

Библиографический список

1. Кропина Е.А. Перспективы повторного использования дренажно-сбросных вод для орошения // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 22-23.
2. Райзберг В.А. Курс экономики. – М.: ИНФРА, 2005. – 720 с.
3. Зарипова Г. Повышение финансовой устойчивости предприятий АПК // Экономика сельского хозяйства России. – 2001. – № 10. – С. 31.
4. Инструкция (методика) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. Утверждено 22 сентября 1972 г. – М., 1972. – 35 с.
5. СН 509-78 Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Утверждено 13 декабря 1978 г. – М., 1978. – 51 с.
6. Кудин М.Ф. Системный подход к повышению эффективности земельно-водных ресурсов // Эффективность мелиорации и водного хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1986. – 142 с.
7. РД-АПК 300.01.003-03. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. Утверждено 24 января 2003 г. – М., 2003. – 130 с.

References

1. Kropina E.A. Perspektivy povtornogo ispol'zovaniya drenazhno-sbrosnykh vod dlya orosheniya / Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. – 2010. – № 2. – S. 22-23.
2. Raizberg V.A. Kurs ekonomiki. – M.: INFRA, 2005. – 720 s.
3. Zaripova G. Povyshenie finansovoi ustoychivosti predpriyatii APK // Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii. – 2001. – № 10. – S. 31.
4. Instruktziya (metodika) po opredeleniyu ekonomicheskoi effektivnosti kapital'nykh vlozhenii v oroshenie i osushenie zemel' i obvodnenie pastbishch. Utverzhdno 22 sentyabrya 1972 g. – M., 1972. – 35 s.
5. SN 509-78 Instruktziya po opredeleniyu ekonomicheskoi effektivnosti ispol'zovaniya v stroitel'stve novoi tekhniki, izobretenii i ratsionalizatorskikh predlozhenii. Utverzhdno 13 dekabrya 1978 g. – M., 1978. – 51 s.
6. Kudin M.F. Sistemnyi podkhod k povysheniyu effektivnosti zemel'no-vodnykh resursov // Effektivnost' melioratsii i vodnogo khozyaistva. – M.: Agropromizdat, 1986. – 142 s.
7. RD-APK 300.01.003-03. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov melioratsii sel'skokhozyaistvennykh zemel'. Utverzhdno 24 yanvaryaya 2003 g. – M., 2003. – 130 s.



УДК 581.1



Е.Ю. Колмогорова, О.А. Неверова
Ye.Yu. Kolmogorova, O.A. Neverova

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ,
ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

**THE EFFECT OF SOME COMPONENTS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM ON THE RESISTANCE
OF WOODY PLANTS GROWING UNDER THE CONDITIONS OF COAL PIT WASTE DUMP**

Ключевые слова: породный отвал, антиоксидантная система, древесные растения, нарушенные земли, фенольные соединения, аскорбиновая кислота, жизненное состояние, сосна обыкновенная, береза повислая, устойчивость.

Keywords: rock waste dump, antioxidant system, woody plants, disturbed lands, phenolic compounds, ascorbic acid, vital status, Scots pine, silver birch, resistance.

Проведены исследования по изучению содержания фенольных соединений и аскорбиновой кислоты в хвое сосны обыкновенной и листьях березы повислой, произрастающих на техногенно нарушенных землях Кедровского угольного разреза. Исследованиями установлено повышение содержания дубильных веществ в побегах и листьях *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth. Выявлено, что содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов в условиях отвала, напротив, снижается во все сроки наблюдения в сравнении с контролем. Однако балл ЖС изменяется несущественно, что свидетельствует о высоком адаптивном потенциале изучаемых видов на данном этапе онтогенеза в условиях отвала. Полученные результаты могут подтвердить то, что устойчивость сосны и березы к экологическим условиям породного отвала определяется подключением большого числа метаболических реакций, компенсирующих снижение активности одного компонента антиоксидантной системы (аскорбиновой кислоты) возрастом активности другого (дубильных веществ). Исследуемые показатели можно использовать в лесной рекультивации для определения устойчивости древесных растений, произрастающих в условиях породных отвалов угольных разрезов.

The research of the content of phenolic compounds and ascorbic acid in Scots pine needles and silver birch leaves growing in technogenically disturbed lands of the Kedrovskiy Coal Pit was conducted. The studies revealed increased levels of tannins in the leaves and shoots of *Pinus sylvestris* L. and *Betula pendula* Roth. It was found that the ascorbic acid content in the leaves of the species studied in the conditions of rock waste dump, on the contrary, decreases in all periods of observation compared with the reference. However, the vital status score does not change significantly, indicating a high adaptive potential of the species studied at this stage of ontogenesis in the conditions of rock waste dump. The obtained results may indicate that the resistance of pine and birch to the environmental conditions of rock waste dump is defined by involvement of a large number of metabolic reactions compensating the decrease in the activity of one component of the antioxidant system (ascorbic acid) by increases in the activity of another one (tannins). The investigated indices may be used in forest reclamation to determine the resistance of woody plants growing under the conditions of coal pit waste dumps.

Колмогорова Елена Юрьевна, к.б.н., н.с., Института экологии человека СО РАН, г. Кемерово. Тел.: (3842) 74-15-95. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru.

Неверова Ольга Александровна, д.б.н., зав. лаб. экологического биомониторинга, Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово. Тел.: (3842) 74-15-95. E-mail: biomonitring@bk.ru.

Kolmogorova Yelena Yuryevna, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Institute of Human Ecology of Siberian Branch of Rus. Acad. of Sci., Kemerovo. Ph.: (3842) 74-15-95. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru.

Neverova Olga Aleksandrovna, Dr. Bio. Sci., Head, Ecologic Biomonitoring Lab., Institute of Human Ecology of Siberian Branch of Rus. Acad. of Sci., Kemerovo. Ph.: (3842) 75-15-95. E-mail: biomonitring@bk.ru.

Введение

Общая площадь земель, нарушенных открытой и подземной разработкой угля, уже превышает 4% территории Кузбасса, составляя, по разным данным, от 60 до 105 тыс. га. Разрушение геологического фундамента и естественных ландшафтов сопровождается уничтожением почвенного покрова территории. Сегодня только 2% территории отвалов обладает хорошими почвенно-экологическими условиями, а площадь рекультивированных земель в регионе составляет менее 22 тыс. га.

В связи с этим для Кемеровской области приоритетно решение проблем, связанных с восстановлением нарушенных земель.

Из литературных источников известно, что важнейшим механизмом устойчивости в неблагоприятных экологических условиях является активизация многоуровневой биохимической системы антиоксидантной защиты, в которую входит большое число компонентов. Среди них особое место занимают низкомолекулярные метаболиты, проявляющие антиоксидантные свойства, в частности фенольные соединения и аскорбиновая кислота. Существуют многочисленные литературные

данные, посвященные изучению фенольных соединений в условиях стресса [1, 2]. Некоторые исследователи [3] отмечают повышение содержания фенольных соединений в тканях растений в стрессовых условиях. Известно, что фенольные соединения могут выступать в роли низкомолекулярных антиоксидантов, предотвращающих и уменьшающих последствия окислительного стресса [4]. В ряде работ есть сведения об антиоксидантных свойствах аскорбиновой кислоты [5, 6]. В последнее десятилетие в научных журналах активизирована публикация работ, связанных с изучением содержания антиоксидантов в растениях, произрастающих в условиях техногенного загрязнения [7, 8].

Цель работы – изучение роли компонентов антиоксидантной системы в устойчивости древесных насаждений, произрастающих в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский». В задачу исследований входило изучение динамики компонентов антиоксидантной системы – содержания дубильных веществ и аскорбиновой кислоты в листьях и побегах древесных растений, произрастающих на породных отвалах.

Объекты и методы

Исследования проведены в вегетационный период 2013 г. на территории отвала «Южный» угольного разреза «Кедровский». Возраст отвала 30 лет, в 2004 г. проведён комплекс работ по его планировке. Контрольный участок расположен на ненарушенных землях в 4 км северо-западного направления от пос. «Кедровский». Объектами исследований служили сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Возраст растений 10-15 лет.

Выборка растений составляла 5 деревьев на каждой исследуемой площадке. Листья и побеги для изучения содержания дубильных веществ и аскорбиновой кислоты собирали в июне, июле и августе из средней части крон по периметру. Материал фиксировали при 105°C с последующим досушиванием при 60°C. Содержание дубильных веществ определяли в сухом растительном материале по методу Левенталя – Нейбауера [9]. Содержание аскорбиновой кислоты устанавливали титриметрическим методом с применением 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия [10]. Опыты проводились в 3-кратной повторности.

Оценка жизненного состояния (ЖС) проводилась визуальным методом, в основу которого положено определение степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон [11].

Экспериментальные данные обработаны с помощью компьютерных программ *Excel* и *Statistica 6.1*.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что в хвое сосны и листьях березы в условиях породного отвала содержание дубильных веществ выше во все сроки наблюдения в сравнении с контролем. Наибольшие отличия в содержании дубильных веществ отмечены в июле – выше контроля на 21% в листьях березы и 19,7% в хвое сосны (рис. 1, 2). Минимальное отличие от контроля в содержании дубильных веществ выявлено в хвое сосны (менее 6%). У березы содержание дубильных веществ в листьях в условиях отвала выше, чем в контроле, на 16,5 и 16% в июне и августе соответственно (рис. 2).

Результаты исследований показали, что в побегах сосны обыкновенной и березы повислой в течение вегетации накопление дубильных веществ происходит равномерно с минимумом в июне и максимумом в августе.

Отмечено повышение данного показателя в побегах сосны на 15,5; 25 и 47,6% в июне, июле и августе относительно контроля (рис. 3).

В побегах березы повислой накопление дубильных веществ выше, чем в контроле, на 13,4; 17,4 и 13,6% в июне, июле и августе соответственно (рис. 4). Проведенные исследова-

ния показали, что в листьях сосны обыкновенной и березы повислой содержится больше дубильных веществ, чем в побегах.

Наблюдения показали, что содержание аскорбиновой кислоты в листьях березы и хвое ели, произрастающих в условиях отвала, ниже, в сравнении с контролем.

Динамика содержания аскорбиновой кислоты в исследуемых объектах прямо противоположна в сравнении с дубильными веществами (табл.). Минимальное содержание аскорбиновой кислоты в листьях березы и хвое ели относительно контроля отмечено в июне – на 46,3 и 50,7% соответственно.

Изучение степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон у изучаемых видов позволило дать оценку их жизненного состояния.

Наибольший балл ЖС отмечен у растений сосны – 39,35 и 38,88 в контрольной группе и в условиях отвала соответственно. Снижение балла ЖС происходит в основном за счет уменьшения процента живых ветвей в кроне, незначительно снижаются степень облиственности крон, процент живых листьев в кроне и средний процент живой площади листа.

У растений березы, произрастающей в условиях угольного отвала, балл ЖС снижается на 2% относительно контроля. Снижение данного показателя происходит в основном за счет уменьшения среднего процента живой площади листа, незначительно снижаются процент живых ветвей в кроне, степень облиственности крон и процент живых листьев в кроне (рис. 1).

Таким образом, в условиях породного отвала балл ЖС исследуемых деревьев существенно не отличается от контрольных.

Заключение

Исследованиями установлено повышение содержания дубильных веществ в побегах и листьях *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth., произрастающих в условиях отвала угольного разреза «Кедровский».

Выявлено, что содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов в условиях отвала, напротив, снижается во все сроки наблюдения в сравнении с контролем. Однако балл ЖС изменяется незначительно, что свидетельствует о высоком адаптивном потенциале изучаемых видов на данном этапе онтогенеза в условиях отвала.

Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что устойчивость сосны и березы к экологическим условиям породного отвала определяется подключением большого числа метаболических реакций, компенсирующих снижение активности одного компонента антиоксидантной системы (аскорбиновой кислоты) возрастанием активности другого (дубильных веществ).

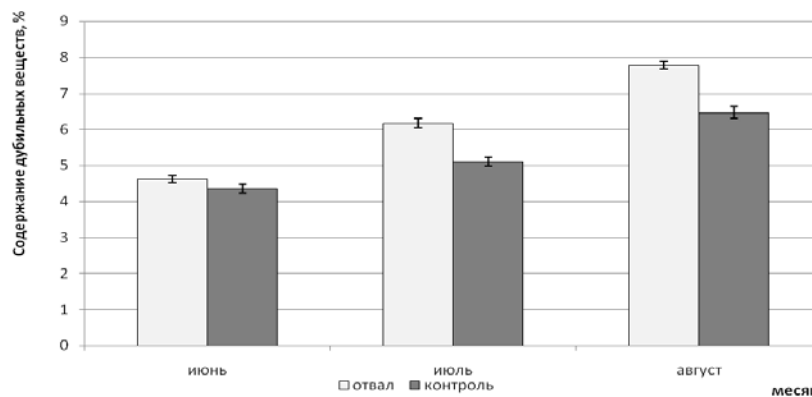


Рис. 1. Содержание дубильных веществ в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в условиях отвала «Южный» разреза «Кедровский»

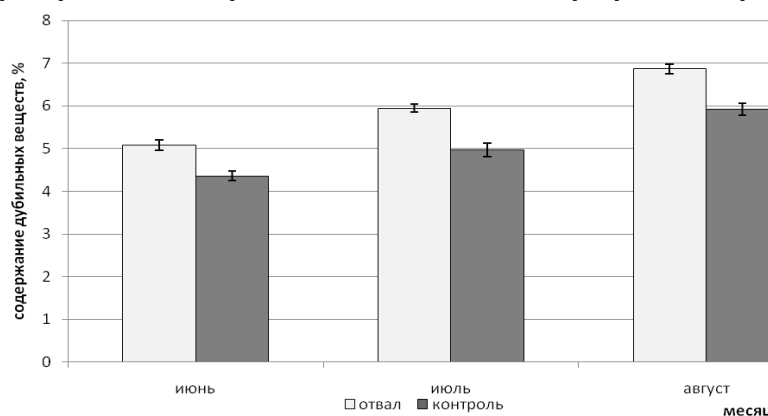


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в листьях березы повислой, произрастающей в условиях отвала «Южный» разреза «Кедровский»

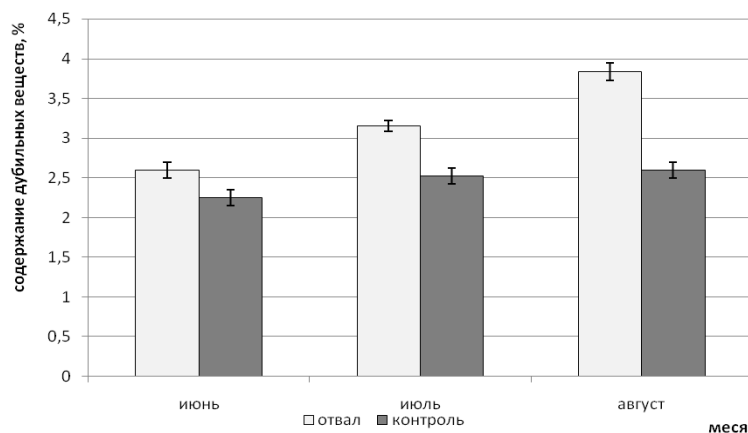


Рис. 3. Содержание дубильных веществ в побегах сосны обыкновенной, произрастающей в условиях отвала «Южный» разреза «Кедровский»

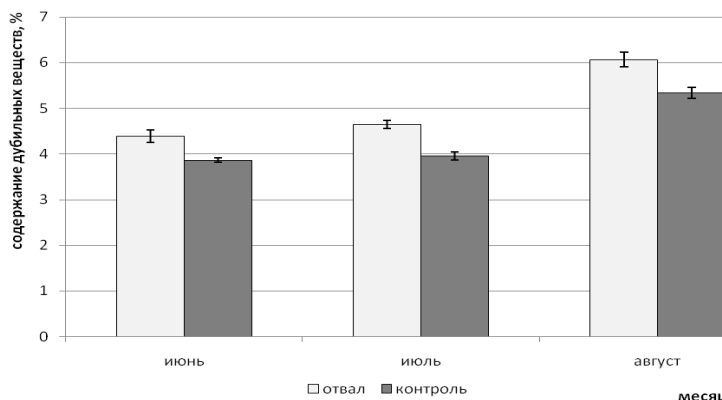


Рис. 4. Содержание дубильных веществ в побегах березы повислой, произрастающей в условиях отвала «Южный» разреза «Кедровский»

Содержание аскорбиновой кислоты в ассимиляционных органах древесных растений, произрастающих на породном отвале Кедровского угольного разреза

Месяц	Сосна обыкновенная		Береза повислая	
	отвал	контроль	отвал	контроль
Июнь	32,53±1,6*	60,53±1,5	25,96±1,8*	52,71±1,2
Июль	79,2±2,25*	102,49±1,44	74,51±0,86*	93,07±1,43
Август	15,2±0,33*	21,16±0,72	18,93±0,63*	21,69±0,34

*Отмечены достоверные отличия при $V \geq 0,95$.

Библиографический список

1. Бухарина И.Л. Особенности динамики содержания аскорбиновой кислоты и танинов в побегах древесных растений в условиях г. Ижевска // Растительные ресурсы. – 2011. – Т. 47. – № 2. – С. 109-117.
2. Колмогорова Е.Ю. Динамика накопления дубильных веществ в хвое и побегах сосны обыкновенной, произрастающей в различных экологических условиях угольного отвала // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: матер. III Междунар. конф. – Кемерово, 2012. – С. 93-95.
3. Фуксман И.Л., Новицкая Л.Л., Исидоров В.А., Рощин В.И. Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса // Лесоведение. – 2005. – № 3. – С. 4-10.
4. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Antioxidant Properties of Phenolic Compounds // Trends Plant Sci. – 1997. – Vol. 2 (4). – P. 152-159.
5. Sies H., Stahl W.C. Carotenoids and intercellular communication via gap junctions // Int. J. Vitamin. Nutr. Res. – 1997. – Vol. 67. – P. 364-367.
6. Smirnoff N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule // Current Opinion in Plant Biology. – 2000. – Vol. 3 (3). – P. 229-235.
7. Гарифзянов А.Р., Иванищев В.В. Антиоксидантная система как основа устойчивости растений. – Lap Lambert Academic Publishing, 2012. – 200 с.
8. Цандекова О.Л., Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Роль антиоксидантной системы в устойчивости сосновых насаждений в условиях породного угольного отвала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3. – С. 245-248.
9. Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащее антраценпроизводные, простые фенолы, лигнины, дубильные вещества: учебное пособие для вузов. – Воронеж, 2007. – С. 50-51.
10. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-е, 1987. – 430 с.
11. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – М.: МГУЛ, 1999. – 193 с.

References

1. Bukharina I.L. Osobennosti dinamiki sodержaniya askorbinovoi kisloty i taninov v pobegakh drevesnykh rastenii v usloviyakh g. Izhevskaya // Rastitel'nye resursy. – 2011. – T. 47. – № 2. – S. 109-117.
2. Kolmogorova E.Yu. Dinamika nakopleniya dubil'nykh veshchestv v khvoe i pobegakh sosny obyknovnoy, proizrastayushchei v razlichnykh ekologicheskikh usloviyakh ugol'nogo otvala // Problemy promyshlennoi botaniki industrial'no razvitykh regionov: mater. III Mezhdunar. konf. – Kemerovo, 2012. – S. 93-95.
3. Fuksman I.L., Novitskaya L.L., Isidorov V.A., Roshchin V.I. Fenol'nye soedineniya khvoynykh derev'ev v usloviyakh stressa // Lesovedenie. – 2005. – № 3. – S. 4-10.
4. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Antioxidant Properties of Phenolic Compounds // Trends Plant Sci. – 1997. – Vol. 2 (4). – P. 152-159.
5. Sies H., Stahl W.C. Carotenoids and intercellular communication via gap junctions // Int. J. Vitamin. Nutr. Res. – 1997. – Vol. 67. – P. 364-367.
6. Smirnoff N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule // Current Opinion in Plant Biology. – 2000. – Vol. 3 (3). – P. 229-235.
7. Garifzyanov A.R., Ivanishchev V.V. Antioksidantnaya sistema kak osnova ustoichivosti rastenii. – Lap Lambert Academic Publishing, 2012. – 200 c.
8. Tsandekova O.L., Neverova O.A., Kolmogorova E.Yu. Rol' antioksidantnoi sistemy v ustoichivosti sosnovykh nasazhdenii v usloviyakh porodnogo ugol'nogo otvala // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2013. – T. 15. – № 3. – S. 245-248.
9. Korenskaya I.M., Ivanovskaya N.P., Izmalkova I.E. Lekarstvennye rasteniya i lekarstvennoe rastitel'noe syr'e, sodержashchee antratsenproizvodnye, prostye fenoly, ligniny, dubil'nye veshchestva. Uchebnoe posobie dlya vuzov. – Voronezh, 2007. – S. 50-51.
10. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii / A.I. Ermakov, V.V. Arasimovich, N.P. Yarosh i dr.; pod red. A.I. Ermakova. – 3-e izd., pererab. i dop. – L.: Agropromizdat. Leningr. otd-e, 1987. – 430 s.
11. Nikolaevskii V.S. Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii. – M.: MGUL, 1999. – 193 s.