

УДК 630*160

Н. И. Булко, кандидат сельскохозяйственных наук (Институт леса НАН Беларуси);
Н. В. Москаленко, аспирант (Институт леса НАН Беларуси);
М. А. Шабалева, кандидат биологических наук
(Гомельский государственный медицинский университет);
И. А. Машков, кандидат сельскохозяйственных наук (Институт леса НАН Беларуси)

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ НА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Выявлено существенное влияние подтопления на фотосинтетическую составляющую ассимиляционного аппарата древесных растений. Показано, что у деревьев ольхи черной, дуба черешчатого, березы повислой, осины, ели обыкновенной и сосны обыкновенной содержание хлорофилла *a* и *b* в листьях и хвое в 1,3–2,3 раза ниже в условиях подтопления, чем на контрольных участках насаждений, не подвергшихся подтоплению.

A significant effect of flooding on the photosynthetic component of assimilation apparatus of trees. It is shown that the black alder trees, English oak, birch, aspen, spruce and pine chlorophyll *a* and *b* in leaves and needles to 1.3–2.3 times lower in terms of flooding than in control sites plantations not subjected to under flooding.

Введение. Вопросам болотообразования на территории Беларуси, а также подтопления и затопления лесных земель посвящено много работ. Этими проблемами занимались С. Х. Будыка, Г. И. Танфильев, И. И. Жилинский, Т. Ф. Голуб, Я. Н. Афанасьев, М. Н. Никонов, С. Н. Тюремнов, И. С. Лупинович, С. Кульчинский и др. Практически все они пришли к выводу, что образование болот на территории Беларуси практически не зависит от климатических условий, а связано с геологическими и гидрогеологическими особенностями строения поверхности [1].

Подтопление же лесных земель в значительной мере является следствием антропогенного воздействия и воздействия таких природных факторов, как деятельность бобра речного и экстремальных климатических воздействий.

В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных методов использования лесных территорий, подверженных подтоплению, включая их частичную или полную реабилитацию.

Изменение процессов жизнедеятельности древесных растений в условиях подтопления и затопления проявляется, прежде всего, в варьировании интенсивности обменных процессов: роста, фотосинтеза, дыхания.

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. Непосредственное участие в фотохимических реакциях преобразования энергии в фотосинтезе принимает только 1% хлорофилла, а осталь-

ная масса пигментов служит для поглощения энергии и передачи ее к соответствующим реакционным центрам. Хлорофиллы локализованы в трех типах мембранных комплексов: фотосистемах I (ФС I) и II (ФС II) и светособирающем комплексе. В построении реакционных центров обеих фотосистем принимает участие хлорофилл *a*, в то время как хлорофилл *b* в основном входит в состав светособирающего комплекса, сопряженного с ФС II. Каротиноиды являются дополнительными пигментами, роль которых заключается в расширении спектра поглощения света. Наибольшее внимание заслуживают хлорофиллы, содержание которых является критерием оценки взаимосвязи растений со средой и фотосинтетической продуктивностью [2–3]. Знание этих особенностей позволяет с достаточной степенью точности судить о возможности выращивания и подборе древесных пород, относительно устойчивых к условиям избыточного увлажнения.

Объекты и методика исследований. Для оценки стрессового воздействия на листья и хвою растений широко используются физиолого-биохимические (пигментный состав) методы.

Характер процессов жизнедеятельности лесных насаждений в условиях постоянного искусственного подтопления изучался на примере модельных объектов «Демидовка», «Чечерск» и «Светиловичи». Продолжительность стояния воды в них более 3–4 месяцев в течение вегетационного периода. Давность подтопления – 5–8 лет. Исследования на объектах проводились в межлетний период с наименьшими уровнями грунтовых вод. На каждом гидрологическом профиле выделялись две зоны. К первой зоне была приурочена кайма усыхания древостоев

со стороны зоны затопления в зоне подтопления, где процессы усыхания насаждений хорошо заметны. Вторая зона – территория за пределами каймы усыхания, где существенные признаки ослабления древостоев внешне не заметны. Закладка пробных площадей производилась в разных зонах подтопления и затопления с различным уровнем водообеспеченности в насаждениях различных лиственных и хвойных пород.

На пробных площадях отбирались листья и хвоя с 10 деревьев различных древесных пород в условиях подтопления и на участках, не затронутых подтоплением, для оценки влияния подтопления на активность процессов фотосинтеза в листьях и хвое.

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ содержания хлорофилла *a* и *b* в ассимиляционном аппарате древесных растений показал значительное снижение в большинстве случаев количества хлорофилла в насаждениях, испытывающих влияние избыточного увлажнения, по сравнению с контрольными участками (таблица).

Из таблицы видно, что под действием подтопления произошло снижение содержания хлорофилла на 24–57% в листьях ольхи, дуба, березы и осины, а также в хвое ели и двулетней хвое сосны на всех пробных площадях.

При этом самое значимое снижение было отмечено для хлорофилла *b* в листьях осины.

Следует выделить довольно существенное снижение содержания хлорофиллов обоих типов в листе дуба (более чем в 2 раза), что может косвенно свидетельствовать о наибольшей чувствительности данной породы к условиям подтопления и наиболее быстрой физиологической реакции в условиях избыточного увлажнения. В то же время, в наименьшей степени изменение содержания хлорофилла в листьях происходит у березы (на 24–30%), как в культурах на объекте «Демидовка», так и на объекте «Светиловичи», что может свидетельствовать либо о самой высокой устойчивости, либо, наоборот, о низкой способности березы в молодом возрасте выработать приспособления к условиям избыточного увлажнения.

Полученные данные могут быть объяснены следующим: физиологическая угнетенность растений, несмотря на то что подтопление в определенной степени увеличивает доступность минеральных элементов, приводит к снижению интенсивности поглощения питательных веществ из почвы, а это в свою очередь может способствовать снижению содержания хлорофилла в ассимиляционных органах. Так, концентрация азота, фосфора и калия в вегетативной массе древесных растений на участках с избыточным увлажнением значительно ниже – в 1,2–2,3 раза относительно участков, не подверженных подтоплению.

Сравнительный анализ содержания хлорофилла в вегетативных органах березы, дуба, сосны, ольхи, ели

№ п/п	Объект	Порода, подтопление насаждения	Содержание хлорофилла, мг/г			Соотношение a/b
			<i>a</i>	<i>b</i>	$a + b$	
1	Демидовка	Ольха, подтопленное	1,25	0,36	1,65	3,43
2		Ольха, контроль	2,00	0,61	2,69	3,30
3		Дуб, подтопленное	0,90	0,25	1,17	3,65
4		Дуб, контроль	1,85	0,55	2,47	3,38
5		Береза, подтопленное	1,34	0,38	1,78	3,50
6		Береза, контроль	1,83	0,50	2,40	3,65
7		Осина, подтопленное	1,19	0,33	1,56	3,57
8		Осина, контроль	2,20	0,77	3,06	2,85
9	Чечерск	Ель, подтопленное	0,48	0,13	0,63	3,62
10		Ель, контроль	0,67	0,20	0,88	3,40
11		Сосна, подтопленное (хв. 1-лет.)	0,39	0,11	0,50	3,59
12		Сосна, контроль (хв. 1-лет.)	0,38	0,11	0,50	3,50
13		Сосна, подтопленное (хв. 2-лет.)	0,78	0,22	1,03	3,51
14		Сосна, контроль (хв. 2-лет.)	1,03	0,33	1,39	3,11
15	Светиловичи	Сосна, подтопленное (хв. 1-лет.)	0,48	0,15	0,64	3,21
16		Сосна, контроль (хв. 1-лет.)	0,44	0,14	0,58	3,21
17		Сосна, подтопленное (хв. 2-лет.)	0,72	0,22	0,97	3,29
18		Сосна, контроль (хв. 2-лет.)	1,38	0,43	1,86	3,19
19		Береза, подтопленное	1,07	0,29	1,40	3,72
20		Береза, контроль	1,58	0,43	2,07	3,68

Увеличению содержания хлорофиллов обоих типов в однолетней хвое сосны, скорее всего, способствует повышенное содержание в ней фосфора и калия. Тем более что оно очень резко снижается в двулетней хвое сосны. Вероятно, вследствие этого происходит снижение содержания в ней хлорофилла в условиях избыточного увлажнения относительно контроля.

Редукция содержания хлорофилла в условиях гипоксического стресса, наверняка, объясняется снижением интенсивности синтеза и быстрым разрушением пигмента [4].

Отдельно следует выделить варьирование соотношения хлорофилла *a* и *b* в ассимиляционном аппарате деревьев на подтопленных и неподтопленных участках (таблица). Для всех пробных площадей отмечено возрастание этого соотношения (за исключением березы на объекте «Демидовка»), что свидетельствует о более резком снижении содержания хлорофилла *b*, по сравнению с *a*. Аналогичная тенденция была отмечена в работах [5–6]. Это снижение происходит потому, что чувствительность хлорофилла *b* к стрессу, возникающему вследствие воздействия подтопления, выше, чем у хлорофилла *a* [6].

Другие исследования также показали, что хлорофилл *b* как основная часть фотосистем повреждается чаще, чем хлорофилл *a* в условиях стресса [7].

Заключение. Таким образом, влияние подтопления сказывается на пигментном составе вегетативных органов древесных растений, причем снижение содержания хлорофилла *a* и *b* в 1,3–2,3 раза в листьях ольхи черной, дуба черешчатого, березы повислой, осины и хвое ели обыкновенной и сосны обыкновенной в подтопленных насаждениях относительно не подтопленных, происходит с разной степенью интенсивности у различных древесных пород.

На участках с избыточным увлажнением соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*

возрастает на 3–25% относительно участков с нормальным увлажнением.

В ходе исследований нами были разработаны методы реабилитации избыточно увлажненных земель посредством создания культур ольхи и ясеня по микроповышениям, в результате которого нормализуется водно-воздушный режим территории. Также результаты исследований использовались при подготовке «Рекомендаций по реабилитации подтопленных лесных земель».

Литература

1. Смоляк, Л. П. Болотные леса и их мелиорация / Л. П. Смоляк. – Минск, 1969. – 209 с.
2. Барахтенова, Л. А. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений / Л. А. Барахтенова, В. С. Николаевский. – Новосибирск, 1988. – 86 с.
3. Гетко, Н. В. Растения в техногенной среде / Н. В. Гетко. – Минск, 1989. – 208 с.
4. Ashraf, M. Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or water logging / M. Ashraf // *Plants Sci.* – 2003. – № 165. – P. 69–75.
5. Pourabdal, L. Effects of Three Different Flooding Periods on Some Anatomical, Morphological and Biochemical Changings in Maize (*Zea mays* L.) Seedlings / L. Pourabdal, R. Heidary, T. Farboodnia [Electronic resource] // *Science Alert.* – An open access publisher. – 2012. – Mode of access: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2008.90.94>. – Date of access: 16.08.2012.
6. Zaidi, P. Response of *Zea mays* genotypes to excess soil moisture stress: Morpho-Physiological effects and basis of tolerance / P. Zaidi, S. Rafique, N. Singh // *Eur. J. Agron.* – 2003. – № 19. – P. 383–399.
7. Mauchamp, A. Submergence-induced damage of photosynthetic apparatus in *Phragmites australis* / A. Mauchamp, M. Methy // *Environ. Exp. Bot.* – 2004. – № 51. – P. 227–235.

Поступила 15.01.2013