

УДК 581.55+630*91

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КОРОТКОЦИКЛОВЫХ ПЛАНТАЦИЙ ИВЫ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ

О. И. Родькин

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, 220013, Минск, просп. Независимости, 65

E-mail: aleh.rodzkin@rambler.ru

Поступила в редакцию 02.01.2018 г.

Площади осушенных земель, которые использовались для добычи торфа, в России составляют более 1 млн га и в Беларуси более 200 тыс. га. Такие земли характеризуются разнообразием экологических условий и низким плодородием. Лесоразведение на этих площадях ограничивается высокой кислотностью почв, низкой степенью разложения торфяного слоя и доступности минеральных элементов. Одним из перспективных направлений для таких земель является создание короткоцикловых плантаций быстрорастущих древесных культур: ивы, тополя, черной ольхи, биомасса которых может быть использована в энергетике. Целью наших исследований была оценка эффективности создания плантаций ивы на выработанном торфянике «Докудовское», расположенном в Гродненской области Республики Беларусь. Эксперименты показали, что растения ивы на участках, для которых характерны слабое разложение и низкая, нестабильная толщина торфяного слоя, отставали в развитии. Их высота на третий год эксплуатации плантации после первой срезки растений (период уборки) не превышала 2–2.5 м, в то время как на участках торфопесчаного типа и с высокой степенью разложения торфа – 4–4.5 м. Прирост годичной продукции древесины ивы на наиболее продуктивных участках составлял 9–10 т в пересчете на 10 % влажности, что незначительно уступает показателям на пахотных минеральных почвах. Древесина с плантации ивы (общей площадью 10 га) использовалась как источник биотоплива для нужд торфопредприятия. Рост продуктивности плантаций возможен при использовании в селекционном процессе видов ивы, более приспособленных для выработанных торфяников, например *Salix dasyclados* Wimm. Продуктивность растений этого вида выше по сравнению с видом *Salix viminalis* L., на основе которого создано большинство быстрорастущих сортов ивы. Кислотность торфяников при внесении 10 т золы торфа на 1 га снизилась на 0.30–1.05 ед. рН и составила 5.95–6.25 рН по участкам опыта.

Ключевые слова: выработанные торфяники, лесоразведение, короткоцикловые плантации, ива, биотопливо.

DOI: 10.15372/SJFS20180308

ВВЕДЕНИЕ

Общая площадь осушенных торфяников на планете 25–30 млн га, в странах бывшего СССР – 3 млн га. В России для добычи торфа использовалось более 1 млн га, а в Республике Беларусь – более 200 тыс. га (Скоропанов, 2010; Инишева, Маслов, 2013). В Беларуси общая площадь земель выработанных торфяных месторождений ~209.5 тыс. га (Бамбалов, 2000).

Почвы территорий, которые освобождаются после добычи торфа, разнообразны по физическим и химическим характеристикам. Это

зависит от рельефа местности и условий формирования болота: низинного, верхового или переходного типа и, как следствие, от особенностей водного режима (Сукачев, 1973). Условия формирования связаны с такими характеристиками, как мощность и степень разложения торфа, кислотность почв, содержание элементов минерального питания и др. Для дальнейшего использования площадей значение имеют степень эволюции и возраст торфяной залежи.

Эксплуатация месторождений продолжается до момента полного или частичного истощения торфяного слоя. Слой, который остается

после окончания выработки, имеет разную глубину, структуру и химические характеристики. Свойства торфяного слоя в основном зависят от подстилающей породы (пески, реже суглинки, глиняные породы и сапропели), определяющей плодородие залежи выработанных земель, которое значительно ниже по сравнению с почвами, сформировавшимися в результате осушительной мелиорации болот, даже в случае их деградации после многолетней культивации пропашных сельскохозяйственных культур (Дмитриева, 1971). Это связано с водно-воздушным режимом почв, прежде всего с недостатком кислорода, вследствие чего образуется ряд недоокисленных соединений, что резко снижает доступность элементов питания, следовательно, и плодородие (Галкина, 1974).

Индикатором, определяющим характеристику торфяника и возможные направления его дальнейшего использования, является растительный покров (Ниценко, 1965). На выработанных верховых торфяниках растительность появляется спустя 3–4 года после окончания торфодобычи, а древесные породы (береза, осина, ива) – через 15–20 лет. На торфяниках переходного типа сорняки появляются на второй год после окончания добычи торфа, а древесная растительность – спустя ~10 лет. Формирование древесных биоценозов зависит от степени увлажненности земель: на более сухих территориях формируются березняки, а на более увлажненных произрастает ива. Низинные торфяники являются оптимальными по плодородию, их заращивание начинается с первого года.

К числу проблем, препятствующих рациональному использованию выработанных площадей, относятся их высокая кислотность и неоднородность по степени разложения и мощности торфяного горизонта, зольности и содержанию питательных элементов. Наличие различных по названным показателям участков земель, расположенных на сравнительно небольшой площади, не позволяет сразу создавать продуктивные аграрные биоценозы, основанные на монокультуре (Мееровский, 1997). В связи с этим использование выработанных в результате добычи торфа площадей включает ряд альтернативных направлений: обводнение и (или) повторное заболачивание, выращивание сельскохозяйственных культур после предварительной биологической рекультивации и лесоразведение. Повторное заболачивание позволяет развивать рыбоводство, создавать ягодники (клюква, голубика и др.), либо стимулировать развитие есте-

ственных травостоев (тростник, канареечник, осока) с последующей уборкой биомассы на энергетические или строительные цели (Черкасов и др., 1981; Rodzkin et al., 2017).

Возможность облесения таких территорий зависит от видового состава фитоценозов, состояния торфяника и экологических условий региона (Парфенов, Рыковский, 1974). Растительность выработанных торфяников, расположенных на территории Беларуси, представлена такими древесно-кустарниковыми породами, как черная и серая ольха, ива, калина, реже клен, береза, осина, тополь. В Сибири в фитоценозах преобладают сосна и береза, часто встречаются ель, кедр, лиственница. Густой подлесок представлен ивой, рябиной, крушиной и можжевельником (Инишева и др., 2007). В условиях Среднего Урала основная возобновляющаяся порода – береза пушистая (Накаряков, Назаренко, 1980). Общей проблемой для выработанных торфяников является снижение интенсивности роста деревьев по достижению определенного возраста, что свидетельствует о недостаточной экологической пригодности таких территорий для лесной растительности (Митченко, 2001; Инишева и др., 2007). Поэтому одним из перспективных направлений считается создание плантаций быстрорастущих древесных культур. Такие виды растений, как ива, тополь, черная ольха, отличаются интенсивным ростом в первые годы после посадки, и их древесина может заготавливаться с интервалом в 3–4 года, поэтому плантации называются короткоцикловыми. За этот период высота растений ивы и тополя может достигать 4 м и более, а диаметр ствола – 3–6 см. Основным направлением использования короткоцикловых плантаций в ряде европейских стран, США, Канаде, Китае, Индии и др. является внедрение возобновляемых источников энергии (Abrahamson et al., 2002; Dimitriou, Aronsson, 2005; Mosiej et al., 2012; Schweier, Becker, 2012). Наибольшие площади короткоцикловых плантаций в мире занимает ива как растение толерантное к различным экологическим условиям и не требовательное к плодородию почв. Прирост годичной продукции древесины ивы может достигать 10–15 т/га в пересчете на 10 % влажности.

Плантация ивы после посадки может использоваться на протяжении 20–25 лет (для получения 6–7 урожаев) без значительного снижения продуктивности. Площади, пригодные для короткоцикловых плантаций ивы в Беларуси (включая выработанные торфяники), не

перспективные по тем или иным причинам для сельскохозяйственных культур, по экспертным оценкам превышают 200 тыс. га, и с этих территорий можно получить древесину, эквивалентную величине 0.7–1 млн т условного топлива (т у. т.) с 1 га (Родькин, 2011).

Цель данного исследования – оценка эффективности создания короткоциклового плантаций ивы на выработанных торфяниках в условиях Республики Беларусь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводили на выработанном торфянике «Докудовское», расположенном на территории торфобрикетного завода (ТБЗ) «Лидский» в Лидском районе Гродненской области Республики Беларусь. Территория образовалась после осушения крупнейшего в Гродненской области массива болот низинного и переходного типа. Лидский торфобрикетный завод использует торф для производства брикетов, удобрений и др. В результате эксплуатации месторождения в прилегающем к предприятию регионе образовалось более 5 тыс. га выработанных площадей. Территория была частично передана Лидскому лесхозу, который использовал эти площади для естественного возобновления леса. Однако такой подход оказался малоэффективным. Естественные фитоценозы с преобладанием березы и ивы являются низкопродуктивными, расположены мозаично и не могут эффективно использоваться в промышленных целях. С другой стороны, запасы торфа на месторождении «Докудовское» в результате добычи значительно снизились, и предприятие вынуждено искать новые источники сырья для продолжения деятельности. Одним из направлений является использование древесины в качестве добавки в торф для приготовления композитных брикетов. Такой подход позволяет увеличить эффективность работы предприятия и обеспечить занятость трудоспособного населения.

Заложили следующие полевые опыты для изучения и оценки:

1) влияния внесения золы торфа на изменение кислотности почв на четырех типах выработанных торфяников;

2) морфологических параметров и продуктивности растений ивы клона Jog вида *Salix viminalis* L. на четырех типах выработанных торфяников;

3) видовой специфичности развития растений ивы на выработанных торфяниках.

Эксперименты с посадками ивы проводили на территории с мощностью остаточной торфяной залежи от 70 см до выхода на дневную поверхность минерального песчаного грунта. Средний уровень залегания грунтовых вод составлял ~40–50 см. Заготовка торфа на опытных участках была прекращена в год, предшествующий закладке плантации ивы.

Для первого и второго полевых опытов исследовали четыре варианта почв выработанных торфяников, агрохимическая характеристика которых представлена в табл. 1. Для третьего полевого опыта исследовали клоны ивы видов *Salix viminalis* L., *S. alba* L., *S. dasyclados* Wimm. и *S. aurita* L. Эксперимент заложили на участке, агрохимическая характеристика которого соответствует третьему варианту в табл. 1.

Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности согласно методике Б. А. Доспехова (1985). Площадь опытной деланки составляла 25 м². Схема посадки ленточная двухрядная с расстоянием между лентами 140 см и между рядами в ленте 70 см. Густота посадки 21 тыс. шт./га. В осенний период года, предшествующего закладке плантации, вносили минеральные удобрения (в дозах N₃₀P₅₀K₉₀ действующего вещества на 1 га), золу торфа (для снижения кислотности), а также гербициды сплошного действия (раундап с дозой 6 л/га). Посадку, уход за плантациями и уборку ивы проводили вручную. Посадку осуществляли черенками ивы размером 18–22 см, которые предварительно обработали регуляторами роста. Вы-

Таблица 1. Агрохимическая характеристика опытных участков

Вариант опытного участка	Зольность торфа, %	Толщина торфяного слоя, см	Степень разложения торфа, %	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH
1	9	50–70	42	27.81	81.80	207.45	5.35
2	3	50–70	13	308.40	17.24	409.11	5.65
3	9	10–30	65	79.40	20.25	106.40	5.20
4	10	0–10	41	15.53	28.71	34.96	5.85

соту растений измеряли от нижней части комля, диаметр стебля – на высоте 10 см от основания (высота среза растений при уборке комбайном).

Пробы почвы отбирали на глубине пахотного слоя по ГОСТ 28168-89. С элементарного участка (1 га) отобрали 20 точечных проб, которые объединили в образец массой 440 г для проведения лабораторных анализов.

Кислотность образцов определяли по методу ЦИНАО (Центрального научно-исследовательского института агрохимического обслуживания сельского хозяйства) (ГОСТ 26483-85). Сущность метода заключается в извлечении обменных катионов, нитратов и подвижной серы из почвы раствором хлористого калия и потенциометрическом определении рН с использованием стеклянного электрода.

Подвижные соединения фосфора и калия определяли по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором соляной кислоты с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре и калия на пламенном фотометре.

Содержание обменного кальция и магния определяли по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), который заключается в извлечении обменного кальция и обменного (подвижного) магния из почвы раствором хлористого калия и измерении поглощения света свободными атомами определяемых элементов, образующимися в пламени при введении в него анализируемого раствора.

Степень разложения торфа определяли по ГОСТ 10650-2013. Под степенью разложения торфа понимается процентное содержание в нем бесструктурной массы, включающей наряду с гуминовыми веществами и мелкие частицы негумифицированных остатков. Сущность метода заключается в отделении коагулированного гумуса от волокна ситовым анализом в водной среде с последующим определением степени разложения с помощью графика.

Полученные в результате исследований экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа на основе статистических программ Excel, Statistica 22, SigmaPlot 11.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние внесения золы торфа на изменение кислотности почв на четырех типах выработанных торфяников. Деревья ивы могут хорошо развиваться на торфяных почвах в естественных условиях (Law et al., 2000). Исследования по созданию плантаций быстрорастущей ивы на выработанных торфяниках показали, что особое значение имеют подбор земель и тщательное соблюдение рекомендуемых приемов возделывания (Kovalchik, 1992; Cooper, MacDonald, 2000; Guittonny-Larchevêque et al., 2016). Низкая продуктивность растений ивы на выработанных торфяниках должна быть частично нивелирована за счет оптимизации технологии выращивания. В наших экспериментах одной из проблем была повышенная кислотность почвы. Эффективным приемом, позволяющим ее снизить, может быть предварительное внесение золы. Зола образуется в больших количествах при сжигании торфа на предприятиях, расположенных в непосредственной близости от мест его добычи. Таким образом, использование золы может быть более дешевым мероприятием, чем завоз и внесение известковых удобрений, и позволяет решить две проблемы: снизить кислотность участка, используемого под плантацию ивы, и обеспечить утилизацию золы без ее вывоза на полигоны отходов, что предусматривает дополнительные затраты. В 2006 г. при подготовке поля к посадке ивы для снижения кислотности внесли 10 т/га золы, образовавшейся после сжигания торфа (табл. 2).

Доза внесения, рассчитанная исходя из характеристики участков и содержания СаО в золе, способствовала снижению кислотности на всех вариантах опыта (табл. 3).

Наиболее значительное изменение имело место на вариантах 1 и 3, которые характеризовались первоначально высокой кислотностью.

Оценка морфологических параметров и продуктивности растений ивы клона Jorg вида *Salix viminalis* L. на четырех типах выработанных торфяников. На четырех опытных вариантах произвесткованных участков были высажены растения ивы клона Jorg, который отличается высокой урожайностью, устойчив к

Таблица 2. Состав золы торфа ТБЗ «Лидский» (2006 г.)

Содержание элементов в золе, %								
K ₂ O	CaO	Na	Mg	Al	Cu	Zn	Fe	Pb
2.5	35.5	2.5	3.3	5.4	0.005	0.015	4.1	0.001

Таблица 3. Характеристика кислотности почв по вариантам опыта (2006–2007 гг.)

Вариант опыта	Показатель рН	
	до внесения золы (2006 г.)	после внесения золы (2007 г.)
1	5.35	6.15
2	5.65	5.95
3	5.20	6.25
4	5.85	6.15

ряду болезней и вредителей и является одним из наиболее распространенных в Европе. Растения ивы на первом и втором вариантах опыта высажены на участках с глубиной торфа свыше 50 см, но с разной степенью его разложения, на третьем варианте – на участке смешанного торфопесчаного типа и на четвертом – на деградированных сильно минерализованных землях с нестабильной толщиной торфяного слоя и песчаными включениями (см. табл. 1).

Фактор различия характеристик опытных участков оказывал непосредственное влияние на морфологические параметры растений. К концу первого вегетационного сезона максимальные показатели высоты и диаметра стебля наблюдались у растений ивы на третьем и далее по убыванию на первом, втором и четвертом вариантах опыта (табл. 4).

Растения ивы на первом варианте опыта достоверно превосходили по высоте и диаметру

стебля растения на втором и четвертом вариантах. Показатель количества стеблей на одно растение был максимальным для третьего варианта и минимальным для четвертого.

В конце вегетационного сезона 2007 г. растения ивы срезали на высоте 10 см в соответствии с технологией, чтобы стимулировать образование новых побегов. Уборку плантации в 2010 г. проводили для растений четырехлетнего возраста, но трехлетнего срока эксплуатации плантации. Влажность древесины при заготовке составляла 45 %. Показатели прироста годичной продукции древесины ивы по вариантам опыта, рассчитанные по массе средней выборки растений, представлены в табл. 5.

Наиболее высокая величина годичного прироста древесины ивы отмечена на третьем варианте опыта на участках смешанного торфопесчаного типа, для которых характерны более высокие показатели степени разложения и зольности торфа, в результате чего улучшается доступность минеральных элементов для растений и водно-воздушный режим почв, что положительно сказывается на развитии ивы. Высота растений на этом варианте достигала 4–4.5 м (см. рисунок).

Минимальный годичный прирост древесины ивы наблюдался на втором и четвертом вариантах – соответственно 5.0 и 3.9 т/га. Причины низкой продуктивности ивы на втором варианте опыта – плохая структурированность торфяно-

Таблица 4. Морфологические показатели ивы первого года по вариантам опыта (17.10.2007). Клон Јогг. Показатели $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Вариант опыта	Высота стебля, см	Диаметр стебля, мм	Количество стеблей, шт./дерево
1	209.0 ± 3.39	12.2 ± 0.59	2.9 ± 0.32
2	185.0 ± 5.76	10.2 ± 0.40	3.0 ± 0.42
3	221.8 ± 11.77	13.0 ± 0.71	3.8 ± 0.32
4	156.0 ± 4.80	10.0 ± 0.87	2.4 ± 0.39
НСР ₀₅	12.03	0.83	0.29

Примечание. Здесь и далее НСР₀₅ – наименьшая существенная разность для 5%-го уровня значимости.

Таблица 5. Запасы биомассы древесины ивы третьего года (20.10.2010). Клон Јогг. Показатели $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Вариант опыта	Общие запасы, т · га ⁻¹		Годичная продукция, т · га ⁻¹ · год ⁻¹	
	при влажности, %			
	45	10	45	10
1	35.1 ± 2.59	22.8	11.6	7.6
2	23.5 ± 2.99	15.2	7.8	5.0
3	45.1 ± 3.52	29.3	15.0	9.9
4	18.1 ± 1.37	11.7	6.0	3.9
НСР ₀₅	6.76	–	–	–



Состояние растений ивы третьего года. Клон Jorg. Третий вариант опыта.

го слоя и анаэробные условия, тормозящие все биологические процессы в подземной сфере, в том числе и усвоение элементов питания корнями растений. Это подтверждается низкими показателями степени разложения органики и зольности торфа при сравнительно высоком содержании в почве питательных веществ, особенно азота и калия (см. табл. 1).

Причиной невысокой продуктивности ивы на четвертом варианте опыта является низкое плодородие почв из-за почти полного уничтожения торфяного слоя при разработке торфяника. Продуктивность и показатели морфологических параметров ивы на втором и особенно четвертом вариантах опыта показывают, что такие земли в дальнейшем не представляют интереса для создания энергетических древесных плантаций.

Прирост годичной продукции древесины ивы клона Jorg в наших экспериментах даже на наиболее продуктивных участках был на 2–3 т/га ниже по сравнению с показателями, полученными для этого клона при выращивании на пахотных минеральных почвах (Родькин, 2011). Следует отметить, что результаты экспериментов по выращиванию ивы на торфяных и минеральных почвах сельскохозяйственного назначения нельзя считать однозначными. В большинстве случаев исследователи отмечают преимущество минеральных почв для выращивания ивы. Например, в условиях вегетационно-

го эксперимента в пересчете на сухое вещество продуктивность ивы на торфяных субстратах была на 1 т/га ниже, чем на минеральных почвах (Hytonen, 2005). В полевых экспериментах с видами ивы *Salix viminalis* и *Salix dasyclados* также отмечено снижение продуктивности на торфяных почвах примерно на 1–2 т сухой древесины с 1 га (Hytonen, 1985; Bullard et al., 2002). И наоборот, эксперименты, проведенные в Эстонии, показали, что растения ивы хорошо развиваются на торфяных почвах и несколько превосходят по продуктивности растения, полученные на минерализованных землях (Heinsoo et al., 2002).

Одной из особенностей, характерных для выработанных торфяников, является снижение скорости роста деревьев с течением времени. Так, в условиях Среднего Урала устойчивый интенсивный рост березы наблюдается только до 20 лет, после чего он заметно снижается, и к 30-летнему возрасту бонитет понижается на целый класс. Особенно ощутимо снижение темпов роста проявляется в резком отставании среднего роста периода 20–30 лет от среднего общего (Накаряков, Назаренко, 1980). На Лидской плантации темпы роста ивы существенно снизились уже на четвертый год, что можно объяснить следующими обстоятельствами:

– растения ивы на искусственных плантациях достигали высоты 4–4.5 м уже через 3 года, в то время как в естественных фитоценозах де-

ревья березы, сосны, осины достигают таких параметров не менее чем за 10 лет;

– густота посадки ивы на искусственных плантациях составляла около 20 тыс. шт./га, т. е. площадь питания была значительно ниже, чем в естественных условиях.

В любом случае рост надземной части деревьев ограничивается слабым развитием корней, которые располагаются в верхних горизонтах и не способны обеспечить растения необходимыми элементами питания и водой для интенсивного роста на протяжении многолетнего периода. Слабое развитие корневой системы подтверждается высокой ветровальностью деревьев на выработанных торфяниках (Митченко, 2001). По мнению автора, слой торфа для устойчивости растений должен быть не менее 30–35 см.

По результатам наших исследований разработана технология возделывания ивы, которая обеспечивает урожайность древесины 9–10 т в год в пересчете на 1 га и на 10 % влажности (Родькин, 2011). К особенностям технологии относятся агротехника подготовки участка к посадке, методы обработки посадочного материала, система внесения минеральных удобрений, борьба с сорняками и др. Урожайность древесины ивы на торфяных почвах по результатам зарубежных экспериментов составляла 8.7 т/га в пересчете на 1 год и 10 % влажности (Gizińska-Górna et al., 2016).

В последующие годы заготовка древесины с короткоциклового плантации ивы проводилась с трехлетним интервалом (2013 и 2016 гг.), что является оптимальным периодом с учетом особенностей развития деревьев на выработанных торфяниках. Прирост годичной продукции древесины ивы в 2013 г. составил 8.2 т/га и в 2016 г. – 8.8 т/га в пересчете на 10 % влажности.

Оценка видовой специфичности развития растений ивы на выработанных торфяниках.

Полученные результаты, как показывают расчеты, позволяют обеспечить минимальную рентабельность посадок ивы на выработанных торфяниках (коэффициент рентабельности около 5 %). Увеличение этого показателя непосредственно связано с ростом продуктивности плантаций, одним из факторов которого может быть расширение видового ассортимента ивы для площадей такого типа. Ивы относятся к растениям с широкой экологической валентностью, и их ареал охватывает большинство стран Евразийского континента, а также США и Канаду. Род ива объединяет более 350 видов, из которых около 30 видов и гибридов произрастают в естествен-

ных экосистемах Республики Беларусь (Парфенов, Мазан, 1986). В селекционный процесс для создания быстрорастущих сортов ивы, как правило, вовлекается ограниченный ассортимент видов, таких как *Salix viminalis*, *S. schverinii* E. Wolf, и значительно реже – *S. dasyclados*, *S. triandra* L. (Caslin et al., 2012). Мониторинг объектов растительного мира на прилегающих к Лидскому экспериментальному участку территориях выявил наличие таких видов дикорастущей ивы, как *S. alba*, *S. dasyclados*, *S. aurita*, *S. purpurea* L., *S. caprea* L. и др.

Согласно экологической характеристике, эти виды ивы различаются по требованиям к факторам среды обитания. Например, вид *S. dasyclados* отличается более низкой требовательностью к кислороду и элементам минерального питания, чем *S. viminalis* (Парфенов, Мазан, 1986). *S. purpurea* способен хорошо произрастать в условиях недостаточного обеспечения влагой. *S. aurita* менее требователен к аэрации почв, чем *S. viminalis* и *S. purpurea*, поэтому может рассматриваться как перспективный для выращивания на выработанных торфяниках. Вид ивы *S. alba* представлен как древесными, так и кустарниковыми формами, менее требователен к условиям освещенности и лучше переносит затопление, чем кустарниковый вид *S. viminalis*. Для энергетических плантаций особое значение имеет образование новых стеблей после срезки основного стебля. Древесные формы *S. alba* незначительно отличаются по данному показателю от вида *S. viminalis* (Родькин и др., 2015). Кроме того, положительным фактором является высокое содержание в коре *S. alba* таких соединений, как салициловая кислота, которую можно использовать в медицинских целях, а также танинов, которые играют определенную защитную роль для растения и могут быть использованы, например, в промышленности для дубления кожи или протравливания текстильных волокон.

В аналитическом обзоре, составленном на основе исследований культивируемых для различных целей видов ив, показана их различная требовательность к условиям произрастания, в том числе на деградированных почвах (Kuzovkina, Quigley, 2005). Например, авторы отмечают, что для торфяных почв лучше подходят виды *S. dasyclados* и *S. aurita*.

В целях сравнительной оценки потенциала различных видов для создания перспективных для выработанных торфяников сортов был заложен эксперимент с клоном Jorr, *Salix viminalis*,

Таблица 6. Морфологические параметры и приживаемость четырех видов ивы после первого года выращивания. Показатели $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Вид	Высота стебля, см	Количество стеблей, шт./растение	Диаметр стебля, мм	Средняя масса растений, г	Доля выживших растений, %
<i>Salix viminalis</i>	184.4 ± 4.14	3.8 ± 0.21	15 ± 0.86	248.9 ± 7.43	78.2 ± 4.12
<i>Salix aurita</i>	176.1 ± 3.15	4.2 ± 0.18	13 ± 0.67	241.6 ± 6.28	89.4 ± 3.83
<i>Salix alba</i>	186.2 ± 5.31	3.5 ± 0.14	16 ± 0.92	249.3 ± 7.43	81.5 ± 3.13
<i>Salix dasyclados</i>	197.2 ± 5.45	4.2 ± 0.19	16 ± 1.01	257.0 ± 8.31	82.5 ± 3.19
НСР ₀₅	6.63	0.37	1.49	12.20	6.20

а также перспективными гибридами польской селекции видов *S. alba*, *S. dasyclados* и *S. aurita*.

Результаты измерения морфологических параметров и приживаемости растений ивы в конце вегетационного периода представлены в табл. 6.

Наиболее значительные показатели по большинству морфологических параметров наблюдались у растений ивы вида *S. dasyclados*, которые достоверно превосходили (например, по высоте стебля) растения других видов. Быстрый рост обеспечивает конкурентоспособность ивы с сорняками, особенно в начальный период после посадки, что является важным фактором для выработанных торфяников. Самые низкие показатели морфологических параметров отмечены для вида *S. aurita*. Ивы этого вида не отличаются интенсивным ростом и развитием и поэтому практически не используются в селекционном процессе для выведения быстрорастущих форм.

Обращает на себя внимание такой показатель, как доля выживших растений. Выпадение части высаженных экземпляров в течение первого сезона вегетации – одна из проблем для культивирования ивы в сложных экологических условиях, в том числе на деградированных землях. Поэтому включение вида *S. aurita* в процесс производства новых сортов, устойчивых к нестабильному водно-воздушному режиму почв, можно считать перспективным направлением для исследований. Таким образом, интерес для дальнейшей селекционной работы, направленной на получение клонов ивы, более адаптированных для выращивания и потенциально урожайных на выработанных торфяниках, представляют виды *S. dasyclados* и *S. aurita*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Площади земель выработанных торфяных месторождений составляют сотни тысяч гектаров, и проблема их рекультивации может быть частично решена путем создания искусственных

плантаций быстрорастущих древесных культур. Эксперименты, проведенные в ряде зарубежных стран, показали, что ключевой проблемой с учетом вариабельности земель такого типа является выбор участков, потенциально пригодных для создания короткоцикловых плантаций. По результатам наших экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Более высокий прирост годичной продукции биомассы ивы получен на участках с хорошо разложившимся торфяным слоем или на землях смешанного торфопесчаного типа. Непригодными для создания энергетических плантаций ивы являются слаборазложившиеся торфяники даже при сравнительно высокой толщине остаточного торфяного слоя или деградированные сильно минерализованные земли. Прирост годичной продукции ивы на лучших участках составил 8–10 т/га в пересчете на 10 % влажности, что несколько уступает показателям, полученным на более плодородных минеральных землях.

2. Одним из потенциальных факторов для увеличения продуктивности плантаций ивы является использование сортов, созданных на основе видов, более приспособленных к выработанным торфяникам. Эксперименты показали, что интерес для дальнейшей селекционной работы представляют виды *S. dasyclados* (растения отличаются высокой продуктивностью) и *S. aurita* (лучше приживаются после посадки).

3. Одной из проблем при использовании выработанных торфяников является их высокая кислотность. Внесение золы торфа при подготовке площадей для посадки ивы в объеме 10 т/га обеспечило снижение кислотности почв на 0.30–1.05 ед. рН в зависимости от участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бамбалов Н. Н. Современное состояние и перспективы использования торфяного фонда Беларуси // Природ. ресурсы. 2000. № 3. С. 5–15.
- Галкина А. А. Выработанные торфяники западных районов УССР, их свойства, окультуривание и повы-

- шение эффективного плодородия: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Ровно: Укр. ин-т инж. водн. хоз-ва, 1974. 29 с.
- Дмитриева О. М.* Освоение под сельскохозяйственные культуры остаточного слоя торфа низинных болот Северо-Западной зоны при их комплексном использовании: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Л., 1971. 22 с.
- Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Инишева Л. И., Аристархова В. Е., Порохина Е. В., Боровкова А. Ф.* Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2007. 185 с.
- Инишева Л. И., Маслов С. Г.* Роль торфяных ресурсов в стратегии устойчивого развития // Тр. Ин-та торфа. 2013. № 8(61). С. 3–10.
- Мееровский А. С.* Состояние и перспективы сельскохозяйственного использования торфяных почв // Природ. ресурсы. 1997. № 2. С. 31–40.
- Митченко А. П.* Водный режим почв и рост сосново-еловых насаждений на выработанном торфянике: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. СПб.: СПб. гос. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова, 2001. 16 с.
- Накаряков А. В., Назаренко В. В.* О естественном возобновлении леса на выработанных торфяниках Среднего Урала // Растения и промышленная среда. Сб. 7. Свердловск: Уральск. гос. ун-т, 1980. С. 96–100.
- Ниценко А. А.* Растительность выработанных торфяников как индикатор их сельскохозяйственной ценности // Агрочувствительные и геоботанические исследования Северо-Запада СССР. Сб. ст. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1965. 18 с.
- Парфенов В. И., Мазан И. Ф.* Ивы (*Salix* L.) Белоруссии: таксономия, фитоценология, ресурсы. Минск: Наука и техника, 1986. 167 с.
- Парфенов В. И., Рыковский Г. Ф.* К вопросу о динамике флоры и растительности низинных болот Полесья под влиянием мелиорации // Типология и биология естественных и искусственных фитоценозов. Сб. науч. тр. Минск: Наука и техника, 1974. С. 142–161.
- Родькин О. И.* Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. 212 с.
- Родькин О. И., Крстич Б., Орлович С.* Селекция новых сортов быстрорастущей ивы // Наука и инновации. 2015. Т. 3. № 145. С. 69–72.
- Скоропанов С. Г.* Избранные труды / Под ред. В. Г. Гусакова. Минск: Белорусская наука, 2010. 468 с.
- Сукачев В. Н.* Избранные труды. В 3 т. / Под ред. Е. М. Лавренко. Т. 2. Проблемы болотоведения, палеоботаники и палеогеографии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1973. 352 с.
- Черкасов А. Ф., Буткус В. Ф., Горбунов А. Б.* Клюква. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 214 с.
- Abrahamson L. P., Volk T. A., Kopp R. F., White E. H., Ballard J. L.* Willow biomass producer's handbook (rev.). State Univ. N. Y., Coll. Environ. Sci & For., Syracuse, N. Y., 2002. 31 p.
- Bullard M. J., Mustill S. J., McMillan S. D., Nixon P. M. I., Carver P., Britt C. P.* Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. 1. Yield response in two morphologically diverse varieties // Biomass & Bioenergy. 2002. V. 22. Iss. 1. P. 15–25.
- Cooper D. J., MacDonald L. H.* Restoring the vegetation of mined peatlands in the Southern Rocky Mountains of Colorado, U.S.A. // Restoration Ecol. 2000. V. 8. N. 2. P. 103–111.
- Caslin B., Finnan J., McCracken A.* Willow varietal identification guide // Teagasc Crops Res. Centre; Agri-Food and Biosciences Inst., Carlow, Ireland, Sept. 2012. 67 p.
- Dimitriou I., Aronsson P.* Willows for energy and phytoremediation in Sweden // Unasylva. 2005. V. 56. N. 221. P. 47–50.
- Gizińska-Górna M., Czekala W., Józwiakowski K., Lewicki A., Dach J., Marzec M., Pytka A., Janczak D., Kowalczyk-Juško A., Listosz A.* The possibility of using plants from hybrid constructed wetland wastewater treatment plant for energy purposes // Ecol. Engineering. 2016. V. 95. P. 534–541.
- Guittouny-Larchevêque M., Bussière B., Pednault C.* Tree-substrate water relations and root development in tree plantations used for mine tailings reclamation // J. Environ. Quality. 2016. V. 45. P. 1036–1045.
- Heinsoo K., Sild E., Koppel A.* Estimation of shoot biomass productivity in Estonian *Salix* plantations // For. Ecol. & Manag. 2002. V. 170. Iss. 1–3. P. 67–74.
- Hytonen J.* Stability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands // Bioenergy 84: Proc. Int. Conf. Bioenergy, Goteborg, Sweden, June, 1984. Elsevier Appl. Sci. 1985. V. 2. P. 114–118.
- Hytonen J.* Effects of liming on the growth of birch and willow on cut-away peat substrates in greenhouse // Baltic Forestry. 2005. V. 11. N. 2 (21). P. 68–74.
- Kovalchik B. L.* Growth and yield of willows in central Oregon compared to reports in world literature // Proc. Symp. Ecol. Manag. Riparian Shrub Commun., Sun Valley, ID, May 29–31, 1991. USDA For. Serv., Intermountain Res. St., Gen. Tech. Rep. INT-289, Aug., 1992, Ogden, UT, USA, 1992. P. 83–88.
- Kuzovkina Yu. A., Quigley M. F.* Willows beyond wetlands: uses of *Salix* L. species for environmental projects // Water, Air, and Soil Pollut. 2005. V. 162. Iss. 1–4. P. 183–204.
- Law D. J., Marlow C. B., Mosley J. C., Custer S., Hook P., Leinard B.* Water table dynamics and soil texture of three riparian plant communities // Northwest Sci. 2000. V. 74. N. 3. P. 234–241.
- Mosiej J., Karczmarczyk A., Wyporska K., Rodzkin A.* Biomass production in energy forests: short rotation plantations // Rural Development and Land Use Ecosystem Health and Sustainable Agriculture 3 / L. Ryden and I. Karlsson (Eds.), The Baltic Univ. Program., Uppsala Univ., Uppsala, Sweden, 2012. P. 196–202.

Rodzkin A., Kundas S., Wichtmann W. Life cycle assessment of biomass production from drained wetlands areas for composite briquettes fabrication // *Energy Procedia*. 2017. V. 128. P. 261–267.

Schweier J., Becker G. Harvesting of short rotation coppice – harvesting trials with a cut and storage system in Germany // *Silva Fenn.* 2012. V. 46. N. 2. P. 287–299.

AN EXPERIENCE OF CREATION ARTIFICIAL SHORT ROTATION COPPICE WILLOW PLANTATIONS ON WETLANDS AFTER PEAT MINING

A. I. Rodzkin

*Belarusian National Technical University
Prospect Nezavisimosti, 65, Minsk, 220013 Republic of Belarus*

E-mail: aleh.rodzkin@rambler.ru

The area of drained lands after peat mining in Russia is about 1 million ha and in Belarus 200 thousand ha. The lands after peat mining have poor fertility and different environmental characteristics. Successful forest planting on this lands are limited by high acidity, low depth and decomposition of peat layer and bad availability of mineral nutrients. One of the perspective directions is creation of short rotation coppice plantations of trees, such as willow, poplar and black alder. The wood of those trees may be used as a renewable source of energy. The purpose of our experiments was to estimate an efficiency of creation short rotation willow coppice plantations on the lands after peat mining. Experiments were conducted in Grodno Oblast of the Republic of Belarus. Experimental plots were planted on four types of soils with different layer and decomposition of peat and different agrochemical characteristics. Willow plants on the plots with shallow peat layer with bad peat decomposition were growing slowly and the height of plants after three years (the time of harvesting) was about 2–2.5 m. Height of willow plants on the plots with deep peat layer and with good decomposition and structure of peat after three years was 4–4.5 m. The yield of wood from these plots was 9–10 ton per ha per year in dry matter calculation. This yield was not much lower with compare to yield of willow on mineral soils. The wood from plantations (10 ha of area) were using by peat factory as a renewable biomass for energy. It is possible to increase yield of willow on the base of introduction species, which are adapted to wetlands like *Salix dasyclados* Wimm. The productivity of *Salix dasyclados* in our experiments was higher to compare to *Salix viminalis* L., which usually is used for selection of fast growing clones. The acidity of wetlands decreased on 0.30–1.05 pH after application of 10 tons of peat and it amounted to 5.95–6.25 pH in depends of variant.

Keywords: *lands after peat mining, afforestation, short rotation coppice plantations, willow, biofuel.*

How to cite: Rodzkin A. I. An experience of creation artificial short rotation coppice willow plantations on wetlands after peat mining // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 3. P. 83–92 (in Russian with English abstract).