

АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ РЕДУЦИРУЮЩИХ ФЕРМЕНТОВ АГРОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье представлены результаты изучения редуцирующих ферментов нитрат- и нитритредуктазы агрогенно измененных почв лесных питомников, расположенных в Канской и Красноярской лесостепной зоне.

Ключевые слова: редуктазы, почва, лесопитомники, лесостепная зона, Красноярский край.

A.A. Alekseeva, N.V. Fomina

THE ANALYSIS OF THE REDUCING ENZYME ACTIVITY OF THE AGROGENE CHANGED SOILS IN THE FOREST NURSERIES OF THE KRASNOYARSK TERRITORY FOREST-STEPPE ZONE

The research results of the reducing enzymes of nitrate- and nitrite reductase of the agrogenic changed soils in the forest nurseries located in the Kansk and Krasnoyarsk forest-steppe zone are presented in the article.

Key words: reductase, soil, forest nurseries, forest-steppe zone, Krasnoyarsk territory.

Введение. Исследования, проведенные на протяжении нескольких столетий, однозначно указывают на то, что почва как биокосное тело формируется в результате множества протекающих в природе процессов. Все процессы в ней происходят непрерывно в комплексе с существованием живых организмов [Звягинцев, 1979; Рукусуева, 1983, 1985; Сорокин, 1990]. Трансформация всех минеральных и органических веществ в почве или любом другом корнеобитаемом субстрате носит ферментативный характер.

Ферментативную активность почвы можно использовать в качестве диагностического показателя плодородия различных почв, потому что активность ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов [Фомина, 2008]. В процессе почвообразования в каждом типе почв создается определенный уровень и соотношение активности ферментов, что определяет интенсивность и направленность биохимических процессов. В почве одновременно протекают многочисленные ферментативные процессы, которые находятся во взаимосвязи между собой и с почвообразующими факторами. Активность ферментов в почве динамична и изменяется при смене ее режимных свойств (влажность, аэрация, кислотность и др.). При вовлечении почвы в сельскохозяйственный оборот усиливается ее микробиологическая и ферментативная активность, интенсивность процессов минерализации и трансформации органического вещества [Рукусуева, 1983, 1985; Сорокин, 1990]. Процессы редукции в агроцехах исследованы недостаточно, а в сибирских почвах эти данные совсем малочисленны.

Цель исследований. Изучение редуцирующих ферментов почв лесных питомников, расположенных в лесостепной зоне Красноярского края.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись агропочвы двух лесных питомников, расположенные в лесостепной зоне Красноярского края (Большемуртинский и Уярский). Образцы почвы отбирали в слое 0–20 см на полях с посевами сеянцев *Pinus sibirica* Du Tour., *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* L. в течение вегетационного периода сеянцев хвойных [Сэги, 1983; Методы почвенной ..., 1991; Теппер, 2004].

Результаты исследований и их обсуждение. *Большемуртинский лесной питомник.* Почва агротемногумусовая легкоглинистая. Содержание гумуса в поверхностном слое 6–7 %, pH=6,0. Обеспеченность по гумусу очень хорошая, кальцием – хорошая, магнием и подвижным фосфором – средняя, калием – хорошая.

Уярский лесной питомник. Почва – типичный глинисто-иллювиальный чернозем под естественной растительностью, которая сформирована на делювиально-аллювиально глинистых отложениях.

Основным источником азотного питания для сеянцев хвойных являются нитраты и аммиак. В процессе ассимиляции (накопления) нитрат сначала восстанавливается до нитрита, затем до аммиака, который используется клетками для синтеза аминокислот и других азотсодержащих соединений. Первый этап ассимиляции катализирует молибденсодержащий фермент *нитратредуктаза* (восстановление нитрата до нитрита). Синтез данного фермента индуцируется микроорганизмами, если нитрат является единственным источником азота в почвенной среде [Сэги, 1983]. Активность нитратредуктазы в почве Большемуртинского лесопитомника выше, чем в почве Уярского, причем под паром в 6 раз (1,20 мг), что является максимальным значением для исследуемых почв (табл.).

Средние показатели активности редуцирующих ферментов в агропочвах лесных питомников

Название фермента	Уярский лесопитомник	Большемуртинский лесопитомник
	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$
Нитратредуктаза, мг восстановленного NO_3 на 1 г почвы за 24 ч	$0,46 \pm 0,02$	$0,52 \pm 0,03$
Нитритредуктаза, мг восстановленного NO_2 на 1 г почвы за 24 ч	$0,26 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$

В процессе потребления нитратных соединений (например, сосны обыкновенной) с 2010 по 2011 г. вегетации (Уярский питомник) происходит снижение активности нитратредуктазы с 0,96 до 0,37 мг NO_3 на 1 г почвы, восстановленного за 24 ч. Минимум активности же данного фермента определен на поле с посевами кедра (сосны сибирской) в Большемуртинском питомнике – 0,09 мг, что свидетельствует о возможности использования микроорганизмами, которые формируют микробный пул почвы питомника, не только нитратного, но и аммонийного азота (рис. 1).

Нитритредуктаза осуществляет превращение нитритов через гидросиламины в гидрат окиси аммония (аммиак). Данный фермент очень сложный по строению, его каталитические центры содержат атомы железа, которые входят в состав гемма или связаны с атомами серы. Характер изменения активности данного фермента был однотипным в агропочвах исследуемых лесопитомников, т.е. колебался в пределах от 0,21 до 0,26 мг восстановленного NO_2 на 1 г почвы за 24 ч.

Активность же нитритредуктазы более высокая в почве под паром в Большемуртинском питомнике и под сосной обыкновенной (2011 г. посева) в Уярском питомнике, причем данная тенденция аналогична изменению активности нитратредуктазы и действительно их активность взаимосвязана (рис. 2).

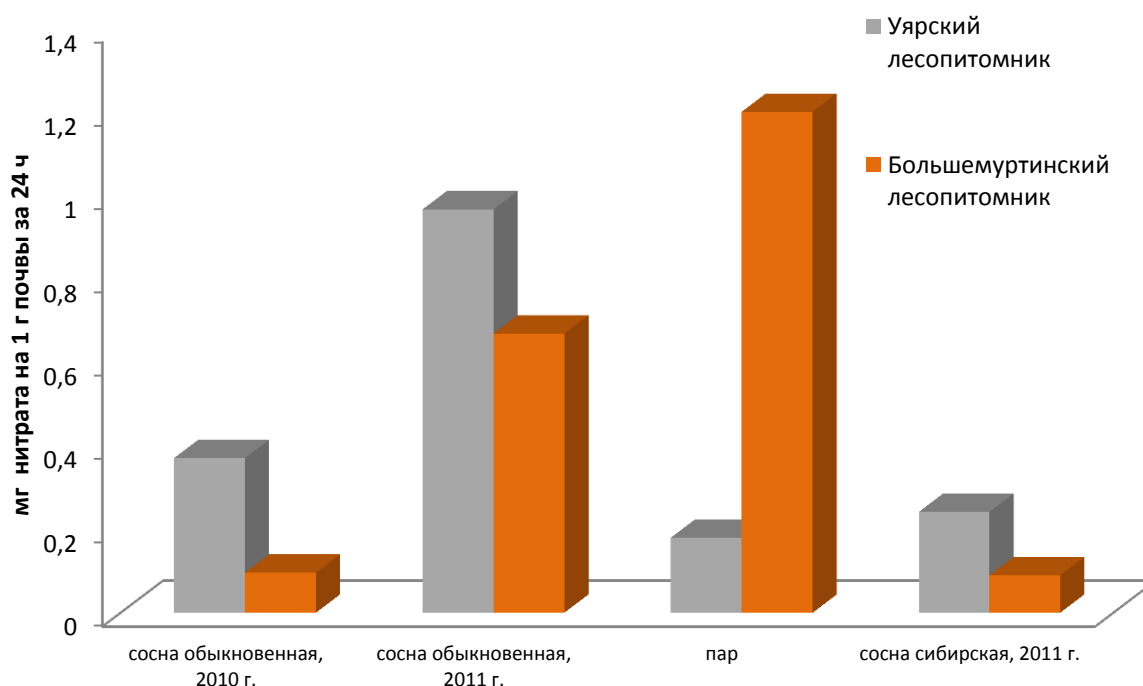


Рис. 1. Уровень активности нитратредуктазы в почве лесных питомников

Средние данные по активности нитрат- и нитритредуктазы, полученные при анализе почвы исследуемых питомников, достоверно не различались и составляли 0,46 и 0,52 мг NO_3 на 1 г почвы, восстановленного за 24 ч, и 0,26 и 0,22 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч соответственно для первого и второго питомника (см. табл.). Это характеризует однонаправленность редуцирующих процессов в агропочвах.

Минимальные значения активности нитритредуктазы установлены в почве под посевами кедра в Большемурутинском питомнике – 0,054 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч. Это тенденция, обратная изменению значений активности нитратредуктазы.

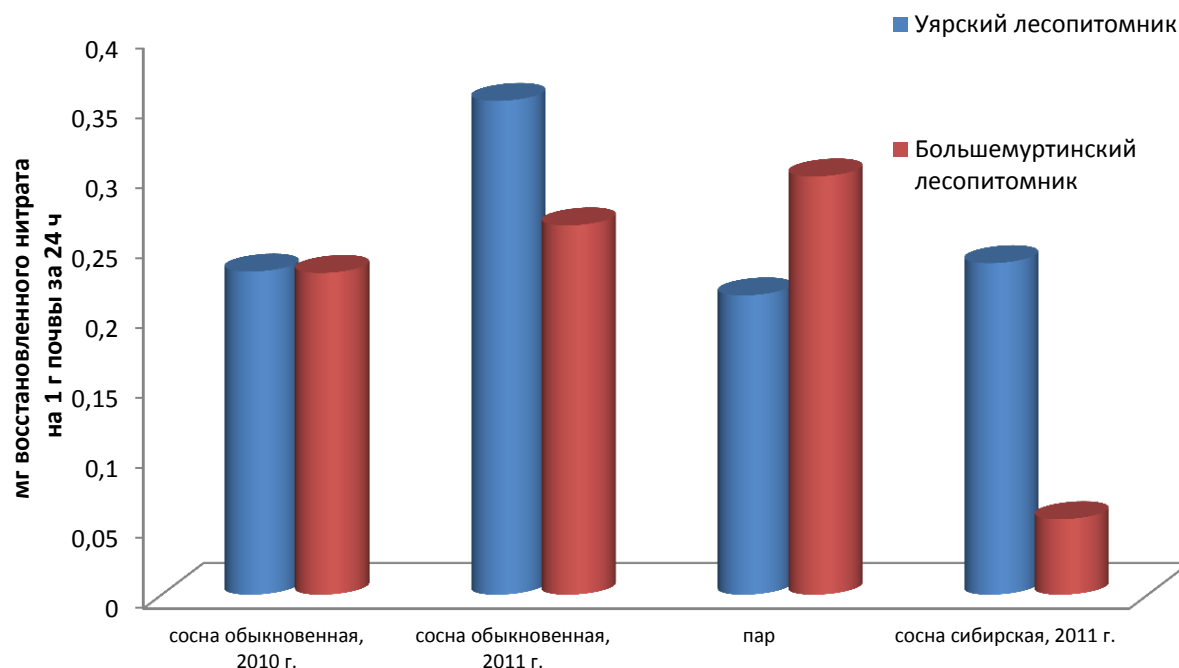


Рис. 2. Активность нитритредуктазы в почве лесных питомников

В данном случае отмечается повышение активности нитритредуктазы в процессе увеличения времени вегетации сеянцев от 2010 к 2011 г.: для сосны обыкновенной от 0,23 до 0,35 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч в Уярском лесопитомнике и от 0,23 до 0,26 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч в Большемурутинском лесопитомнике.

Таким образом, анализ экспериментальных данных, полученных после изучения активности редуцирующих ферментов азотного цикла агропочв лесных питомников, расположенных в лесостепной зоне, свидетельствует об отсутствии достоверных различий, что может быть связано как с однотипными способами обработки почвы, так и с преобладающим влиянием посевов монокультуры в лесопитомниках. Но, скорее всего, в данных почвах преобладают окислительные процессы (процесс постоянной аэрации почвы), а не редуцирующие, которые идут наиболее интенсивно в отсутствие кислорода, что и определяет низкие и средние показатели нитрат- и нитритредуктазы.

Заключение. Исследуя активность редуцирующих ферментов в агропочвах лесных питомников, расположенных в Канской и Красноярской лесостепной зоне, установили, что процессы редукции в них идут менее интенсивно, чем процессы гидролитического распада или окисления органических веществ. При этом средняя активность нитратредуктазы составляет 0,46–0,52 мг NO_3^- восстановленного на 1 г почвы за 24 ч, а нитритредуктазы лишь 0,22–0,26 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч.

Литература

1. Звягинцев Д.Г. Имобилизованные ферменты в почвах // Микробные метаболиты. – М., 1979. – С. 31–46.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
3. Рукосуева Н.П. Пространственно-временные соотношения показателей ферментативной активности и их связь с гидротермическими условиями Западного Саяна // Микробные ассоциации в лесных биогеоценозах. – Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1983. – 122 с.

4. Рукосуева Н.П., Гукасян А.Б. Биологическая активность горных лесов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 5–67.
5. Сорокин Н.Д. Экологические закономерности развития микрофлоры в почвах южной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1990. – 38 с.
6. Сэги И. Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – С. 167–173.
7. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
8. Фомина Н.В. Микробиологическая диагностика почв лесных питомников Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 144 с.



УДК 591.5(571.51)

Е.М. Антипова, О.В. Енуленко

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВИДОВ ЩЕБНИСТЫХ, КАМЕНИСТЫХ И ПЕСЧАНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ СЫДИНСКОЙ ПРЕДГОРНОЙ И ПРИБАЙТАКСКОЙ ЛУГОВОЙ СТЕПЕЙ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

В статье рассматриваются экологические группы видов флоры Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей с учетом флороцено типов (степи, лугостепи и сосновые боры), расположенных на территории Красноярского края. Среди петрофитов и псаммофитов определены реликты и эндемики.

Ключевые слова: экологические группы, петрофиты, псаммофиты, галофиты, щебнистые и каменистые субстраты, эндемики, реликты.

Е.М. Antipova, O.V. Enulenko

THE SPECIES ECOLOGICAL GROUPS OF GRAVELLY, ROCKY AND SANDY HABITATS IN THE SYDINSKIY FOOTHILL AND THE PRIBAITAKSK MEADOW STEPPES (KRASNOYARSK TERRITORY)

The ecological groups of flora species in the Sydinsky foothill and the Pribaitaksk meadow steppes taking into account the flora-cenotype (steppes, meadow-steppes and pine forests) located in the Krasnoyarsk territory are considered in the article. The relicts and endemics are defined among petrophytes and psammophytes.

Key words: ecological groups, petrophytes, psammophytes, halophytes, gravelly and rocky substrates, endemics, relicts.

Введение. Хозяйственное освоение территории исследования ведет к нарушению экосистем и гибели многих популяций, особенно редких и исчезающих видов растений различных экологических групп. До настоящего времени нет полной флористической и геоботанической характеристики растительности Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей [1, 2], что обусловлено труднодоступностью изучения природных комплексов и хозяйственной деятельности на территории исследования – большей части остепненных гористых и крутосклонных холмов. На равнинных участках природных степной и лугостепной зон Сыдинской и Прибайтакской степей расположены сельскохозяйственные угодья. Поэтому неотъемлемой и первоочередной задачей является выявление экологических групп видов щебнистых, каменистых и песчаных местообитаний степей и анализ флоры по выявленным факторам среды на территории исследования. Таким образом, актуально изучение современного флористического состава, различных экологических групп, экосистем, разнообразие ландшафтов территории исследования [1, 2, 3].

Цель исследований. Выделение экологических групп видов по отношению к субстрату и их анализ.

Материалы и методы исследований. В ходе 6-летних экспедиционных исследований (2009–2014 гг.) методом конкретных флор в Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степях был собран обширный гербарный материал и выявлены растения, относящиеся к петрофитной, псаммофитной и галофитной группе видов (табл., рис. 1). Представленные данные показывают преобладание непетрофитной флоры на исследуемой территории. Однако неоднородность и разнообразие ландшафтов объектов исследования – гор (скалистых и щебнистых участков) Туран, Унюк, Маяк, Алха – способствовали распространению в степях и значительного числа растений-петрофитов, подчеркивая предгорный характер флоры. Объектами исследо-