

УДК 631.421

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В СТЕПЯХ ХАКАСИИ

© 2023 г. О. А. Сорокина*

ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, пр-т Мира, 90, Красноярск, 660049 Россия

*E-mail: geos0412@mail.ru

Поступила в редакцию 15.10.2021 г.

После доработки 01.04.2022 г.

Принята к публикации 07.06.2022 г.

Искусственное лесоразведение особенно актуально для сухостепных районов, где леса выполняют комплексную почвозащитную, климатообразующую, лечебно-оздоровительную и эстетическую функции. Поэтому в 1975–1978 гг. в Ширинской сухой степи республики Хакасия на базе Института леса им. Сукачева были созданы экспериментальные искусственные поливидовые насаждения древесных и кустарниковых видов. Исследования проводились в десяти биодендрогруппах (БДГ) Ширинской степи. Для сравнения взят участок целинного естественного степного фитоценоза, находящийся в непосредственной близости. Целью данных исследований стало изучение влияния древесной и кустарниковой растительности на изменение эдафических условий, сукцессию напочвенного покрова и изменение режима функционирования почв. Максимальное положительное влияние на функциональную активность биогенных показателей оказывают БДГ с эдификаторными хвойными видами, под кронами которых развиваются соподчиненные, хорошо облиственные кустарники. Искусственные лесные насаждения способствуют образованию подстилки и увеличению доли микромицетов в почве. Установлена корреляционная зависимость между абиотическими факторами, особенно освещенностью, и нарастанием наземной травянистой фитомассы. Изменение эколого-фитоценологических факторов способствует увеличению биологического разнообразия за счет оптимизации запасов и структуры фитомассы, появлению новых видов травянистой растительности. В условиях сухой степи формируются экологически устойчивые искусственные лесные биоценозы.

Ключевые слова: биодендрогруппы, искусственные насаждения, абиотические факторы, температура почвы, температура воздуха, освещенность, фитомасса, микромицеты, микробная масса, корреляционная зависимость, биологическое разнообразие.

DOI: 10.31857/S0024114823010096, EDN: NJZTWE

Важнейшее значение в борьбе с деградацией и опустыниванием земель имеет восстановление древесной и кустарниковой растительности различных видов в тех условиях, которые отвечают их требованиям. В то же время огромная экологическая роль связана с поиском путей адаптации различных видов древесных и кустарниковых растений к почвенным условиям, не отвечающим или недостаточно отвечающим их требованиям (Высоцкий, 1983). Критериями здесь выступают выживаемость и долговечность кустарниковых и древесных видов растений, а также трансформация плодородия почв под ними в сравнении с безлесными участками целинной степи либо распаханными деградированными массивами пашни. При этом разные виды растений могут оказывать специфическое воздействие на почвообразовательные процессы и свойства почв. Это воздей-

ствие, как правило, является почвоулучшающим. Кроме того, большое значение имеет эстетическая и общеэкологическая роль искусственных насаждений в оздоровлении окружающей среды.

Южная часть сельскохозяйственной зоны Красноярского края, республика Хакасия, степные пространства республики Тыва подвержены проявлениям деградации земель и опустыниванию за счет сухости климата и антропогенных нагрузок (Кулик, 2007; Савостьянов, 2007, 2010; Чебокаков, 2019). В этой зоне необходимо проведение мероприятий по восстановлению лесов, интродукции древесных пород, искусственному лесоразведению (Савин, 2001; Попова, 2005; Лобанов, 2007). В то же время огромная экологическая роль связана с поисками путей адаптации видов древесных растений к почвенным условиям, не отвечающим их требованиям или недостаточно отве-

чающих этим требованиям. Поэтому сухостепные зоны республики Хакасия нуждаются в разработке биоэкологических основ и технологий, которые могут быть использованы для создания устойчивых защитных, эстетических, климатообразующих и лечебно-оздоровительных лесных насаждений на основе местных и интродуцированных растений. С этой целью в 1975–1978 гг. на территории Ширинской опытно-экспериментальной базы Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН по специальной технологии были осуществлены поливидовые посадки искусственных лесных насаждений, организованных в биодендрогруппы (Сорокин и др., 1998).

В настоящее время продолжаются комплексные исследования по изучению устойчивости долголетних лесных насаждений различного видового состава, а также по оценке агроэкологической роли их воздействия на экологические абиотические факторы и изменение комплекса свойств почв в Ширинской сухой степи. В процессе исследований разрабатываются биоэкологические технологии, при помощи которых возможно создавать устойчивые лечебно-оздоровительные и защитные насаждения в условиях нестабильных степных экосистем, используя не только местные, но и интродуцированные виды древесной и кустарниковой растительности. Универсальным индикаторным показателем трансформации условий почвообразования при этом является биологическая активность почв (Сорокин, 2009; Сорокина, 2013).

Цель исследований заключается в оценке эколого-фитоценотического воздействия биодендрогрупп искусственных древесных и кустарниковых насаждений на изменение биологической активности почв, формирование биологического разнообразия и продуктивности надземной травянистой фитомассы в сравнении с участком естественного степного фитоценоза.

Для реализации цели под биодендрогруппами провели определение и учет экологических факторов (температуры приземного слоя воздуха, температуры верхнего слоя почвы, освещенности), показателей биологической активности почв (общей численности микроорганизмов, численности бактерий и микромицетов, углерода микробной биомассы), а также запасов, структуры надземной травянистой фитомассы и подстилки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в биодендрогруппах (БДГ), состоящих из древесных и кустарниковых растений, представленных в различных комбинациях, где эдификационную функцию выполняет древесный вид, которому соподчиняются кустарниковые виды. Были выбраны десять биодендрогрупп различного видового состава.

1. Вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), яблоня сибирская (*Malus baccata* (L.) Borkh.), барбарис (*Berberis vulgaris* L.), смородина двуликая (*Ribes diacantha* Pall.).
2. Вяз приземистый, сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), клен (*Acer platanoides* L.), боярышник (*Crataegus*), крушина (жостер) (*Rhamnus cathartica* L.).
3. Осина (*Populus tremula* L.), барбарис, шиповник (*Rosaceae*), яблоня сибирская, сирень обыкновенная.
4. Осина, сирень обыкновенная, шиповник, таволга (спирея) (*Spiraea salicifolia* L.).
5. Осина, вяз приземистый, облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.), жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.).
6. Черемуха виргинская (*Prunus virginiana* L.), яблоня сибирская, жимолость татарская.
7. Береза повислая (*Betula pendula*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), сирень обыкновенная, карагана (акация) (*Caragana arborescens* Lam.), шиповник.
8. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), черемуха виргинская, клен (*Acer platanoides* L.), ива остролистая (*Salix acutifolia*), таволга (спирея).
9. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*), боярышник, сирень венгерская (*Syringa josikaea*).
10. Тополь (*Populus alba*), яблоня сибирская, жимолость татарская.
11. Контрольный участок естественного фитоценоза Ширинской сухой степи, расположенный в непосредственной близости.

Почвы на объектах исследования относятся к черноземам аккумулятивно-карбонатным с укороченным гумусовым горизонтом, которые по прежней классификации были черноземами обыкновенными карбонатными.

Изучение абиотических факторов в БДГ проводилось ежемесячно в течение вегетационных периодов 2017–2019 гг. Температуру почвы в слое 0–10 см измеряли термометром Schecktemp 1 by HANNA (°C) в 10, 15 и 20 ч, температуру приземного слоя воздуха определяли наружными термометрами в это же время. На всех объектах исследования измеряли освещенность (Лк) с помощью фотоэкспонетра Ленинград-7 и цифрового фотоаппарата Olympus E-PL5.

Образцы почвы для определения численности микромицетов отбирали в августе. Измерение общей численности почвенных микроорганизмов (КОЕ, тыс. г⁻¹) осуществляли методом предельных разведений. Для учета бактериальной микрофлоры посевы проводили на среде МПА, для определения численности микромицетов — на среде Сабуро. Углерод микробной биомассы (мг/г почвы) определяли методом субстрат-индуцированного дыхания. Учет запасов и структуры травянистой фитомассы и запасов формирующейся подстилки (т га⁻¹) на каждом объекте исследований проводили в августе по рамке 0.5 × 0.5 м. Повторность всех отборов и определений 5-кратная.

Провели корреляционно-регрессионный анализ для определения статистической зависимости

Таблица 1. Температура приземного слоя воздуха в БДГ ($n = 5$)

№ БДГ	Виды растений	Температура приземного слоя воздуха, °С			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя
1	Вяз приземистый, яблоня сибирская, барбарис, смородина двуиговая	20.1	19.6	20.5	20.1
2	Вяз приземистый, сирень обыкновенная, клён, боярышник, крушина	20.7	19.2	20.6	20.2
3	Осина, барбарис, шиповник, яблоня сибирская, сирень обыкновенная	20.2	19.3	21.0	20.2
4	Осина, сирень обыкновенная, шиповник, таволга (спирея)	20.1	19.4	20.6	20.0
5	Осина, вяз приземистый, облепиха, жимолость татарская	20.5	19.5	20.2	20.1
6	Черёмуха виргинская, яблоня сибирская, жимолость татарская	20.2	19.3	19.7	19.7
7	Береза повислая, рябина обыкновенная, сирень обыкновенная, карагана, шиповник	20.4	19.3	20.2	20.0
8	Сосна обыкновенная, черёмуха виргинская, клён, ива остролистная, спирея	21.0	19.7	21.3	20.7
9	Лиственница сибирская, боярышник, сирень венгерская	20.1	19.2	20.7	20.0
10	Тополь, яблоня сибирская, жимолость татарская	20.7	19.7	21.1	20.5
11	Участок естественного фитоценоза	24.1	21.7	23.4	23.1

сти между свойствами почвы, запасами фитомассы и некоторыми экологическими факторами в программе Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как в естественных, так и в искусственных лесных экосистемах на изменение экологических и эдафических факторов существенно влияет видовой состав и возраст древесной растительности. Сила этого влияния зависит от развития корневой системы, облиственности и ширины кроны, от количества и качества опада. Наиболее сильное влияние на почвенные процессы оказывают эдификаторные древесные виды растений, которые играют ведущую роль в изменении микроклимата, численности и видового состава микрофлоры и общей динамики питательных элементов в почве.

Важнейшее значение в функционировании искусственных лесных насаждений в степной зоне оказывают такие абиотические факторы среды, как температура приземного слоя воздуха, температура почвы, освещенность, а также влажность почвы.

Эколого-фитоценотическое воздействие БДГ через температуру приземного слоя воздуха и почвы непосредственно влияет на функциональную активность почвенных микроорганизмов. На контрольном целинном участке степного фитоценоза температура воздуха на 9–13°C выше, чем под искусственными лесными насаждениями (табл. 1).

Наиболее существенные отличия отмечаются в дневные часы (15 ч) летних месяцев.

Воздух закономерно меньше прогревается в тех искусственных насаждениях, где больше кустарниковых видов с развитой и густой кроной, например, жимолости татарской в биодендрогруппах 5, 6 и 9 (19.2–26.7°C). В вечерние часы температура воздуха в приземном слое разных объектов существенно снижается и выравнивается. Такой перепад температуры связан с резкой континентальностью климата степной зоны Хакасии.

Температура верхнего слоя почвы характеризуется не такой выраженной контрастностью, как температура воздуха приземного слоя (табл. 2). Менее прогревается почва под БДГ 5, 6, 9 и 10 (17.8–19.2°C), в которые входят жимолость татарская, сирень и другие виды, затеняющие поверхность почвы. На участке степного фитоценоза температура почвы в это же время составляет 23.1–25.7°C. Плотность древостоя, густота и раскидистость крон древесных и кустарниковых растений напрямую влияют на освещенность в биодендрогруппах. Количество падающего света на участке естественного фитоценоза в несколько раз превышает этот показатель под искусственными насаждениями.

В БДГ № 8 эдификаторным видом является сосна обыкновенная, крона которой более разрежена и ажурна, чем кроны других эдификаторных видов. Здесь зафиксировано наибольшее количество света по сравнению с иными БДГ (табл. 3). Освещенность под БДГ № 9 наименьшая за счет

Таблица 2. Температура почвы в слое 0–10 см ($n = 5$)

№ БДГ	Температура почвы в течение суток, °С			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя за период исследования
1	18.4	16.9	18.7	18.8
2	18.2	16.0	18.7	18.6
3	17.6	16.7	17.8	18.0
4	17.4	17.1	17.1	18.0
5	17.4	17.3	17.0	17.7
6	17.3	16.6	17.1	17.9
7	17.4	16.7	17.8	18.0
8	17.8	17.2	18.4	18.6
9	17.5	16.5	17.5	17.9
10	17.5	16.8	18.2	18.0
11	22.1	19.7	22.0	22.6

Таблица 3. Освещенность в БДГ ($n = 5$)

№ БДГ	Освещенность, Лк		
	2017 г.	2018 г.	средняя за период исследования
1	7687	5219	6453
2	9576	11158	10367
3	7480	6532	7006
4	8394	6362	7378
5	4437	5131	4784
6	4039	2246	3142
7	3977	4216	4097
8	15456	20075	17766
9	2876	1712	2294
10	8752	8618	8685
11	16562	37795	27179

соподчиненных видов, хорошо облиственных, образующих плотные заросли, сильно затеняющих почву.

В почвах под лесными насаждениями установлено снижение доли бактерий по отношению к микроскопическим грибам (табл. 4).

Наибольшая численность микромицетов зафиксирована в БДГ № 8 и № 9 с хвойными видами, формирующими максимальные запасы подстилки и подкисляющими почву продуктами разложения опада. В почве контрольного участка запасы микробной биомассы заметно меньше, чем в почвах под насаждениями. Под воздействием изменившихся экологических факторов: влажности, температуры почвы, освещенности — изменился структурный состав травянистого покрова под насаждениями за счет появления и увеличения

доли представителей лесного разнотравья. В среднем за три года наибольшее количество разнотравного компонента в травянистом покрове зафиксировано в БДГ № 1, № 3, № 5, № 6. Максимальные запасы микробной биомассы характерны для данных биодендрогрупп с высокой долей кустарниковых видов с хорошей облиственностью и присутствием разнотравного компонента в составе травянистой растительности под кронами.

Количество травянистой фитомассы является одним из показателей продуктивности экосистемы и ее экологической устойчивости. Запасы напочвенного травянистого покрова, его видовое разнообразие, а также образование подстилки — это основные показатели биологической продуктивности и стабильности функционирования экосистемы. В среднем запасы надземной травя-

Таблица 4. Показатели биологической активности почв в слое 0–20 см ($n = 5$)

№ БДГ	Численность (КОЕ, тыс г ⁻¹) в слое 0–20 см		Глубина, см	Запасы микробной биомассы в почве, мг/г почвы			
	бактерий	микромикетов		2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее за период исследования
1	154000	100000	0–20	3.36	3.53	3.38	3.42
			20–40	3.26	3.30	3.08	3.21
2	178000	60000	0–20	3.26	3.19	2.79	3.08
			20–40	2.87	3.08	1.29	2.41
3	124000	20000	0–20	3.61	3.88	3.31	3.60
			20–40	3.21	3.12	3.08	3.14
4	154000	20000	0–20	3.21	3.42	3.03	3.22
			20–40	3.01	3.06	2.79	2.95
5	78000	20000	0–20	3.23	3.55	3.55	3.44
			20–40	3.17	3.39	3.22	3.26
6	196000	20000	0–20	3.31	3.41	3.40	3.37
			20–40	3.30	3.38	3.26	3.31
7	74000	80000	0–20	2.97	3.49	3.1	3.19
			20–40	2.96	2.64	2.91	2.84
8	46000	120000	0–20	3.20	3.29	3.07	3.19
			20–40	3.05	2.99	3.05	3.03
9	72000	100000	0–20	3.15	3.47	3.19	3.27
			20–40	3.11	3.07	2.90	3.03
10	72000	60000	0–20	3.00	3.28	3.05	3.11
			20–40	2.70	3.14	2.70	2.85
11	316000	40000	0–20	2.29	2.49	2.91	2.56
			20–40	1.98	2.22	2.60	2.27

нистой фитомассы под БДГ колеблются от 0.7 до 2.4 т га⁻¹. Самые высокие запасы зафиксированы в биодендрогруппах № 4, № 9 и № 10 с хорошо развитым напочвенным покровом. В них входят кустарниковые виды: сирень, шиповник, спирея, жимолость татарская, создающие оптимальные условия увлажнения и температуры для нарастания и сохранения вегетативной массы травянистых растений.

Формирование подстилки и ее состояние являются основными показателями скорости метаболизма в лесном биоценозе, значительно влияющими на газообмен, проницаемость осадков, образование грибной микрофлоры и обладающими высокой влагоудерживающей способностью. На запасы и структуру подстилки значительно воздействуют экологические факторы, качество и количество опада.

Средние запасы подстилки, формирующейся под БДГ, составляют от 1.2 до 10 т га⁻¹. На всех объектах исследования, кроме БДГ № 1, где edificatorную функцию выполняет вяз, и контрольного участка, отмечено образование подстилки разной мощности и степени разложения. Максимальные запасы подстилки (10.0 т га⁻¹) сформировались в БДГ № 8 под хвойной растительностью (*Pinus sylvestris*), что вполне закономерно.

Установлена слабая корреляционная зависимость между запасами травянистой фитомассы в биодендрогруппах и содержанием в почве влаги, а также нитратного азота. Теснее связь между этими факторами обнаружена при определении почвенных показателей в середине июля, что свидетельствует о более существенной их роли в формировании продуктивности растений в период наиболее активной вегетации.

Более тесные корреляционные связи зафиксированы между запасами травянистой фитомассы и абиотическими факторами.

Так как температура приземного слоя воздуха в сильной степени зависит от освещенности, то достаточно сильная зависимость установлена между запасами травянистой фитомассы и температурой приземного слоя воздуха (рис. 1). В меньшей степени запасы травянистой фитомассы зависят от температуры почвы, однако эта связь достаточно тесная (рис. 2).

Наиболее тесная достоверная корреляционная зависимость была установлена между запасами фитомассы и освещенностью в биодендрогруппах (рис. 3).

Увеличение биологического разнообразия, связанного с изменением абиотических и биотических экологических факторов под воздействием искусственных лесных насаждений, свидетельствует

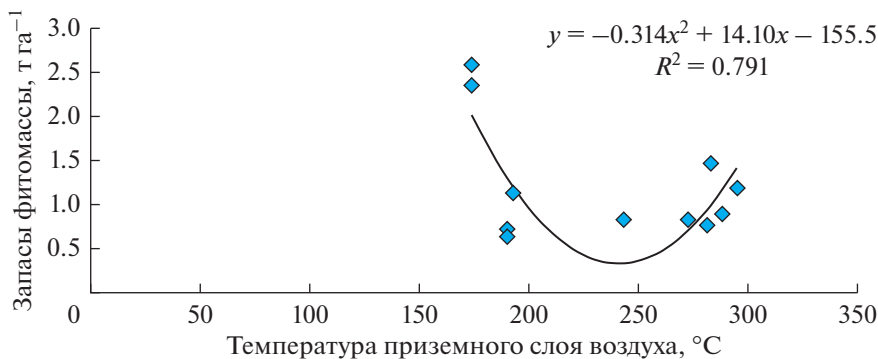


Рис. 1. Зависимость запасов фитомассы от температуры приземного слоя воздуха.

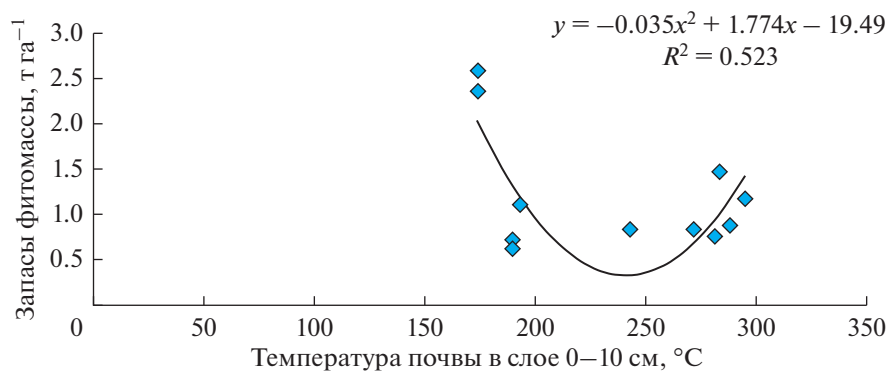


Рис. 2. Зависимость запасов фитомассы от температуры почвы в слое 0–10 см.

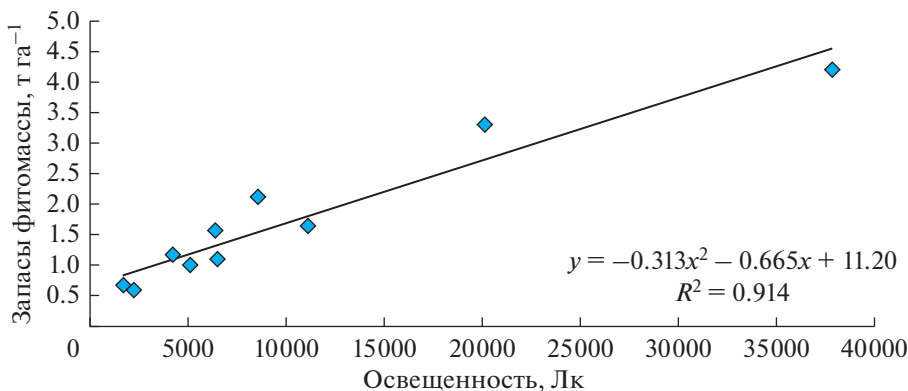


Рис. 3. Зависимость запасов фитомассы от освещенности.

об устойчивости и стабильности формирующихся биоценозов. На участке естественного фитоценоза в травостое преобладает злаковый компонент. Под искусственными насаждениями появились новые виды растительности: представители бобовых (донник (*Melilotus*), клевер краснеющий (*Trifolium rubens* L.)), разнотравье, характерное для лесных фитоценозов (герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), василисник (*Thalictrum*)). Свидетельством трансформации почв под искусственными насаждениями и показателем приобретения ими

“лесных признаков” может служить появление шляпочных грибов.

Древесные виды растений с раскидистой, хорошо облиственной кроной создают оптимальные условия увлажнения и температуры почвы для формирования высоких запасов надземной травянистой фитомассы, увеличивающей видовое разнообразие, существенно повышающих устойчивость искусственных биоценозов и оптимизирующих остальные функции экосистемы. Наличие хвойных видов в составе биодендрогрупп способствует формированию наибольших

запасов подстилки, увеличению численности грибной микрофлоры, образованию мощного грибного мицелия и появлению растительных травянистых видов лесной флоры, нехарактерных для данных условий.

Древесная и кустарниковая растительность биодендрогрупп искусственных лесных насаждений оказывает существенное влияние на формирование эдафических и экологических факторов в условиях сухой степи.

Искусственные лесные насаждения благоприятно воздействуют на структуру и плотность сложения почвы. За счет улучшения условий увлажнения и поступления опада древесной и кустарниковой растительности увеличивается аккумуляция основных питательных элементов и накопление органического вещества в почве. Растения в составе биодендрогрупп способствуют оструктурированию почвы, при этом наибольшее оструктурирующее воздействие оказывают древесные растения.

Наличие эдификаторных хвойных видов древесной растительности в составе биодендрогрупп способствует снижению щелочности почвы, формированию больших запасов подстилки, за счет чего увеличивается численность грибной микрофлоры. Кустарниковые виды растений способствуют аккумуляции подвижных форм питательных элементов в верхнем слое почвы (0–20 см).

Искусственные насаждения в сильной мере влияют на экологические факторы (освещенность, температуру приземного воздуха и почвы), что говорит об изменении микроклимата. Это особенно ощутимо на объектах с густо разросшейся соподчиненной кустарниковой растительностью и с раскидистой, хорошо облиственной кроной, где максимальное влияние на нарастание наземной травянистой фитомассы оказывает освещенность. Наличие хвойных пород в составе биодендрогрупп способствует формированию наибольших запасов подстилки. Древесные породы, наиболее затеняющие почву (осина, черемуха Маака), содействуют удержанию влаги в верхнем слое почвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие биодендрогрупп искусственных поливидовых лесных насаждений на почву зависит от наличия эдификаторных видов растений, межвидовых взаимоотношений, развития корневой системы и ризосферы, сказывающихся на биологической активности, круговороте биогенных элементов и изменении свойств почв Ширинской степи.

Сформировавшийся под искусственными лесными насаждениями микроклимат способствует изменению запасов и структуры травянистого покрова, в составе которого не только увеличился раз-

нотравный компонент, но и появились нехарактерные для зоны исследования представители лесной флоры и шляпочные грибы. Под искусственными насаждениями складываются наиболее благоприятный температурный режим и увлажнение для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о чем свидетельствует наличие грибного мицелия.

Изменение абиотических и биотических факторов и условий под влиянием искусственных лесных насаждений способствует увеличению биологического разнообразия, повышению продуктивности надземной травянистой фитомассы и свидетельствует о формировании устойчивых биоценозов в условиях сухой степи Ширинского района республики Хакасия. Дальнейший мониторинг состояния почв этих уникальных модельных антропогенных экосистем является приоритетной задачей для создания устойчивого ландшафтно-системного обустройства данной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Высоцкий Г.Н. Защитное лесоразведение. Избранные труды. Киев: Наукова думка, 1983. 208 с
- Кулик К.Н. Опустынивание земель и защитное лесоразведение в Российской Федерации // Опустынивание земель и борьба с ним: матер. Межд. научн. конф. 16–19 мая 2006 г. Абакан, 2007. С. 25–29.
- Лобанов А.И. Роль защитных лесных насаждений Ширинской степи (Хакасии) в предотвращении опустынивания // Опустынивание земель и борьба с ним: матер. Межд. научн. конф. 16–19 мая 2006 г. Абакан, 2007. С. 87–94.
- Попова О.С. Древесные растения лесных защитных зеленых насаждений. Красноярск, 2005. 158 с.
- Савин Е.Н. Выращивание лесных полос в степях Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 102 с.
- Савостьянов В.К. Опустынивание на юге Средней Сибири: современное состояние, борьба с ним, использование опустыненных земель, ближайшие задачи // Опустынивание земель и борьба с ним: матер. Межд. научн. конф. 16–19 мая 2006 г. Абакан, 2007. С. 50–57.
- Савостьянов В.К. О деградации почв в регионах Средней Сибири за последние 30–35 лет // Совершенствование ведения сельскохозяйственного производства на опустыненных землях аридной зоны // РАСХН, Сиб. отд., НИИ аграрных проблем Хакасии, Тувинский НИИСХ, НИИ растениеводства и земледелия Монголии. Абакан, 2010. С. 89–95.
- Сорокин Н.Д., Молоков В.А., Москалев А.К. О повышении приживаемости культур лиственницы в степных районах Хакасии // Лесное хозяйство. 1998. № 6. С. 38–40.
- Сорокин Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 211 с.
- Сорокина О.А., Куулар Ч.И., Фомина Н.В., Сорокин Н.Д. Биогенные показатели почв под искусственными лесными посадками в прибрежной зоне озера Шира // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 5. С. 60–68.
- Чебокаков Е.Я. Совершенствование почвозащитного степного земледелия Хакасии. Абакан, 2019. 276 с.

Artificial Forest Stands' Impact on Soils' Biological Activity in Khakassian Steppes

O. A. Sorokina*

Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049 Russia

*E-mail: geos0412@mail.ru

Artificial afforestation is especially important for dry steppe regions, where forests perform complex soil-protective, climate-forming, health-improving and aesthetic functions. Therefore, in 1975–1978 in the Shirinskaya dry steppe of the Republic of Khakassia on the premises of the Sukachev's Institute of Forestry, several experimental artificial multispecific plantations of tree and shrub species were created. The studies were carried out in ten biodendrogroups (BDG) of the Shirinskaya steppe. For comparison, a site of a virgin natural steppe phytocenosis, located in close proximity, was taken. The purpose of these studies was to study the influence of tree and shrub vegetation on the edaphic conditions change, the ground cover succession, and the change in the soil functioning regime. The maximum positive effect on the biogenic indicators functional activity is exerted by BDG with edificatory coniferous species, under the crowns of which subordinate shrubs with a sufficient amount of leaves develop. Artificial forest plantations contribute to the formation of litter and an increase in the micromycetes' proportion. A correlation was established between abiotic factors, especially illumination, and the growth of terrestrial herbaceous phytomass. Changes in ecological and phytocenotic factors contribute to an increase in biological diversity by optimizing the phytomass reserves and structure, and the emergence of new herbaceous vegetation types. Thus, ecologically stable artificial forest biocenoses can form under the dry steppe conditions.

Keywords: *biodendrogroups, artificial forest stands, abiotic factors, soil temperature, air temperature, luminance, phytomass, micromycetes, microorganisms' biomass, correlation, biodiversity.*

REFERENCES

- Chebochakov E.Y., *Sovershenstvovanie pochvozashchitnogo stepnogo zemledeliya Khakasii* (Improvement of soil-protective steppe agriculture in Khakassia), Abakan: FGBNU "Nauchno-issledovatel'skii institut agrarnykh problem Khakasii", 2019, 276 p.
- Kulik K.N., *Opustynivanie zemel' i zashchitnoe lesorazvedenie v Rossiiskoi Federatsii* (Desertification of lands and protective afforestation in the Russian Federation), *Opustynivanie zemel' i bor'ba s nim* (Desertification of lands and the fight against it), Abakan, Proc. of International Sci. Conf., May 16–19, 2006, Abakan, 2007, pp. 25–29.
- Lobanov A.I., *Rol' zashchitnykh lesnykh nasazhdenii Shirinskoi stepi (Khakasii) v predotvrashchenii opustynivaniya* (The role of protective forest plantations of the Shirinskaya steppe (Khakassia) in the prevention of desertification), *Opustynivanie zemel' i bor'ba s nim* (Desertification of lands and the fight against it), Abakan, Proc. of International sci. Conf., May 16–19, 2006, Abakan, 2007, pp. 87–94.
- Popova O.S., *Drevesnye rasteniya lesnykh zashchitnykh zelenykh nasazhdenii* (Woody plants of forest protective green planting), Krasnoyarsk: Krasnoyar. gos. agrar. un-t., 2005, 158 p.
- Savin E.N., *Vyrashchivanie lesnykh polos v stepyakh Sibiri* (Growing forest belts in the steppes of Siberia), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001, 102 p.
- Savost'yanov V.K., *O degradatsii pochv v regionakh Srednei Sibiri za poslednie 30–35 let* (On soil degradation in the regions of Central Siberia over the past 30–35 years), In: *Sovershenstvovanie vedeniya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva na opustynennykh zemlyakh aridnoi zony* (Improvement of agricultural production on the desert lands of the arid zone), Abakan: RASKhN, Sib. otd., NII agrarnykh problem Khakasii, Tuvinskii NIISKh, NII rastenievodstva i zemledeliya Mongolii, 2010, pp. 89–95.
- Savost'yanov V.K., *Opustynivanie na yuge Srednei Sibiri: sovremennoe sostoyanie, bor'ba s nim, ispol'zovanie opustynennykh zemel', blizhaishie zadachi* (Desertification in the south of Central Siberia: the current state, the fight against it, the use of deserted lands, the immediate tasks), *Opustynivanie zemel' i bor'ba s nim* (Desertification of lands and the fight against it), Abakan, Proc. of International sci. Conf., May 16–19, 2006, Abakan, 2007, pp. 50–57.
- Sorokin N.D., *Mikrobiologicheskaya diagnostika lesorastitel'nogo sostoyaniya pochv Srednei Sibiri* (Microbiological diagnostics of the soil of forest sites in the Central Siberia), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2009, 211 p.
- Sorokin N.D., Molokov V.A., Moskalev A.K., *O povyshenii prizhivaemosti kul'tur listvennitsy v stepnykh raionakh Khakasii* (On increasing the survival rate of larch crops in the steppe regions of Khakassia), *Lesnoe khozyaistvo*, 1998, No. 6, pp. 38–40.
- Sorokina O.A., Kuular C.I., Fomina N.V., Sorokin N.D., *Biogennye pokazateli pochv pod iskusstvennymi lesnymi posadkami v pribrezhnoi zone ozera Shira* (Soil biogenic indices under artificial forest plantations in the Lake Shira coastal zone), *Vestn. KrasGAU*, 2013, No. 5, pp. 60–68.
- Vysotskii G.N., *Zashchitnoe lesorazvedenie* (Protective silviculture), Kiev: Naukova dumka, 1983, 208 p.