

УДК 622.235.213

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.02.127

Собенин Артём Вячеславович
инженер-исследователь,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: arsob@yandex.ru

SobeninArtyomV.
engineer-researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg, 58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: arsob@yandex.ru

Шеломенцев Иван Глебович
инженер-исследователь,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: gopi0@list.ru

Shelomentsev Ivan G.
engineer-researcher,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: gopi0@list.ru

Шаихова Дарья Рамильевна
магистрант,
Уральский Федеральный Университет,
620026, г. Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 48
e-mail: darya.boo@mail.ru

Shaikhova Daria R.
magistrant,
The Ural Federal University
620026, Yekaterinburg, 48 Kuibishev st.
e-mail: darya.boo@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ RAPHANUS SATIVUS НА ТЕХНОГЕННОМ СУБСТРАТЕ

RAPHANUS SATIVUS DEVELOPMENT FEATURES IN TECH-NOGENOUS SUBSTRATE

Аннотация:

В данной статье были рассмотрены морфометрические показатели *Raphanus Sativus*, выращенных на различных субстратах. Определено содержание тяжелых металлов в субстратах и растениях, сделаны выводы об использовании данного вида в рекультивации отвалов, а также даны рекомендации по условиям ее проведения.

Ключевые слова: *Raphanus sativus*, почвенное дыхание, техногенное загрязнение, морфометрия, тяжелые металлы

Abstract:

Morphological parameters of radish grown in various substrates were considered in the article. Content of heavy metals in substrates and plants was defined and conclusions on application this kind of dump recultivation were made. Recommendations are also given on the conditions of this procedure carrying out.

Key words: *Raphanus Sativus*, soil respiration, technogenous pollution, morphometry, heavy metals

Введение

Быстрый рост городов и развитие промышленности приводят к существенным, а зачастую и к необратимым изменениям ландшафта. Золоотвалы тепловых электростанций как одна из форм антропогенного нарушения занимают большие территории и являются постоянным источником загрязнения воздуха и почвы. Восстановление растительности на этих территориях происходит крайне медленно. Техногенные почвогрунты существенно отличаются от зональных почв и представляют собой стерильный неозкотоп, осваиваемый организмами «с нуля» [1, 2]. Решающие факторы для биологического освоения субстрата – физико-химические свойства породы, топографический профиль с вариантами рекультивации и климатические условия.

Для восстановления нарушенных площадей и предотвращения вредного влияния их на природную среду проводится рекультивация земель. Конечной целью биологической рекультивации является создание на поверхности отвалов продуктивных биогеоценозов преимущественно сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения или озеленение с целью санитарно-гигиенического оздоровления и создания зон отдыха.

Объектом данного исследования являлся вид *Raphanus sativus* (Редька посевная), выяснение особенностей развития данного растения на техногенном субстрате и перспективы его использования в технологиях рекультивации.

Материалы и методы

Исследования проводились с 29 июля по 19 сентября 2016 года на Научно-экспериментальной базе ИГД УрО РАН, д. Фомино, Сысертский р-н.

Семена опытных растений 29 июля были высеяны на экспериментальные грядки с тремя разными субстратами, обозначенными “Почва”, “Почва:Зола(1:1)”, “Зола” в трех повторностях. Субстратом для выращивания исследуемых растений была взята зола отвалов Верхнетагильской ГРЭС, расположенной в Свердловской области (восточный склон Среднего Урала, таежная зона, подзона южной тайги; 57°20'N и 59°56'E).

В каждую грядку было высеяно по 50 семян. Растения поливали 1 раз в неделю. Эксперимент закончился 19 сентября, когда все растения были собраны, и по 20 образцов с каждой грядки были взяты на анализ морфометрических показателей и содержания тяжелых металлов. Также было определено содержание подвижных форм тяжелых металлов в кислотной вытяжке почвы (5-процентный раствор HNO_3) и общее содержание тяжелых металлов в субстрате. Содержание тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом при помощи Spectr AA-240 FS (Varian Optical Spectr. Instrum, Australia). Минерализацию проб производили в концентрированной HNO_3 при помощи лабораторной микроволновой системы MARS 5 (CEM, USA).

Для оценки и прогноза потенциала самовосстановления техноземов и техногенно-нарушенных почв с помощью газоанализатора ECOPROBE 5 (RS DYNAMICS, Switzerland) были измерены показатели содержания углекислого газа, метана и кислорода в субстрате. Эти данные являются показателем биологической активности и возможностей самовосстановления нарушенных экосистем [7]. Кислотность субстрата определялась согласно ГОСТу 26423-85 при помощи рН-метра HI 99121N (Hanna, Germany) (табл. 1).

Таблица 1

Показатели содержания углекислого газа, метана и кислорода в исследуемом субстрате

№ площадки	CO_2 , ppm	O_2 , %	CH_4 , ppm
Почва - 1	1043	17,87	173,4
Почва - 2	1258	17,84	171,8
Почва - 3	1093	17,83	190,0
Почва : Зола(1:1) - 1	1270	17,87	170,1
Почва : Зола(1:1) - 2	1126	17,89	158,0
Почва : Зола(1:1) - 3	1107	17,86	147,3
Зола - 1	648	17,89	101,4
Зола - 2	639	17,91	95,3
Зола - 3	682	17,91	108,6

Результаты и обсуждения

Зола каменных и бурых углей, складываемая в золоотвалы, является специфическим субстратом, обладающим рядом особенностей. По механическому составу зола представлена фракциями песка и пыли с большой примесью измельченного шлака. Для золы характерна низкая влагоемкость, слабая теплопроводность, щелочная реакция среды, следовые количества или полное отсутствие азота, недостаточное содержание калия и в некоторых случаях недостаточное содержание фосфора в доступной для растений форме [3]. В ходе анализа содержания тяжелых металлов в золе, почве и в смеси почвы и золы было установлено, что содержание тяжелых металлов во всех субстратах не превышает ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) [4]. Однако необходимо отметить, что содержание Cu, Zn, Ni, Cr в золе значительно меньше, чем в почвенном субстрате (табл. 2). Высокую подвижность металлов в почвенном и почвенно-зольном субстрате можно объяснить низкими значениями pH, в то время как в золе наблюдается щелочная реакция среды.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в используемых субстратах со стандартными ошибками среднего

Показатели		Субстрат		
		Почва	Почва : зола (1:1)	Зола
pH		5,490 ^{ab} ± 0,017	6,233 ^{ab} ± 0,197	8,533 ^{ab} ± 0,116
Водорастворимые формы, мкг/г	Cu	12,177 ^a ± 0,610	12,050 ^b ± 1,701	7,610 ^{ab} ± 0,666
	Zn	40,550 ^a ± 9,553	25,183 ^b ± 5,016	9,917 ^{ab} ± 1,351
	Ni	33,317 ^{ab} ± 0,248	21,600 ^{ab} ± 2,262	0,723 ^{ab} ± 0,025
	Cr	8,513 ^{ab} ± 0,387	5,050 ^{ab} ± 0,893	0,000 ^{ab} ± 0,000
Валовое, мкг/г	Cu	40,800 ^a ± 7,749	33,933 ^b ± 4,499	21,600 ^{ab} ± 1,442
	Zn	81,957 ^{ab} ± 4,475	51,633 ^a ± 15,535	23,773 ^b ± 9,620
	Ni	58,200 ^a ± 7,708	39,133 ^b ± 11,993	4,400 ^{ab} ± 3,651
	Cr	46,233 ^a ± 7,737	36,100 ^b ± 3,736	0,000 ^{ab} ± 0,000

Примечание: a,b – значения, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0,05$

Содержание тяжелых металлов в растениях *Raphanus sativus* ни на одном опытном участке не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК) [5], что говорит о том, что данный вид не накапливает Cu и Zn в больших количествах и, следовательно, его можно использовать для рекультивации отвалов (рис. 1, 2).

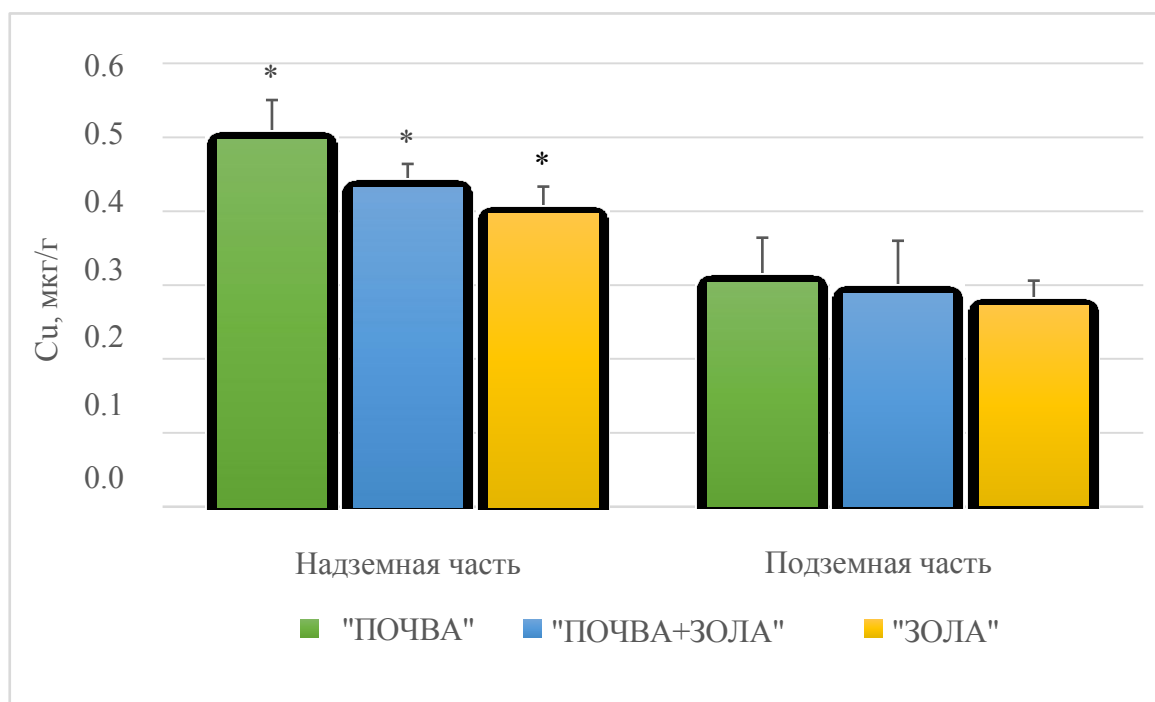


Рис. 1 – Содержание меди в *Raphanus sativus*, выращенных на различных субстратах со стандартной ошибкой среднего

Примечание. * – значения, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0,05$

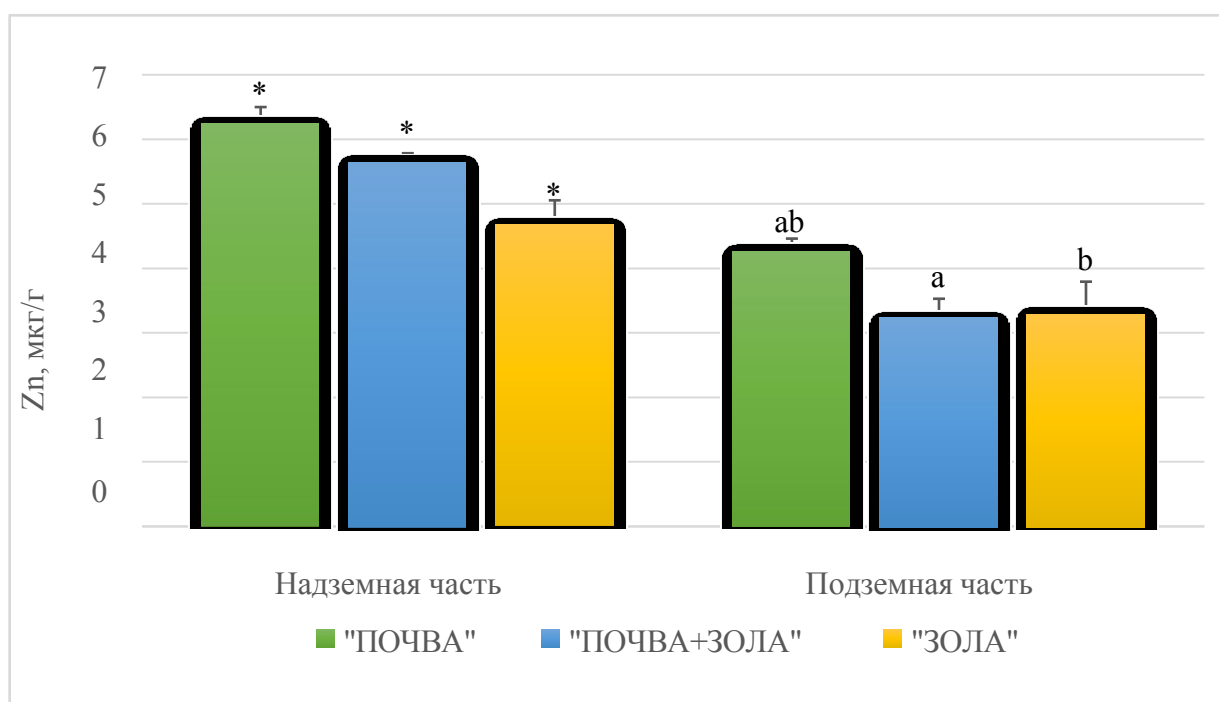


Рис. 2 – Содержание цинка в *Raphanus sativus*, выращенных на различных субстратах со стандартной ошибкой среднего

Примечание. *, a,b – значения, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0,05$

В результате анализа морфометрических показателей было установлено, что у растений, произрастающих на золе, практически все они снижены в 2 – 3 раза по отношению к двум другим группам данного вида (табл. 3).

Таблица 3

Морфометрические показатели *Raphanus Sativus*, выращенных на различных субстратах со стандартными ошибками среднего

Показатели		Субстрат		
		Почва	Почва : зола (1:1)	Зола
Масса подземной части, г	Сырая	25,184 ^a ± 24,800	21,507 ^b ± 12,833	7,257 ^{ab} ± 5,905
	Сухая	1,250 ^a ± 0,978	1,461 ^b ± 0,768	0,451 ^{ab} ± 0,298
Масса надземной части, г	Сырая	27,081 ^a ± 15,776	21,845 ^b ± 8,786	7,805 ^{ab} ± 3,361
	Сухая	2,018 ^a ± 1,288	1,659 ^b ± 0,645	0,572 ^{ab} ± 0,276
Общая сухая масса, г		3,269 ^a ± 1,960	3,062 ^b ± 1,195	1,023 ^{ab} ± 0,503
Длина подземной части, см		14,6 ^a ± 3,8	18,0 ^{ab} ± 3,2	13,3 ^b ± 2,7
Длина надземной части, см		33,1 ^a ± 6,6	30,7 ^b ± 6,3	20,5 ^{ab} ± 4,0

Примечание: a,b – значения, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0,05$

Однако жизнеспособность этого вида и на данном субстрате является высокой [6]. В то же время значимой разницы между морфометрическими показателями растений в почве и смеси почва/зола нет, что говорит о возможности внесения почвенного субстрата для лучшей рекультивации нарушенных земель.

Выводы

Raphanus sativus характеризуется высокими морфометрическими показателями на всех представленных субстратах, а концентрация исследованных тяжелых металлов не превышает ПДК, что позволяет использовать данный вид при разработке мероприятий по рекультивации нарушенных земель. В качестве потенциального субстрата лучше использовать смесь «почва + зола». Полученные результаты определили ход дальнейших исследований, заключающихся в поиске оптимальных соотношений субстратов с целью уменьшения экономических затрат на внесение потенциально плодородных слоев земли.

Литература

1. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И.М. Гаджиев и др.; под ред. В.М. Курачева. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1992. – 215 с.
2. Горлов В.Д. Биолого-экологические критерии рекультивации земель и их эффективность / В.Д. Горлов, И.Н. Лозановская // Почвоведение. - 1984. - № 10.
3. Микоризообразование травянистых видов в условиях техногенных эдафотопов / Н.В. Лукина и др. // Вестник Башкирск. ун-та. - 2014. - № 3. - С. 871 - 874.
4. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015 году", Екатеринбург, 2016. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/429067556>
5. Приложение. СанПиН 2.3.2.2401-08 "Дополнения и изменения N 10 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов", 2008 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902112577>
6. Елисеева О.В. Влияние меди и цинка на рост редьки посевной (*Raphanus sativus* L.) и их аккумуляция в растениях / О.В. Елисеева, А.Ф. Елисеев // Евразийский Союз Ученых. - 2015. - Т. №11-1 (20). - С. 24 - 26.



7. Антонинова Н.Ю. Об особенностях комплексного экологического анализа районов, испытывающих локальную техногенную нагрузку предприятий горнометаллургического комплекса / Н.Ю. Антонинова, Л.А. Шубина // Экология и промышленность России. – 2017. - № 1. – С. 52 - 56.