

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*232.32:631.6

Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, Т. В. Нуреева

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Приведены результаты исследований по применению нетрадиционных удобрений из органических отходов для мелиорации дерново-подзолистых почв лесных питомников. Установлено, что внесение нетрадиционных органических удобрений не приводит к накоплению солей тяжелых металлов в почвах питомников, улучшает физико-химические свойства почв, а применение оптимальных доз удобрений позволяет получить гармонично развитый, стандартный посадочный материал. Эффективность применения нетрадиционных органических удобрений повышается при их комплексном использовании с другими мелиорантами (песком и глиной).

Ключевые слова: *лесные питомники; мелиорация почвы; нетрадиционные органические удобрения; сеянцы; саженцы.*

Введение. Одной из основных задач лесохозяйственной деятельности является увеличение продуктивности лесов путем оптимизации условий их воспроизводства, что предусматривает и выращивание высококачественного посадочного материала в достаточном количестве. Этого невозможно добиться без применения мелиорации почв лесных питомников. В современных рыночных условиях высокая стоимость традиционных органических и минеральных удобрений ограничивает возможность своевременного восстановления плодородия почв питомников. Необходимость мелиорации почв лесопи-

томников, как правило, возникает после их интенсивной эксплуатации в течение длительного времени. В связи с применением минеральных удобрений, пестицидов, машин и механизмов происходят не только процессы ухудшения агрохимических свойств почвы, но и негативные изменения в количественном и качественном составе почвенной микрофлоры. В конечном итоге в ряде случаев становится невозможным обеспечение планового выхода посадочного материала. Возникает дилемма: закрытие постоянных со сформированной инфраструктурой лесопитомников и организация их на новой

территории либо проведение комплексной мелиорации слабокультуренных и деградированных почв. Для этих целей в настоящее время существует возможность использования органических отходов и продуктов на их основе как наиболее дешевого и невостребованного сырья.

По данным Росприроднадзора [1], на территории Российской Федерации ежегодно образуется от 2,0 до 3,9 млрд. тонн отходов производства и потребления. При этом только от 39,7 до 59,7 % из них перерабатывается в полезную продукцию и обезвреживается. Существенные объемы отходов накапливаются и требуют принятия мер по их переработке и утилизации. При этом они располагаются локально, вблизи мест образования, нанося непоправимый ущерб состоянию окружающей среды. Значительная доля отходов относится к органическим. Многие из них обладают полезными свойствами [2]: содержат большое количество органического вещества, элементов минерального питания, могут быть переработаны в органические удобрения и использованы для мелиорации почв лесных питомников.

Цель исследований заключалась в оценке эффективности влияния нетрадиционных удобрений на основе органических отходов на плодородие дерново-подзолистых почв, рост сеянцев и саженцев древесных растений в лесных питомниках.

Решаемые задачи:

- изучить агролесозокологические вопросы влияния нетрадиционных органических удобрений на свойства дерново-подзолистых почв, в том числе транслокацию подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю;
- оценить влияние дозы внесения нетрадиционных органических удобрений на водно-физические и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв лесных питомников;
- определить оптимальные дозы внесения нетрадиционных удобрений в дер-

ново-подзолистые почвы лесных питомников по отзывчивости сеянцев и саженцев древесных растений;

- выявить возможность применения нетрадиционных органических удобрений в комплексе с другими мелиорантами для комплексной мелиорации деградированных дерново-подзолистых почв лесных питомников путем агрохимической диагностики и изучения отзывчивости сеянцев и саженцев древесных растений.

Объект и методика исследований. Объектом исследований являлось комплексное воздействие нетрадиционных удобрений из органических отходов, в том числе с другими мелиорантами (песок, глина) на физико-химические свойства дерново-подзолистых почв лесных питомников, рост сеянцев и саженцев древесных растений. Опытные объекты по изучению влияния нетрадиционных органических удобрений на агроценозы, рост сеянцев и саженцев древесных растений располагались в Мушмаринском (поля № 1, 3, 7), Кокшайском (поле № 22) лесных питомниках, питомниках Ботанического сада института и Учебно-опытного лесхоза Поволжского государственного технологического университета.

С целью определения влияния дозы внесения нетрадиционных органических удобрений (НОУ) на физико-химические свойства почв, рост и развитие сеянцев и саженцев древесных растений удобрения различного состава вносились в дозах от 15 до 480 т/га, контрольными служили участки, куда мелиоранты не вносились. Площадь каждой повторности – 2 м². Между делянками были оставлены защитные зоны. Внесение удобрений, посев семян или посадка сеянцев, агротехнические мероприятия по выращиванию растений выполнялись вручную.

Для подтверждения результатов, полученных в мелкоделяночных опытах, и подтверждения эффективности нетрадиционных удобрений на больших площадях были заложены опытно-производст-

венные экспериментальные участки на полях № 1, 3, 10, 23 Мушмаринского лесного питомника и в Кокшайском лесопитомнике. Они включали два варианта: I – контрольный, II – внесено 120 т/га нетрадиционного удобрения. Площадь одной делянки составляла 50 м². По ширине участка располагались шесть полных посевных лент длиной 5 м. Между делянками были оставлены контрольные участки площадью 50–100 м². Повторность данных опытов также трехкратная. Мелиоранты на опытно-производственных участках вносились осенью по черному пару в год, предшествующий посеву. Все технологические мероприятия выполнялись в соответствии с принятыми в лесных питомниках технологиями выращивания посадочного материала.

Для изучения влияния нетрадиционных удобрений на биометрические показатели семян производилась их выкопка по методу «глыбки» [3] на однометровых отрезках, расположенных на каждой повторности опыта, а затем увязывались в пучки. Грунтовая всхожесть семян на опытных участках определялась путем проведения пересчетов каждые 3 – 4 дня с момента появления всходов на однометровых отрезках, отграниченных кольщиками. Погибшие сеянцы убирались.

Исследования влияния нетрадиционных органических удобрений на агрохимические показатели почв включали отбор смешанных проб почвы по ГОСТ 17.4.3.01. Физические и агрохимические свойства почвы были определены по общепринятым методикам: влажность – по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08, плотность сложения почвы – по методу Качинского, гранулометрический состав – по методу пипеток, подвижный фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ 26207), гумус – по методу И. В. Тюрина (ГОСТ 26213), азот аммонийный – по ГОСТ 26489, нитратный – ионометрическим методом (ГОСТ 26951), щелочно-гидролизующий – по методике Казанского филиала ЦИНАО по

Корнфильду, гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований – соответственно по ГОСТ 26212 и ГОСТ 27821, гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований – по ГОСТ 26212 и ГОСТ 27821 соответственно, кислотность – по ГОСТ 26484. Содержание подвижных форм тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом (РД 52.18.289-90 и ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02). Планируемое количество измерений и анализов, как правило, обеспечивает достоверность полученных данных на 5 %-ном уровне значимости.

Результаты исследований. В состав некоторых видов НОУ входят компоненты, содержащие нежелательные ингредиенты, в том числе соли тяжелых металлов (ТМ). Установлено, что через четыре года после внесения нетрадиционных удобрений на основе осадков сточных вод (ОСВ) и гидролизного лигнина (ГЛ) в дерново-подзолистую легкосуглинистую почву проникновение солей ряда ТМ отмечено лишь до глубины 60 см (рис. 1).

При исследовании последствий внесения аналогичного органического удобрения в супесчаную почву установлено достоверное увеличение в верхнем пахотном горизонте 0–20 см содержания Ni, Zn и Mn на второй год после его внесения ($F_{\text{факт.}}=8,42...211,4 > F_{\text{табл.}}=8,00$). В нижележащих слоях почвы содержание ТМ на участке с внесением нетрадиционного мелиоранта не превышало фоновое (табл. 1).

Кроме того, было выявлено, что более половины общего содержания солей металлов (38,70–70,92 %) находится в верхнем слое почвы. Наряду с этим, ТМ на контрольных участках подвергаются вымыванию в нижние горизонты в большой степени. Это особенно характерно для никеля, меди и свинца, содержание которых в слое почвы 40–60 см данных участков максимальное и составляет соответственно 45,3; 66,7 и 48,3 % от суммы в горизонте 0–60 см. В нетрадиционном удобрении из изученных элементов преобладали

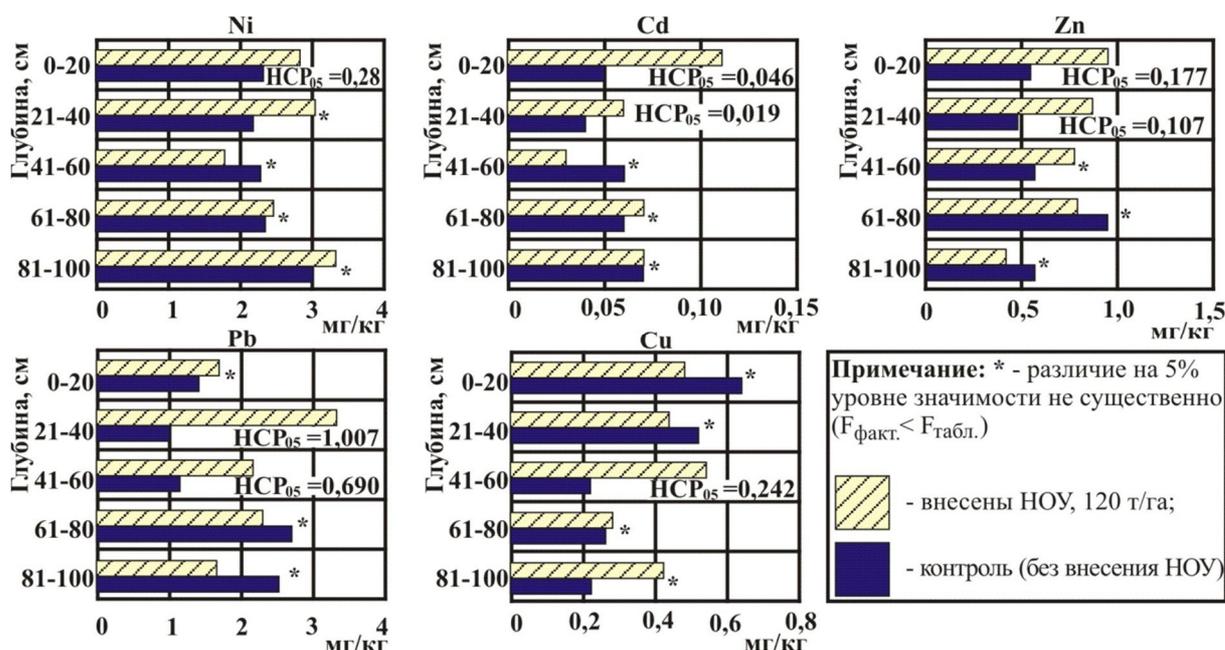


Рис. 1. Транслокация тяжелых металлов по профилю дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при внесении 120 т/га НОУ (Мушмаринский лесопитомник)

Таблица 1

Влияние внесения нетрадиционного удобрения на содержание тяжелых металлов в различных горизонтах дерново-подзолистой супесчаной почвы (поле №1 Мушмаринского лесопитомника)

Тяжелые металлы	Почвенный горизонт, см	Содержание тяжелых металлов при дозе внесения нетрадиционного удобрения, мг/кг		HCP ₀₅
		0 т/га	120 т/га	
Кадмий	0-20	0,13	0,23	*
	20-40	0,12	0,09	*
	40-60	0,03	0,08	*
	HCP ₀₅	0,05	*	-
Никель	0-20	0,67	2,20	0,95
	20-40	0,85	1,20	*
	40-60	1,26	0,70	*
	HCP ₀₅	*	0,62	-
Цинк	0-20	1,88	3,43	1,08
	20-40	1,02	1,80	*
	40-60	0,98	1,18	*
	HCP ₀₅	*	0,98	-
Медь	0-20	0,63	0,63	*
	20-40	0,33	0,55	*
	40-60	1,92	0,45	*
	HCP ₀₅	*	*	-
Марганец	0-20	11,8	33,5	2,22
	20-40	7,63	9,53	*
	40-60	3,30	4,20	*
	HCP ₀₅	3,34	2,63	-

Примечание: * – различие на 5 % уровне значимости не существенно ($F_{факт} < F_{табл.}$).

цинк, никель и марганец, что подтверждается превышением их содержания в верхнем слое почв опытных участков над контрольными. Однако при однократном внесении удобрения в дозе 120 т/га превышения ПДК ни по одному из данных элементов не отмечено.

Исследования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, куда были внесены 120 т/га НОУ из ГЛ и ОСВ с различным соотношением компонентов, показали, что при увеличении в их составе доли отходов, загрязненных тяжелыми металлами (например, ОСВ), возрастает валовое содержание ТМ в пахотном горизонте почвы. По сравнению с контролем достоверное на 5%-ном уровне значимости повышение содержания в пахотном горизонте Cu и Ni наблюдается при соотношении ГЛ и ОСВ по массе как 1:2,5, Zn и Mn – 1:5,0, Cd – 1:10,0 и выше.

Повышение дозы внесения НОУ может повлечь за собой увеличение концентрации солей тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы. Так, при внесении различных доз НОУ на основе ОСВ г. Йошкар-Олы и опилок в дерново-подзолистую суглинистую почву произошло увеличение содержания кадмия, меди и цинка, но существенное на 5 %-ном уровне значимости отличие в содержании ТМ отмечено только при повышенных дозах внесения 240 и 480 т/га.

В силу того, что большая часть ТМ концентрируется в верхних горизонтах почвы, при выкопке посадочного материала происходит их вынос с растениями и

почвой на корневой системе. Это позволяет очистить почву (табл. 2).

Несмотря на это, нормирование доз внесения НОУ обязательно. По специальной формуле [4] был проведен расчет экологически безопасной дозы НОУ на основе ГЛ и ОСВ в дерново-подзолистые почвы. Экологически безопасная доза внесения удобрения в легкосуглинистую почву по никелю составляет 48,2 т/га по сухому веществу (в туках – около 137,7 т/га), супесчаную по кадмию – 142,2 т/га (в туках – около 406,7 т/га) один раз в пять лет. По остальным ТМ расчетная доза оказалась значительно выше.

С увеличением дозы внесения НОУ, независимо от доли участия в его составе отходов, относящихся к различным категориям [5], возрастает влажность верхнего десятисантиметрового слоя в засушливые периоды и снижается плотность сложения пахотного горизонта дерново-подзолистых почв. Плотность сложения достигает оптимальных значений (1,00–1,15 г/см³) при дозе внесения 240 т/га и выше в легкосуглинистые и до 120 т/га в песчаные и супесчаные почвы.

Состав и виды компонентов НОУ влияют на плотность сложения почвы. На основе многолетних наблюдений и испытаний нетрадиционных органических удобрений при мелиорации дерново-подзолистых почв лесных питомников были получены математические модели влияния внесения НОУ на плотность сложения пахотного горизонта дерново-подзолистых почв:

Таблица 2

Влияние внесения НОУ (120 т/га) на содержание солей тяжелых металлов в пахотном горизонте легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы (Мушмаринский лесопитомник)

Доза внесения НОУ	Содержание солей тяжелых металлов									
	до (1) и после (2) выкопки сеянцев сосны обыкновенной, мг/кг									
	Кадмий		Никель		Свинец		Медь		Цинк	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
120 т/га	0,54	0,11	2,83	2,04	10,50	1,68	1,68	0,42	4,08	0,94
Контроль (0 т/га)	0,27	0,05	2,32	1,97	9,00	1,40	1,22	0,22	2,33	0,54
<i>НСП₀₅</i>	0,23	0,05	0,28	*	*	*	*	*	0,73	0,18
<i>ПДК</i>	2,0		4,0		6,0		3,0		23,0	

Примечание: * – различие на 5 % уровне значимости не существенно ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$).

- для песчаных почв $y = \rho_0 \cdot \exp(-0,00075 \times (d \cdot b \cdot \rho)^{0,75})$;
 - для супесчаных почв $y = \rho_0 \cdot \exp(-0,0001 \times (d \cdot b \cdot \rho)^{0,98})$;
 - для легкосуглинистых почв $y = \rho_0 \cdot \exp(-0,0006 \cdot (d \cdot b \cdot \rho)^{0,42})$,
 где ρ_0 – первоначальная плотность сложения почвы, г/см³; d – доза внесения НОУ, т/га; b – доля отходов категории I (наполнителя) [5] в составе НОУ, %; ρ – насыпная плотность отходов категории I (наполнителя) в составе НОУ, г/см³.

Повышение дозы внесения НОУ оказывает влияние на агрохимические показатели почвенного плодородия: увеличивается содержание гумуса, азота и фосфора, снижается ее кислотность (рис. 2). Большинство из них достигают близких к

оптимуму [6] значений при дозе 80 – 120 т/га (30 – 45 т/га по сухому веществу).

При использовании нетрадиционных удобрений в качестве почвенных мелиорантов нужно учитывать их состав и содержание элементов минерального питания в исходных компонентах. Установлено, что для дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава нужно применять компосты с долей органических отходов категории II в их составе по массе не менее 28 % (рис. 3), а для мелиорации более богатых суглинистых почв доля отходов категории II в составе компоста должна быть увеличена до 75 % и более. В этом случае содержание элементов минерального питания растений в почве повысится.

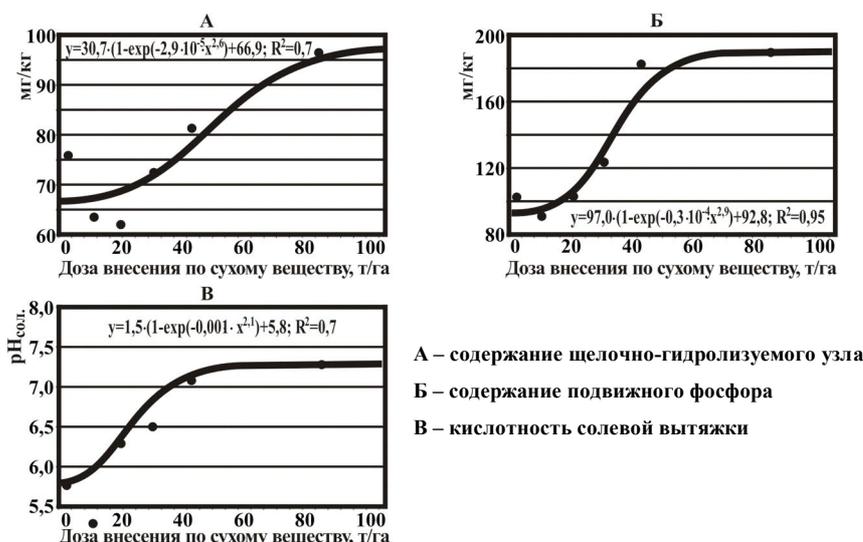


Рис. 2. Влияние дозы внесения НОУ из ОСВ и ГЛ (соотношение по массе 1,7:1) на агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (Питомник Ботанического сада-института ПГТУ)

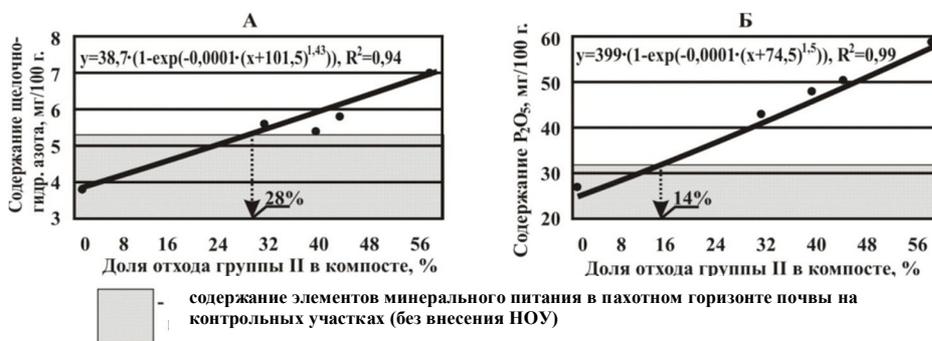


Рис. 3. Влияние доли отходов группы II (субстрата) в составе НОУ на содержание подвижных форм азота и фосфора в пахотном горизонте дерново-подзолистой супесчаной почвы (Мушмаринский лесопитомник)

Оптимальных показателей почвенного плодородия можно достигнуть в короткие сроки за счет комплексного применения НОУ с другими мелиорантами. Внесение одного песка дозой 450 м³/га в среднесуглинистую почву снизило содержание частиц илистой фракции на 5,26 %. Одновременное использование НОУ (на основе ОСВ и ГЛ) и песка позволило довести содержание физической глины в пахотном горизонте до оптимальных показателей – 19,4 %. Для улучшения физических свойств легкосуглинистой почвы оказалось достаточным внесение одного НОУ. По доле наличия фракции «физическая глина» почва приблизилась к категории супесчаных. Следует отметить, что пескование тяжелых почв, как отдельный агроприем, способствует снижению оструктуренности почвы, а совместное использование мелиорантов не привело к какому-либо достоверному изменению структурного состава пахотного горизонта дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Использование нетрадиционного удобрения и песка в комплексе позволяет оптимизировать значение плотности сложения пахотного горизонта.

Для мелиорации почв легкого гранулометрического состава эффективно проведение глинования [7]. Это позволяет оптимизировать водно-физические свойства пахотного горизонта песчаных и супесчаных почв (табл. 3).

Применение НОУ в комплексе с другими мелиорантами позволяет существенно изменить агрохимические показатели почв. Внесение НОУ в дозе 120 т/га обеспечило повышение содержания органического вещества в песчаной почве на 1,0, в супесчаной – на 1,8, легкосуглинистой – на 1,6, а в среднесуглинистой – на 2,1 %, подвижного фосфора в 1,7; 1,9; 1,2 и 1,5 раза соответственно. Уровень содержания нитратного азота также повышается в 1,7–5,3 раза по сравнению с контролем. На содержание обменного калия этот агроприем влияния не оказал. Наблюдается снижение гидролитической кислотности, рН_{сол.} почвенного раствора приближается к нейтральным значениям (табл. 4). Совместное использование НОУ и глины для мелиорации легких по гранулометрическому составу почв еще в большей степени позволило повысить содержание органического вещества, но привело к снижению содержания элементов минерального питания растений в пахотном горизонте. Применение пескования, как отдельного агроприема, при мелиорации среднесуглинистой почвы, напротив, приводит к снижению содержания органического вещества, а также элементов минерального питания. Комплексное внесение НОУ и песка позволяет повысить агрохимические показатели тяжелых почв.

Таблица 3

Влияние приемов мелиорации на водно-физические свойства пахотного горизонта дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава

Внесено		Супесчаные почвы (Мушмаринский лесопитомник)		Песчаные почвы (Кокшайский питомник)	
НОУ, т/га	глина, м ³ /га	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Плотность сложения, г/см ³					
Контроль (без мелиорантов)		1,28	1,44	1,31	1,34
120	0	1,08	1,26	1,08	1,28
120	400	1,07	1,10	1,18	1,27
0	400	-	-	1,26	1,35
НСР ₀₅		0,07	0,11	0,071	*
Влажность, %					
Контроль (без мелиорантов)		11,70	10,80	3,53	5,00
120	0	16,60	17,10	4,59	3,98
120	400	22,04	24,71	7,49	7,41
0	400	-	-	7,98	9,62
НСР ₀₅		2,33	3,93	1,798	3,173

Примечание: * – различия на 5 % уровне значимости не существенны ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$).

Таблица 4

**Влияние внесения глины, песка и нетрадиционных органических удобрений
на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв**

Внесено			Органич. вещ- во, %	Гидролитич. кислотность	Сумма поглощен. оснований	P_2O_5	K_2O	$N-NO_3$
НОУ, т/га	глина, м ³ /га	песок, м ³ /га						
песчаные почвы (Кокшайский лесопитомник)								
Контроль			0,7	1,6	1,4	14,6	6,7	0,3
120	0	-	1,7	0,3	41,4	24,4	4,8	1,6
120	100	-	1,5	0,3	38,0	24,3	6,1	0,8
120	200	-	1,8	0,3	37,6	21,9	7,0	1,2
120	400	-	2,0	0,3	40,8	20,2	6,7	1,0
120	800	-	1,8	0,3	41,9	20,4	7,1	1,1
НСР ₀₅			0,52	0,24	9,80	1,26	*	0,27
супесчаные почвы (Мушмаринский лесопитомник)								
Контроль			4,1	0,9	7,6	19,5	15,9	0,17
120	0	-	5,9	0,8	10,1	36,1	14,6	0,16
120	100	-	7,5	0,6	11,3	38,3	13,7	0,13
120	200	-	6,6	0,7	11,7	30,9	13,6	0,16
120	400	-	8,9	0,7	15,3	24,6	13,0	0,15
НСР ₀₅			0,60	*	1,06	4,83	*	*
легкосуглинистые почвы (Мушмаринский лесопитомник)								
Контроль			2,1	1,4	8,6	12,9	76,8	1,9
120	-	-	3,7	1,1	25,4	15,6	83,2	3,2
НСР ₀₅			1,15	*	16,51	2,17	*	0,94
среднесуглинистые почвы (Мушмаринский лесопитомник)								
Контроль			3,3	3,8	20,2	17,9	11,8	1,9
0	-	450	2,0	2,1	14,5	15,2	9,5	7,3
120	-	0	5,4	0,7	40,3	27,6	12,1	7,4
120	-	450	3,0	0,5	27,1	18,5	9,5	4,6
НСР ₀₅			1,20	0,73	5,66	4,65	2,01	3,36

Примечание: * – различия на 5% уровне значимости не существенны ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$).

Таблица 5

**Оптимальные дозы внесения нетрадиционных органических удобрений в дерново-подзолистые
почвы лесных питомников при выращивании сеянцев и саженцев хвойных пород**

Почвы	Оптимальная доза внесения НОУ, т/га		
	Сосна обыкновенная	Лиственница сибирская	Ель европейская
Песчаные	80-100	-	-
Супесчаные	50	-	-
Легкосуглинистые	100	150	50-80
Среднесуглинистые	-	-	150

Изменение физико-химических показателей почв лесных питомников при использовании мелиорантов, в том числе и нетрадиционных органических удобрений, оказывает влияние на рост сеянцев и саженцев древесных растений. Установлено, что с увеличением дозы внесения нетрадиционных удобрений возрастают

как линейные, так и весовые показатели выращиваемого посадочного материала. Однако после прохождения оптимума, значение которого зависит от вида древесных растений, типа почвы и характеристик нетрадиционных удобрений, начинается их снижение. Методом регрессионного анализа были установлены зави-

симости линейного роста и накопления биомассы отдельных органов молодых древесных растений от доз внесения НОУ в почву с использованием функции вида $y=kx^{(b-1)} \cdot \exp(-cx^b)+a$. По средним значениям оптимальных доз внесения были получены рекомендуемые дозы внесения нетрадиционных удобрений, обеспечивающих наиболее интенсивный рост посадочного материала основных лесобразующих пород и их выход с единицы площади посева или школьного отделения лесного питомника (табл. 5).

Нетрадиционные органические удобрения получают путем смешения различных компонентов, различающихся по своим свойствам, с последующим компостированием. При этом, доля каждого компонента в компосте может зависеть от различных факторов: влажности отходов, содержания нежелательных ингредиентов (например, тяжелых металлов), питательных элементов, в первую очередь азота, соотношения в компостной смеси азота и углерода.

Исследованиями установлено, что эффективность нетрадиционных удобрений напрямую зависит от их состава. В

случае, если рецепт компостируемой смеси включает менее 29,6–50,9 % отходов, относящихся к категории II (субстрат), применение НОУ на легких по гранулометрическому составу почвах будет не эффективным (рис. 4). Отдельные органы сеянцев сосны отстают в росте и растения развиваются не гармонично.

При применении НОУ различного состава для мелиорации легкосуглинистых почв выявлено, что большей высотой стволика отличались двухлетние сеянцы сосны, выращенные на участках с внесением компоста, включающего 60 % отходов категории II. Они превышали высоту сеянцев, выращенных на контроле, в 1,4 и 1,3 раза при использовании компоста с 95 % отходов категории II (рис. 5). Максимальные значения диаметра шейки корня и текущего прироста также были у сеянцев, выращенных на участках с внесением нетрадиционного удобрения с 60 % отходов категории II. Существенных различий по длине корневой системы между вариантами опыта доказано не было ($t_{\text{факт.}} < t_{\text{табл.}}$), но наблюдается тенденция к ее увеличению при внесении НОУ с 60 % отходов категории II в составе.

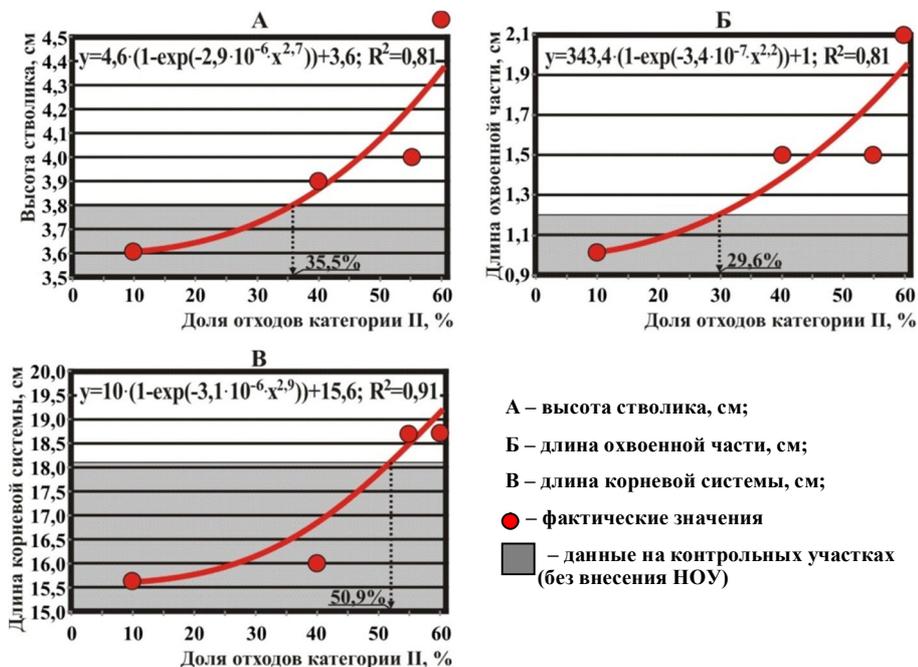
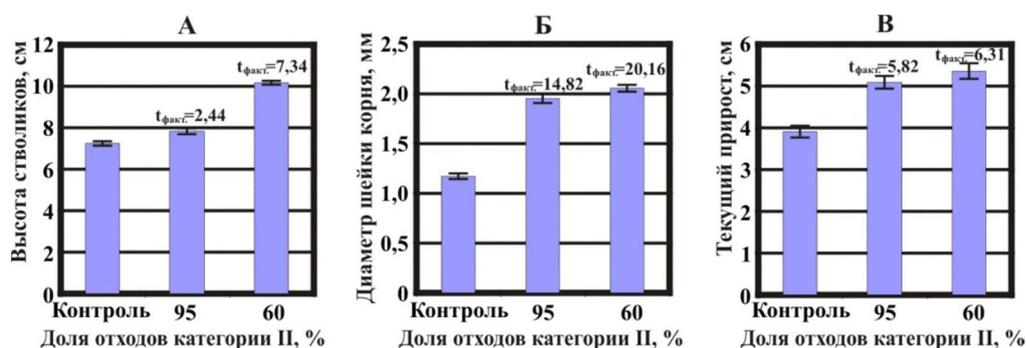


Рис. 4. Зависимость роста однолетних сеянцев сосны обыкновенной от доли отходов категории II в составе НОУ, вносимого в дозе 120 т/га в дерново-подзолистую песчаную почву (Кокшайский лесопитомник)



А – высота стволика, см; Б – диаметр шейки корня, мм; В – текущий прирост, см; \square – ошибка среднего (mх); t_{факт.} – фактический t-критерий Стьюдента при t_{табл.}=1,96

Рис. 5. Влияние внесения 120 т/га НОУ различного состава в дерново-подзолистую легкосуглинистую почву на рост сеянцев сосны обыкновенной (лесной питомник филиала ПГТУ «Учебно-опытный лесхоз»)

Таким образом, для мелиорации легких по гранулометрическому составу почв рекомендуется использовать компосты с содержанием отходов категории II (субстрата) не менее 50 %, а почв с высоким содержанием агрегатов, относящихся к илистой фракции, в составе компоста должно быть более 40 % отходов категории I (наполнителя). Это позволит оптимизировать свойства почвы и получать более гармонично развитый посадочный материал в лесных питомниках, а за счет этого обеспечивать высокую приживаемость и его ускоренный рост в культурах и на плантациях.

Совместное использование нетрадиционных органических удобрений и глины не оказало положительного влияния на рост сеянцев сосны. Установлено, что при внесении только НОУ сеянцы характеризуются максимальными размерами и массой по сравнению с другими вариантами опыта (рис. 6). Это объясняется тем, что выращивание древесных растений после внесения глины может успешно осуществляться только после завершения перестройки физико-химических свойств модифицированной почвы легкого гранулометрического состава в сторону их

большой оптимизации. Это происходит через 3–4 года после внесения глины [7], поэтому глинование легких по гранулометрическому составу почв целесообразно проводить за 3–4 года перед внесением нетрадиционных органических удобрений. При этом однократная доза внесения глины для супесчаных почв должна составлять 200 м³/га, песчаных – 350 м³/га, что выявлено регрессионным анализом.

Сложность выращивания посадочного материала на тяжелых почвах связана с их неблагоприятными водно-физическими свойствами и образованием трудно проницаемой для прорастания семян и роста растений почвенной корки. Внесение песка позволило несколько увеличить процент проросших семян, однако существенность различия на данных участках по сравнению с контролем не доказана. Достоверное на 5 %-ном уровне значимости ($F_{\text{расч.}} = 5,16 > F_{\text{табл.}} = 3,23$) превышение грунтовой всхожести относительно контроля отмечено в вариантах с внесением 120 т/га НОУ и НОУ с 450 м³ песка. При комплексном использовании мелиорантов в результате улучшения водно-физических свойств пахотного горизонта почвы отмечено наибольшее количество проросших семян.

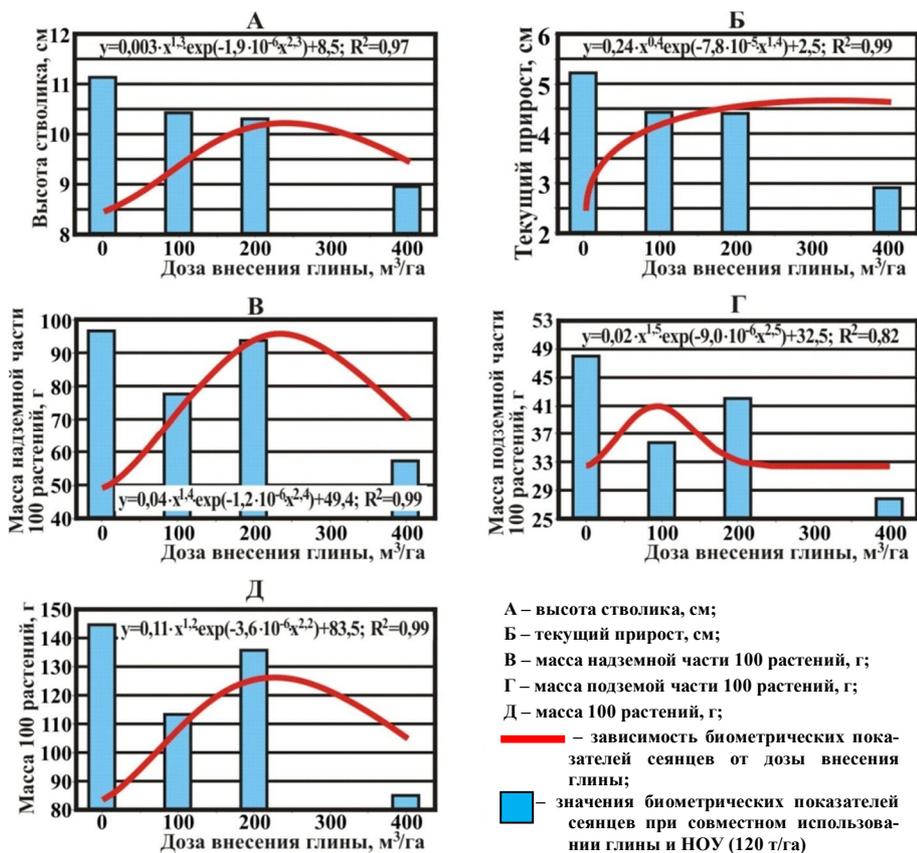


Рис. 6. Влияние внесения глины и глины совместно с НОУ (на основе ГЛ и ОСВ) в дерново-подзолистую супесчаную почву на рост двухлетних сеянцев сосны обыкновенной (Мушмаринский лесопитомник)

Таблица 6

Влияние приемов мелиорации на рост однолетних сеянцев ели европейской (Мушмаринский лесопитомник)

Вариант опыта	Линейные показатели		Масса сухого вещества 100 шт., г	
	высота стволика, мм	длина охвоенной части, мм	надземной части	подземной части
Контроль	35	5,0	1,48	0,55
Песок, 450 м³/га	32	5,2	1,64	0,66
НОУ, 120 т/га	40	5,4	1,74	0,64
НОУ + песок	42	7,4	1,77	0,91
<i>HCP</i> ₀₅	4,3	0,68	0,196	0,218

Почвы тяжелого гранулометрического состава неблагоприятно воздействуют не только на прорастание семян, но и на рост растений. Это, прежде всего, связано с повышенной плотностью сложения пахотного горизонта и низкой степенью воздухообмена, поэтому рост корневых систем сеянцев в данных условиях сильно затруднен, что и отражается на развитии всего растения в целом. Приемы мелиорации достоверно на 5 %-ном уровне значимости повлияли на

биометрические показатели однолетних сеянцев ели (табл. 6). Внесение одного песка не привело к существенному изменению линейных размеров и веса отдельных органов растений. Причиной этого было снижение содержания в пахотном горизонте почвы элементов минерального питания. Использование такого агроприема, как внесение нетрадиционного удобрения дозой 120 т/га, позволило получить сеянцы, у которых высота стволика была на 14,3 %, а

длина корня на 21,3 % больше, чем на контроле. Существенно увеличились масса как надземной, так и подземной частей растений. Совместное внесение нетрадиционного удобрения и песка, благодаря оптимизации агрофизических и агрохимических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, еще более стимулировало рост сеянцев ели. Общая длина стволика и стержневого корня увеличились в 1,2 раза.

Таким образом, изменение плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в результате внесения нетрадиционных органических удобрений и песка существенно повышает размеры сеянцев древесных растений и увеличивает выход стандартного лесопосадочного материала с единицы площади. Использование одного песка при мелиорации среднесуглинистой почвы не приводит к увеличению размеров и накоплению сухого вещества органами сеянцев ели, а даже, напротив, наблюдается тенденция к их снижению, поэтому целесообразнее применение данного агроприема в комплексе с нетрадиционными удобрениями, так как при этом были получены сеянцы с наибольшими значениями как линейных, так и весовых показателей.

Выводы

1. При внесении в дерново-подзолистые почвы нетрадиционных органических удобрений, в состав которых входят компоненты, содержащие соли тяжелых металлов, происходит некоторое увеличение их содержания в пахотном горизонте, хотя превышение уровня ПДК не установлено. Большая часть соединений ТМ концентрируется в верхних горизонтах почвы. После внесения данных удобрений проникновение ТМ установлено лишь до глубины 60 см. При выкопке происходит их вынос с сеянцами и почвой на корнях и таким образом происходит ее самоочищение.

2. При повышении дозы внесения нетрадиционных удобрений происходит улучшение практически всех основных показателей почвенного плодородия дер-

ново-подзолистых почв. Эффективность нетрадиционных органических удобрений зависит от их состава, физико-химических характеристик исходных компонентов, дозы внесения, а также исходного плодородия мелиорируемых почв. Плотность сложения почвы достигает оптимальных значений при внесении 120–240 т/га мелиоранта. Большинство агрохимических показателей почв достигают близких к оптимуму значений при дозе внесения 80–120 т/га НОУ.

3. Эффективность применения нетрадиционных органических удобрений повышается при их комплексном использовании с другими мелиорантами. Совместное использование НОУ и песка позволяет добиться оптимизации практически всех показателей почвенного плодородия дерново-подзолистых среднесуглинистых почв, а НОУ и глины – почв легкого гранулометрического состава.

4. Оптимальная доза внесения нетрадиционного удобрения зависит от гранулометрического состава почвы. Для суглинистых почв доза внесения может быть повышена при увеличении содержания в ней частиц илистой фракции, для почв легкого гранулометрического состава – со снижением содержания элементов минерального питания растений и органического вещества. Для ели европейской, выращиваемой на легкосуглинистой почве, она составляет 50–80 т/га, а среднесуглинистой – 150–180 т/га. При выращивании сосны обыкновенной на супесчаной почве оптимальная доза НОУ составляет 50 т/га, а на песчаной и легкосуглинистой может быть увеличена до 100 т/га. При выращивании посадочного материала лиственницы сибирской на легкосуглинистой почве доза внесения НОУ должна составлять 150 т/га.

5. Нетрадиционные органические удобрения нужно применять с учетом их состава. Для мелиорации легких по гранулометрическому составу почв рекомендуется использовать компосты с содержани-

ем отходов категории II (субстраты) более 50 % (по массе), а почв с высоким содержанием агрегатов, относящихся к илистой фракции, в составе компоста должно быть более 40 % (по массе) отходов категории I (наполнители). Это позволит оптимизировать свойства почвы и получать более развитый посадочный материал в посевных и школьных отделениях лесных питомников.

6. Для восстановления плодородия почв лесных питомников необходимо рекомендовать проведение комплексной мелиорации. При этом следует вносить органические удобрения, в том числе на основе органических отходов, минеральных удобрений, известковых материалов, а также глины в почвы легкого гранулометрического состава, или песка в суглинистые почвы.

Для увеличения содержания илистых частиц в почвах легкого гранулометрического состава требуются большие объемы глины, но вносить ее в один прием неэффективно. При внесении в сидеральный

пар однократная доза глинистого субстрата с содержанием фракции «физическая глина» 40–50 % на фоне органики не должна превышать на супесчаных почвах – 200 м³/га, а песчаных – 350 м³/га.

Изменение плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в результате внесения нетрадиционных органических удобрений и песка существенно повышает размеры сеянцев древесных растений, что в свою очередь сказывается на увеличении выхода стандартного лесопосадочного материала с единицы площади. Использование одного песка при мелиорации среднесуглинистой почвы не приводит к увеличению размеров и накоплению сухого вещества органами растений, а даже, напротив, наблюдается тенденция к их снижению, поэтому целесообразнее применение данного агроприема в комплексе с нетрадиционными удобрениями, так как при их совместном внесении были получены сеянцы с наибольшими значениями как линейных, так и весовых показателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному контракту № 16.515.11.5053 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» и государственному заданию на выполнение НИР.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации [Электронный ресурс]: Государственный доклад. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101> (дата обращения: 10.05.2013).
2. Романов, Е.М. Использование органических отходов в лесном хозяйстве / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2007. – № 1. – С. 22-29.
3. Кречетова, Н.В. Формирование корневых систем в лесных культурах: Учеб. пособие / Н. В. Кречетова. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1990. – 80 с.
4. Русаков, Н.В. Эколого-гигиенические условия использования осадков сточных вод в земледелии / Н.В. Русаков, Г.Е. Мерзлая,

References

1. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii [On Condition and Protection of Environment in the Russian Federation]. Gosudarstvennyj doklad [Official report]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101> (Reference date: 10.05.2013).
2. Romanov E.M., Mukhortov D.I. Ispolzovanie organicheskikh othodov v lesnom hozyaystve [Organic Wastes Usage in Forestry]. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie» [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management»]. 2007. No 1. P. 22-29.
3. Krechetova N.V. Formirovanie kornevykh sistem v lesnykh kulturakh [Root System Formation in Artificial Stands]. Study guide. Yoshkar-Ola, MarPI Publ., 1990. 80 p.
4. Rusakov N.V., Merzlaya G.E., Afanasev R.A., Romanenko R.A., Novoseltsev G.I. Ekologo-gigienicheskie usloviya ispolzovaniya osadkov sto-

Р.А. Афанасьев, Р.А. Романенко, Г.И. Новосельцев // Гигиена и санитария. – 1995. – № 4– С. 6-9.

5. Романов, Е.М. Оптимизация технологических параметров производства нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, А.А. Мамаев // Лесное хозяйство. – 2011. – № 3 – С. 21-23.

6. Окультуривание и повышение плодородия почв лесных питомников Европейской части России (Практические рекомендации) / В.Н. Кураев, Л.И. Баркова. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1994. – 71 с.

7. Родин, С.А. Оптимизация физико-механических свойств лесных питомников/ С.А. Родин, А.И. Угаров. – Саратов: Саратов. гос. с.-х. акад. им. Н.И. Вавилова, 1997. – 4 с

chnykh vod v zemledelii [Eco- Sanitary Conditions of Sludges Use in Agriculture]. Gigena i sanitariya [Hygiene and Sanitary]. 1995. No 4. P. 6-9.

5. Romanov E.M., Mukhortov D.I., Mamaev A.A. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva netraditsionnykh organicheskikh udobreniy v lesnykh pitomnikakh [Optimization of Technological Parameters of Production in Forest Nurseries]. Lesnoe hozyaystvo [Forestry]. 2011. No 3 P.21-23.

6. Kuraev V.N., Barkova L.I. Okulturivanie i povyshenie plodorodiya pochv lesnykh pitomnikov Evropeyskoy chasti Rossii (Prakticheskie rekomendatsii) [Soil Improvement and Increase of its Fertility in Forest Nurseries of the European Russia (Practical recommendations)]. Moscow, 1994. 71 p.

7. Rodin S.A., Ugarov A.I. Optimizatsiya fiziko-mekhanicheskikh svoystv lesnykh pitomnikov [Optimization of Physical and Mechanical Properties of Forest Nurseries]. Saratov: Saratov. gos. s.-h. akad. im. N.I. Vavilova, 1997.4 p.

Статья поступила в редакцию 14.05.13.

РОМАНОВ Евгений Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, ректор, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор более 150 публикаций.

E-mail: romanovem@volgatech.net

МУХОРТОВ Дмитрий Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – применение органических отходов при лесовосстановлении. Автор 92 публикаций.

E-mail: muhortovdi@volgatech.net

НУРЕЕВА Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и лесоразведение. Автор 53 публикаций.

E-mail: nureevatv@volgatech.net

ROMANOV Evgeny Mikhaylovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Rector, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – artificial forest regeneration. The author of more than 150 publications.

E-mail: romanovem@volgatech.net

MUKHORTOV Dmitry Ivanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – organic wastes usage in forest regeneration. The author of 92 publications.

E-mail: muhortovdi@volgatech.net

NUREEVA Tatiana Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – artificial forest regeneration and forest cultivation. The author of 53 publications.

E-mail: nureevatv@volgatech.net

E. M. Romanov, D. I. Mukhortov, T. V. Nureeva

MELIORATION OF SOILS IN FOREST NURSERY WITH THE USE OF NON-TRADITIONAL ORGANIC FERTILIZERS

Key words: forest nurseries; soil melioration; non-traditional organic fertilizers; seedlings; saplings.

It is important to reclaim degraded soils in forest nurseries to get quality planting material. Organic wastes and fertilizers on their base may be used for it. The aim of the research is to evaluate the effectiveness of influence of non-traditional fertilizers on the basis of organic waste on fertility of sod-podzolic soils, growth of seedlings and saplings of trees in forest nurseries.

In the course of the research such problems as influence of non-conventional fertilizers on properties of sod-podzolic soils were studied. Use of non-conventional fertilizers does not lead to accumulation of heavy metals in the soil and it improves water and physical and agrochemical properties of the plow layer. The effectiveness of non-conventional fertilizers depends on their composition, physical and chemical characteristics of the primary components, rate of application, initial soil fertility. Sharing of a non-traditional fertilizer and sand allows for optimization of almost all indicators of soil fertility of medium loamy soils, sharing of non-traditional fertilizers and clay allows for optimization of almost all indicators of soil fertility of light soils.

An optimum dose of application of non-traditional fertilizer depends on soil texture, type of trees and composition of the fertilizer. It is 50-80 tons / ha for Norway Spruce in light loamy soils, 149-182 tons / ha - in medium loamy soils. It is 50 tons / ha for Scotch Pine in sandy clay soil, 100 tons / ha in sandy and light loamy soil. It is 150 tons / ha for Siberian Larch in the light loamy soil. For amelioration of light in soil texture soils it is recommended to use composts containing more than 50% (by weight) of the wastes of category II (substrate). There should be over 40% (by weight) of heavy soils in the compost of the waste of category I (filler). This will optimize the properties of soil and let grow better seedlings in the nurseries.