

УДК 630.232

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.32

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЛЕСАХ ЗЕЛЁНОЙ ЗОНЫ

С. Ю. Краснобаева¹, В. Н. Карасев², М. А. Карасева²

¹ Восточно-европейская лесная опытная станция, филиал ФБУ ВНИИЛМ, Российская Федерация, 420097, Казань, ул. Товарищеская, 40

² Поволжский государственный технологический университет, Российская Федерация. 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

E-mail: KarasyovaMA@volgatech.net

Проведена оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в рекреационных лесах зелёной зоны г. Казани. По биометрическим и биоэлектрическим показателям выделены семенные деревья с высокой интенсивностью обменных процессов. Приведены показатели жизненного состояния подроста сосны обыкновенной, полученного с данных семенников, сформировавшегося после проведения котловинно-выборочных и равномерно выборочных рубок с мерами содействия естественному возобновлению.

Ключевые слова: зелёные зоны; лесовосстановление; сосна обыкновенная; экспресс-диагностика; биоэлектрический потенциал; импеданс прикамбиального комплекса тканей.

Введение. Хвойные насаждения зелёных зон крупных городов испытывают, кроме климатических, значительное техногенное и рекреационное воздействие и характеризуются почти полным отсутствием естественного возобновления. Для сохранения ценного генофонда сосновых лесов зелёной зоны, произрастающих в этих условиях более 100 лет, лесоводами Республики Татарстан испытывались и внедрялись различные технологии лесовосстановления. Заслуженным лесоводом России и Республики Татарстан К.В. Краснобаевой была разработана система организационных, научных и практических мероприятий по переходу от сплошно-лесосечной к выборочной форме ведения хозяйства [1]. Опытные работы, основанные на отборе высокопродуктивных семенных деревьев, проведении различных видов рубок и получении высококачественного подроста в условиях значительного рекреационного и техногенного воздействия проводились в Пригородном лесничестве Республики Татарстан [2].

Для оценки эффективности мероприятий, отражающих успешность применяемых технологий на начальных этапах лесовосстановления, обычно используются такие показатели, как количество жизнеспособного подроста, высота растений, сохранность, приживаемость и другие показатели. По мнению многих исследователей [3, 4], такие показатели, как количество растений, их сохранность и приживаемость учитывают только количественные величины и слабо отражают качественную сторону процесса лесовосстановления, так как в число сохранившихся растений включаются растения разного физиологического состояния. Авторы [5–9] указывают на необходимость совершенствования диагностических параметров и использования количественных показателей, отражающих жизненное состояние растений при применении различных технологий лесовосстановления. Большое значение при этом имеет применение инструментальных экспресс-методов, не нарушающих процессов

© Краснобаева С. Ю., Карасев В. Н., Карасева М. А., 2019.

Для цитирования: Краснобаева С. Ю., Карасев В. Н., Карасева М. А. Комплексная экспресс-оценка технологий лесовосстановления в лесах зелёной зоны // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 1 (41). С. 32–40. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.32

жизнедеятельности растений и позволяющих вести мониторинг жизненного состояния деревьев по биоэлектрическим и морфометрическим показателям.

Цель исследований – экспресс-оценка различных технологий рубок для восстановления сосны обыкновенной по биоэлектрическим и морфометрическим показателям подроста в насаждениях.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись *разновозрастные* (70–150 лет) естественные насаждения сосны обыкновенной в зелёной зоне г. Казани, с почти полным отсутствием подроста и возрастанием доли ослабленных, фаутовых и перестойных деревьев.

Экспериментальный участок пл. 17 га в кв. 40, 47 Матюшинского лесничества представляет четыре опытных объекта с разными вариантами рубок (см. рис.). Он заложен в 1990–1994 гг. в старовозрастном (100–160 лет) сосняке чернично-брусничном без подроста сосны под пологом.

Характеристика насаждений до опыта:

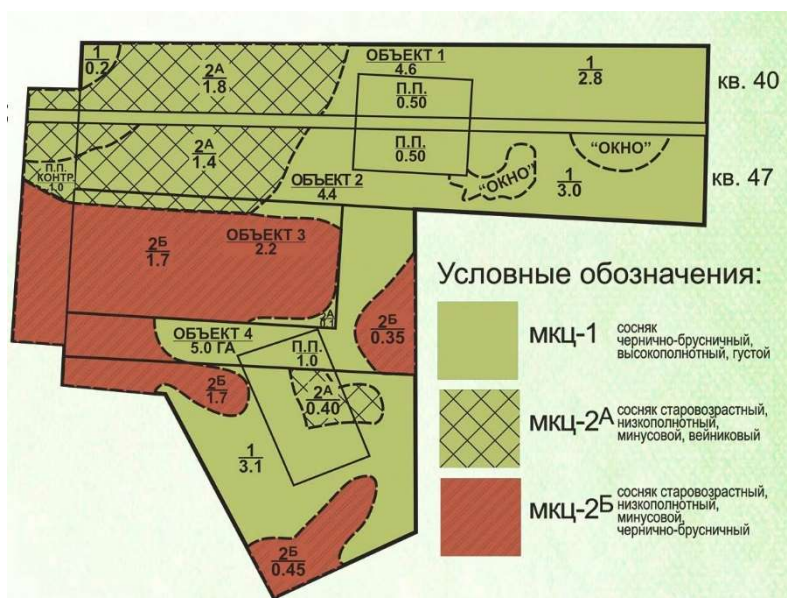
МКЦ-1: микроценоз чернично-брусничный, коренной средневозрастной, высокополнотный. Состав 8С(100)2С(150); полнота 0,8; запас 317 м³/га; подрост сосны единичный.

МКЦ-2: микроценоз вейниковый: старовозрастной, низкополнотный, минусовой. Состав 6С(150)4С(100); полнота 0,55; запас 240 м³/га; подрост сосны неблагоприятный, 2 тыс. шт./га.

В 1991–1992 гг. в МКЦ-1 проведено два варианта рубок; равномерно выборочные рубки и котловинно-выборочные (интенсивность 24 % по запасу). Состав древостоя после рубок 10С(80–100+120), запас 250 м³/га, полнота 0,6. Для содействия естественному возобновлению проводили плужные борозды (ПКЛ-70, ПЛ-1,0) и культиваторные полосы (КЛБ-1,7).

В МКЦ-2 в 1991–1992 гг. проводилась котловинно-выборочная рубка с оставлением семенных деревьев. Интенсивность рубки 57 % по запасу, состав древостоя после рубок 10С(100–120+80), запас 80 м³/га, полнота 0,3. Для содействия естественному возобновлению проводили плужные борозды плугом ПЛ-1,0.

Последний приём котловинно-выборочных рубок на объектах был проведён в 2007 году. При этом в МКЦ-1 проведена рубка с вырубкой верхнего полога (239 м³/га) на площади 1,7 га (кв. 47); в МКЦ-2 – рубка с удалением верхнего полога (162 м³/га) на площади 1,5 га (кв. 40).



План микроценотической структуры насаждения сосны на опытных объектах в кв. 40, 47 Матюшинского лесничества ГКУ «Пригородное лесничество»

Получению ценного в генетическом плане и адаптированного к местным экологическим условиям подростка сосны обыкновенной способствовали мероприятия по предварительной селекционной оценке древостоя и отборе жизнеспособных, здоровых деревьев, имеющих высокую интенсивность физиологических процессов и устойчивость к рекреационному и техногенному воздействию, для использования их в качестве семенников. Ослабленные, малоценные в селекционном отношении и перестойные деревья вырубались [2].

Оценивалось физиологическое состояние подростка сосны обыкновенной, появившегося в 1993 году на участках, где проводились котловинно-выборочные рубки, и на участках, где были проведены равномерно выборочные рубки. Минерализация почвы на данных участках проводилась плугом ПЛ-1. Комплексные физиологические и биофизические исследования выполнены по системе оценочных измеряемых параметров [5], включающей морфометрические измерения, определение величин биоэлектрических потенциалов (БЭП), импеданса прикамбиального комплекса тканей (импеданс ПКТ) и др. Измерения БЭП производились высокоомным милливольтметром постоянного тока с использованием платиновых электродов (Экстра-999). Импеданс ПКТ измеряли на высоте 1,3 м прибором Ц4314 с датчиком от электронного влагомера древесины ЭВ-2К на частоте 500 Гц, длина

активной части электродов была равна 10 мм с расстоянием между электродами 20 мм. Диаметр электродов – 1 мм [5]. Измерения проводили в августе.

Результаты исследований. Экспресс-диагностика жизненного состояния деревьев сосны обыкновенной в древостое показала высокую изменчивость биоэлектрических показателей, характеризующих интенсивность обменных процессов (БЭП) и водный режим деревьев (импеданс ПКТ).

Высокие показатели БЭП (186–230 мВ) имеют лучшие деревья с интенсивным обменом веществ и хорошим приростом, что отмечалось и в работах других исследователей¹ [10, 11]. Проведённые нами исследования биометрических и биоэлектрических параметров сосны обыкновенной показали (табл. 1), что ослабленные деревья имеют низкие значения БЭП (66–100 мВ), что характерно при нарушении обменных процессов и ухудшении жизненного состояния деревьев [2].

Деревья, имеющие параметры БЭП 180–230 мВ, отличаются более низкими показателями импеданса ПКТ (30–35 кОм), что свидетельствует о хорошем состоянии водного режима. Ослабленные деревья имеют параметры импеданса ПКТ почти в два раза выше (57–58 кОм). Высокие показатели импеданса ПКТ свидетельствуют о снижении жизнеспособности деревьев вследствие нарушения водного режима и деятельности корневых систем растений, обусловленных значительными рекреационными нагрузками.

Таблица 1

Биоэлектрические показатели деревьев сосны обыкновенной на опытных объектах до рубки

Категория деревьев	Диаметр ствола, см	Возраст, лет	Импеданс ПКТ, кОм	БЭП, мВ
Лучшие	28–32	70–80	32±0,7	230±3,0
Хорошие	28–32	70–80	35±0,7	186±5,1
Средние	24–30	70–80	45±3,9	142±3,5
Ослабленные	24–30	70–80	58±3,8	101±4,7
Усыхающие	24–30	70–80	926±27,5	78±2,6
Перестойные	53–62	150	57±3,3	76±2,8
Пораженные бугорчатым раком	53–62	150	61±4,5	68±7,3

¹ Рутковский И.В. Рекомендации по методике измерений электрофизиологических характеристик древесных растений с целью оценки их состояния и жизнеспособности. Пушкино: ВНИИЛМ, 1975. 18 с.

Предварительная оценка жизнеспособности растений по импедансу ПКТ стволов с последующей заключительной диагностикой физиологического состояния по величинам БЭП позволила выявить устойчивые, высокопродуктивные и наиболее ценные в селекционном отношении экземпляры семенных деревьев. Были оставлены семенные деревья, имеющие параметры БЭП в пределах 185–230 мВ, и импеданс ПКТ 30–35 кОм. Деревья с низкими значениями БЭП, что характерно для ослабленных и перестойных деревьев, были вырублены, проводились равномерно выборочные и котловинно-выборочные рубки.

Комплексная оценка жизненного состояния подроста сосны обыкновенной на опытных участках в пятилетнем возрасте показала высокую жизнеспособность семенного потомства отобранных деревьев [12, 13], но имеются отличия, обусловленные условиями внешней среды.

На участках, пройденных котловинно-выборочными рубками (КВР), подрост лидирующих растений сосны имел высоту на

25–30 см больше, чем подрост на участках, где были проведены равномерно выборочные рубки (РВР). Существенные различия отмечены также по приростам и массе надземной части. Лимитирующими факторами, оказавшими влияние на снижение показателей роста растений при равномерно выборочных рубках, явилась меньшая освещённость под пологом леса и конкуренция между древостоем и подростом за воду и минеральное питание (табл. 2).

При котловинно-выборочных рубках из общего количества подроста в 20–25 тыс. шт. на 1 га подрост лучшего и среднего физиологического состояния составлял 70,5 %, количество сильно ослабленных незначительно (0,5 %). Биоэлектрические потенциалы свидетельствуют о высокой интенсивности обменных процессов и имеют такие же параметры как материнские семенные деревья (180–200 мВ). При равномерно выборочных рубках доля подроста лучшего и среднего физиологического состояния не превышала 33,5 %, количество ослабленных растений составляло 38,5 %.

Таблица 2

Морфометрические и биоэлектрические параметры подроста сосны обыкновенной разного состояния (возраст 5 лет)

Параметры	Вариант	Категории состояния			
		лучшие	средние	ослабленные	сильно ослабленные
Количество подроста, %	КВР	4,5	66,0	29,0	0,5
	РВР	0,5	33,0	28,0	38,5
Высота, см	КВР	72,5±6,1	39,5±4,9	19,2±1,3	–
	РВР	–	40,8±3,9	27,1±3,8	15,9±1,5
Диаметр стволика у корневой шейки, см	КВР	1,0±0,1	0,5±0,04	0,3±0,02	–
	РВР	–	0,6±0,06	0,4±0,04	0,2±0,02
Приросты осевого побега, см	КВР	25,3±2,6	13,1±1,9	6,8±0,6	–
	РВР	–	14,9±1,4	8,3±1,6	4,8±0,6
Сухая масса 100 шт. хвоинок, г	КВР	0,9±0,1	0,5±0,04	0,4±0,04	–
	РВР	–	0,6±0,08	0,5±0,04	0,3±0,03
Сухая масса растения, г	КВР	53,9±14,1	7,7±1,1	1,6±0,3	–
	РВР	–	8,4±1,5	3,8±0,9	0,8±0,2
Импеданс ПКТ, кОм	КВР	38,6±0,6	64,6±0,6	135±15,4	–
	РВР	37,0±0,5	56,0±0,6	122±13,2	258±12,5
БЭП, мВ	КВР	180±5,0	160±4,5	50±4,0	30±5,0
	РВР	150±15,0	146,7±12,0	50±5,3	30±6,3

В сложных типах леса, где экологические условия для появления самосева даже после предварительной минерализации почвы не всегда благоприятны, лучшие результаты получены при использовании комбинированного лесовосстановления. В данных условиях наряду с имеющимся подростом проводилось создание культур сосны обыкновенной. Показатели жизненного состояния культур и подрост сосны обыкновенной при комбинированном лесовосстановлении на опытно-производственных объектах в кв. 72 Высокотгорского лесничества Пригородного лесхоза приведены в табл. 3.

При распределении по категориям жизненного состояния к лидерам отнесены деревья высотой 1,5–2,0 м; деревья, имеющие высоту в пределах 1,0–1,5 м, отнесены к категории «средние».

Биометрические и биоэлектрические показатели сосны обыкновенной в шестилетних культурах (см. табл. 3) свидетельствуют о вполне удовлетворительном состоянии культур, созданных посадкой в площадки по 5–9 растений. Размещение этих площадок определялось эколого-лесоводственными особенностями участка леса, световым довольствием, составляющим не менее 70–80 % от освещённости открытого места и целевым назначением.

Подрост на этих участках имеет также хорошее физиологическое состояние, показатели БЭП шестилетнего подрост

сосны на данном опытном участке составляют в среднем $146,7 \pm 13,0$ мВ. Параметры БЭП лучших растений достигают 180–230 мВ, средних – 100–160 мВ, ослабленных – 60–80 мВ. Импеданс ПКТ подрост сосны лучшего физиологического состояния составляет $29,1 \pm 0,83$ кОм. У средних растений он равен $67,1 \pm 5,1$ кОм.

Физиологически ослабленные деревья имеют высокую изменчивость значений импеданса ПКТ, параметры данного показателя варьируют в пределах 80–300 кОм, что свидетельствует о значительном нарушении водного режима растений. Одной из причин ослабления сосны на данном опытном участке является повреждение основания ствола мышевидными грызунами, что вызывает опадение трёхлетней и двухлетней хвои и даже усыхание подрост. Импеданс ПКТ таких растений в зависимости от степени повреждения изменяется в пределах 60–250 кОм.

Параметры текущих приростов, показатели БЭП и импеданса ПКТ культур и подрост сосны обыкновенной свидетельствуют об успешном росте и устойчивости культивируемой породы в данных условиях.

Комбинированное лесовосстановление путём введения культур, а также создания условий для нормального роста и развития подрост, способствует формированию разновозрастных, устойчивых насаждений в зелёных зонах.

Таблица 3

Биометрические и биоэлектрические показатели сосны обыкновенной в 6-тилетних культурах при комбинированном лесовосстановлении

Показатели	Категория жизненного состояния	
	лидеры	средние
Средняя высота, см	$170,0 \pm 4,0$	$125,0 \pm 4,0$
Диаметр у основания ствола, мм	$29,0 \pm 2,0$	$20,0 \pm 2,1$
Текущий прирост в высоту, см	$42,0 \pm 1,9$	$31,5 \pm 1,8$
БЭП, мВ	$217,0 \pm 9,3$	$171,0 \pm 11,0$
Импеданс ПКТ, кОм	$23,3 \pm 1,0$	$31,0 \pm 1,3$

Таблица 4

**Таксационные показатели сосны обыкновенной на опытных объектах
в кв. 40, 47 Матюшинского участкового лесничества ГКУ «Пригородное лесничество»**

Показатели	Вариант рубок		
	без рубок (контроль)	котловинно- выборочная	равномерно выборочная
Состав по запасу, ед	10С+Б, Е	10С+Б, Ос	10С+Б, Ос
Состав по количеству деревьев, %	50С50Б+Е	74С14Б12Ос	92С4Б4Ос
Количество деревьев, тыс. шт. на га	С – 0,2 Б – 0,18 Е – 0,05	С – 5,1 Б – 0,98 Ос – 0,78	С – 7,08 Б – 0,32 Ос – 0,28
Средняя высота, м	С – 30,0 Б – 14,0 Е – 10,0	С – 8,1 Б – 6,0 Ос – 4,9	С – 6,0 С – 27,0 Б – 5,6 Ос – 3,5
Средний диаметр, см	С – 46,0 Б – 13,0 Е – 12,0	С – 7,2 Б – 3,0 Ос – 2,8	С – 4,0 С – 36,0 Б – 2,8 Ос – 2,0
Доля сухостоя сосны обыкновенной, %	10,0	5,0	3,6
Доля деревьев сосны, поражённой болезнями, %	15,0	-	0,2
Полнота абсолютная, м ² /га	33,6	24,9	39,2
Полнота относительная	0,96	0,94	1,48

Комплексная оценка и отбор семенных деревьев и полученного от них подроста по биометрическим и биоэлектрическим показателям позволяет выявить наиболее совершенные технологии лесовосстановления и способствует сохранению ценного генофонда сосны обыкновенной, адаптированного к местным экологическим условиям. При этом имеется возможность более быстро получить промежуточные результаты и на ранних этапах работ оценить эффективность применяемых технологий проведения рубок и создания насаждений в зелёных зонах и рекреационных насаждениях.

Исследования, проведённые на данных опытных объектах в 25-летнем возрасте, подтвердили правильность выявленных ранее закономерностей (табл. 4).

Деревья сосны обыкновенной в вариантах с применением котловинно-выборочной рубки в этом возрасте имели среднюю высоту 8,1 м и диаметр 7,2 см, в вариантах с равномерно выборочной рубкой средняя высота составляла 6,0 м и диаметр 4,0 см.

Как следует из представленных результатов, к настоящему времени на объектах

сформировалось смешанное разновозрастное насаждение с преобладанием сосны. Молодняк сосны 1992 года отличается хорошим качеством, кроме того, в котловинах имеется самосев сосны куртинного размещения в количестве 3,5 тыс. шт. на 1 га.

Насаждения сосны обыкновенной, сформированные из селекционно-улучшенного подроста, обладают хорошим ростом и устойчивостью против неблагоприятных факторов среды.

Выводы. Комплексная оценка древостоя в зелёной зоне и отбор лучших семенных деревьев с применением экспресс-методов диагностики их жизненного состояния способствует получению ценного, жизнеспособного подроста, помогает оценить эффективность различных технологий лесовосстановления и позволяет сохранить ценный генофонд сосны обыкновенной, адаптированный к данным экологическим условиям.

Подрост сосны обыкновенной, полученный с отобранных материнских семенных деревьев, отличается жизнеспособностью и высокой интенсивностью

обменных процессов, о чём свидетельствуют параметры БЭП (180–230 кОм). Такие же высокие показатели БЭП имеют отобранные лучшие материнские семенные деревья, значения БЭП у которых варьируют в пределах 186–230 мВ.

Установлено, что при значительном техногенном и рекреационном воздействии наиболее высокие значения БЭП (180–230 мВ) характерны для лучших 70–80-летних деревьев, средние деревья имели параметры БЭП – 142 мВ, ослабленные и усыхающие – 101 и 78 мВ. Деревья перестойные (140–150 лет), значительно ослабленные, поражённые бугорчатым раком, отличаются низкими значениями БЭП (66–76 мВ). Импеданс ПКТ лучших деревьев был равен 30–35 кОм, средних – 44 кОм и у перестойных варьировал в пределах 57–62 кОм.

Исследования величин БЭП деревьев, проведённые непосредственно в лесных фитоценозах, показали высокую связь параметров БЭП с физиологическим состоянием и возможность использования этого

показателя при селекционной оценке семенных деревьев и отборе быстрорастущих биотипов.

Заключительная диагностика по величинам БЭП и импедансу ПКТ позволила выявить наиболее ценные в селекционном отношении экземпляры деревьев. Семенное потомство этих деревьев в пятилетнем возрасте имело высоту $72,5 \pm 6,1$ см, параметры БЭП 180 мВ и импеданса ПКТ 37,0 кОм, что свидетельствует о хорошем жизненном состоянии подростка и сохранении ценного адаптированного к местным условиям генофонда.

Оценка состояния созданных опытных и опытно-производственных объектов, проведённая в 2017 году, через 25 лет после их создания, показала высокую лесоводственную эффективность применения системы котловинно-выборочных рубок с предварительным отбором семенных деревьев, позволяющей сохранить ценный генофонд и экологические функции лесов зелёной зоны города.

Список литературы

1. Краснобаева К.В. Системный подход в исследовании, организации и ведении хозяйства в лесах хвойно-широколиственной подзоны и лесостепи на примере лесов Татарстана // Проблемы лесного хозяйства Среднего Поволжья и пути их решения. Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. С. 10-19.
2. Краснобаева К. В., Мусин Х. Г., Карасев В. Н. Отбор семенных деревьев при проведении рубок омоложения в сосновых лесах зеленой зоны г. Казани по их биоэлектрическим и тепловым параметрам // Современные проблемы учета и рационального использования лесных ресурсов: Материалы научно-практической конференции, 27 января 1998 г. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. С. 127–128.
3. Маслаков Е.Л. Исследование роста лесных культур. Л.: ЛенНИИЛХ, 1978. 70 с.
4. Незабудкин Г.К. Обследование и исследование лесных и плантационных культур. Йошкар-Ола: МарГТУ. 1971. 51 с
5. Карасев В.Н., Карасева М.А. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности деревьев хвойных пород // Лесной журнал. 2004. № 4. С. 27–32
6. Bioimpedance Parameters as Indicators of the Physiological States of Plants in situ / E. Borges, M. Sequeira, A. F. Cortez, et al. // International Journal on Advances in Life Sciences. 2014. Vol. 6. Pp. 74–86.
7. Oyarce P., Gurovich L. Evidence for the transmission of information through electric potentials in injured avocado trees // Plant Physiol. 2011. Vol. 168. Pp. 103–108.
8. Rnos-Rojasa L., Franco T., Gurovich A.A. Electrophysiological assessment of water stress in fruit-bearing woody plants // Plant Physiology. 2014. Vol. 171. Pp. 799–806.
9. Кишенков Ф.В. Электродиагностическая шкала жизнеспособности деревьев сосны // Лесохозяйственная информация. 1971. № 5. С. 11–12.
10. Шеверножук Р.Г. Биоэлектрическая активность ели в насаждении и методика ее измерения // Изв. вузов. Лесной журнал. 1968. № 4. С. 23–27.
11. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений. Новосибирск: Наука, 1980. 176 с.
12. Маторкин А.А., Карасев В.Н., Карасева М.А. Комплексная экспресс-диагностика физиологического состояния сосны обыкновенной при формировании семенных участков и плантаций // Хвойные Бореальной зоны. 2011. № 1–2. С. 78–82.
13. Карасев В.Н., Карасева М.А. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности хвойных пород. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 216 с.

Статья поступила в редакцию 20.10.18.

Принята к публикации 25.02.19.

Информация об авторах

КРАСНОБАЕВА Светлана Юрьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Восточно-европейская лесная опытная станция ВНИИЛМ. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор 53 публикаций.

КАРАСЕВА Маргарита Антиповна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор 140 публикаций.

КАРАСЕВ Валерий Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физиология древесных растений. Автор 130 публикаций.

UDC 630.232

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.32

COMPREHENSIVE RAPID ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGIES FOR FOREST REGENERATION IN THE FORESTS OF GREEN BELT*S. Yu. Krasnobaeva¹, V. N. Karasev², M. A. Karaseva²*

¹ East-European Forest Experiment Station
of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry,
40, Tovarishcheskaya St., Kazan, 420097, Russian Federation

² Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: KarasyovaMA@volgatech.net

Keywords: green belts; forest regeneration; Scots pine; instant diagnosis; bioelectric potential; impedance of precambial complex of tissues.

ABSTRACT

Introduction. To save the pine gene resources of the green belt (suburb of Kazan), foresters of the Republic of Tatarstan introduced various technologies for forest restoration. **The goal of the research** is to assess the technologies for forest restoration in the green belt by number and live condition of undergrowth and forest plantations under forest crown cover. The considered undergrowth and forest plantations were diagnosed on morphometric and bioelectric indices. **Objects and methods of research.** Uneven-aged (70–150 years) wild stand of Scots pine with no natural regeneration and with a number of weakened, dotted, and overmature trees was studied. At that, the share of weakened, dotted, and overmature trees is constantly growing. After selection assessment, researchers of East-European Forest Experiment Station and Suburban forestry farm conducted single tree selective felling and group selective cutting in order to promote the natural regeneration with soil mineralization. To get quick assessment of the efficiency of the technology, morphometric and bioelectric indices of mother trees, undergrowth, and forest plantations under forest crown cover were specified. **Results.** High value of bioelectric potentials (185–230 mV) are typical for 70–80-year old stands with quick substance exchange. Overmature and weakened trees have low value of bioelectric potentials (66–100 mV). The undergrowth on the plots of group selection is of better physiological state in comparison with the undergrowth of the best and medium physiological state takes 70,5 %. On the plots of single tree selection, the general share of pine undergrowth of the best and medium physiological state is 33,5 %. The trees of the best state had 180–230 mV bioelectric potential, weakened trees - 60–80 mV. The impedance of precambial complex of tissues of pine undergrowth is better ($29,1 \pm 0,83$ kiloohm) than the impedance of precambial complex of tissues of physiologically weakened trees (80–300 kiloohm). **Conclusion.** A comprehensive assessment of physiological state when selecting mother trees and their undergrowth made it possible to consider the system of group-selective felling with the preliminary selection of mother trees to be better technology for developing the plantations of the local undergrowth and for saving the gene resources and ecological functions of forests in the green belt of the city.

REFERENCES

1. Krasnobaeva K.V. Sistemnyy podkhod v issledovanii, organizatsii i vedenii khozyaystva v lesakh khvoyno-shirokolistvennoy podzony i lesostepi na primere lesov Tatarstana [A System Approach to Study, Organize and Manage the Forests of the Coniferous-Broadleaved Subzone and Forest-Steppe, Based on the Example of the Forests in the Republic of Tatarstan]. *V sb. «Problemy lesnogo khozyaystva Srednego Povolzhya i puti ikh resheniya* [Collected papers "Problems of Forestry in the Middle Volga Region and Their Solution"]. Pushkino: VNIILM. 2001. Pp. 10-19.
2. Krasnobaeva K.V., Musin Kh. G., Karasev V. N. Otbor semennykh derevev pri provedenii rubok omolozheniya v osnovnykh lesakh zelenoy zony g. Kazani po ikh bioelektricheskim i teplovym parametram [Mother Trees Selection Under the Rejuvenation Fellings in Pine Forests of Green Spaces of Kazan by Their Bioelectric and Thermal Characteristics]. *Sovremennye problemy ucheta i ratsionalnogo ispolzovaniya lesnykh resursov: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 27 yanvarya 1998 g.* [Current Problems of Records and Rational Use of Forest Resources: proceedings of scientific and practical conference, January 27, 1998]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 1998. Pp. 127–128.
3. Maslakov E.L. *Issledovanie rosta lesnykh kultur* [Study of Plantations Growth]. Leningrad: LenNIILKh, 1978. 70 p.
4. Nezabudkin G.K. *Obsledovanie i issledovanie lesnykh i plantatsionnykh kultur* [Investigation of Forest Plantations and Plantation Crops]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 1971. 51 p.
5. Karasev V.N., Karaseva M.A. Ekologo-fiziologicheskaya diagnostika zhiznesposobnosti derevev khvoynykh porod [Ecological and Physiological Diagnostics of Health of Coniferous Species]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry Journal]. 2004. No 4. Pp. 27–32.
6. Borges E., Sequeira M., Cortez A. F., et al. Bioimpedance Parameters as Indicators of the Physiological States of Plants in situ. *International Journal on Advances in Life Sciences*. 2014. Vol. 6. Pp. 74–86.
7. Oyarce P., Gurovich L. Evidence for the transmission of information through electric potentials in injured avocado trees. *Plant Physiol.* 2011. Vol. 168. Pp. 103–108.
8. RHOŠ–Rojasa L., Franco T., Gurovich A.A. Electrophysiological assessment of water stress in fruit-bearing woody plants. *Plant Physiology*. 2014. Vol. 171. Pp. 799–806.
9. Kishenkov F.V. Elektrodiagnosticheskaja shkala zhiznesposobnosti derevev sosny [Electrodiagnostic Scale of the Health of Pines]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry Information]. 1971. No 5. Pp. 11-12.
10. Shevernozhuk R.G. Bioelektricheskaya aktivnost eli v nasazhdenii i metodika ee izmereniya [Bioelectrical Activity of Spruce in Plantations and a Procedure to Measure It.]. *Izv. Vuzov. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal]. 1968. No 4. Pp. 23-27.
11. Kolovskiy R.A. *Bioelektricheskie potentsialy drevesnykh rasteniy* [Bioelectric Potential of Woody Plants]. Novosibirsk: Nauka, 1980. 176 p.
12. Matorkin A.A., Karasev V.N., Karaseva M.A. Kompleksnaya ekspress-diagnostika fiziologicheskogo sostoyaniya sosny obyknovennoy pri formirovaniy semennykh uchastkov i plantatsiy [A Comprehensive Instant-Diagnosis of the Physiological State of Scots Pine When Developing the Seed Plots and Plantations]. *Kvoynye borealnoy zony* [The Conifers of the Boreal Zone]. 2011. No 1–2. Pp. 78–82.
13. Karasev V.N., Karaseva M.A. *Ekologo-fiziologicheskaya diagnostika zhiznesposobnosti khvoynykh porod* [Ecological and Physiological Diagnostics of the Health of the Conifers]. Yoshkar-Ola: PGTU, 2013. 216 p.

The article was received 20.10.18.

Accepted for publication 25.02.19.

For citation: Krasnobaeva S. Yu., Karasev V. N., Karaseva M. A. Comprehensive Rapid Assessment of the Technologies for Forest Regeneration in the Forests of Green Belt. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No 1 (41). Pp. 32–40. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.32

Information about authors

Svetlana Yu. Krasnobaeva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, East-European Forest Experiment Station of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry. Research interests – artificial forest restoration. The author of 53 publications.

Valeriy N. Karasev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – physiology of woody plants. The author of 130 publications.

Margarita A. Karaseva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest restoration. The author of 140 publications.