрязнения. Екатеринбург, 1999. 194 с.