

ТЮКАВИНА Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, общей экологии и природопользования института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 46 научных публикаций

КУННИКОВ Фёдор Александрович, аспирант кафедры ботаники, общей экологии и природопользования института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор трех научных публикаций

СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФИТОМАССЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И В ДРЕВЕСИНЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В г. АРХАНГЕЛЬСКЕ

Биоматериалом для удобрительных композиций могут быть различные природные компоненты, обладающие повышенным содержанием макро- и микроэлементов. Жизненно важные макроэлементы содержат хвоя, мелкие побеги, ветви, кора сосны обыкновенной и гнилая древесина тополя. Образцы фитомассы сосны отбирали в сосняке черничном средневозрастном, образцы тополя бальзамического – в г. Архангельске. Содержание неорганических элементов в древесине тополя, а также хвое, ветвях, коре сосны определяли рентгенофлуоресцентным анализом на волнодисперсионном спектрометре «LabCenterXRF-1800». Процент содержания неорганических элементов в фитомассе сосны уменьшается в следующем порядке: хвоя, ветви 1-го и 2-го года, кора. Уровни процентного содержания минеральных элементов в гнилой древесине тополя и хвое сосны совпадают. Содержание зольных элементов в гнилой древесине тополя в 2,1 раза больше по сравнению с их содержанием в хвое сосны. Наиболее насыщена железом, кальцием, калием, кремнием, магнием, натрием гнилая древесина тополя; азотом, фосфором, серой, марганцем – хвоя сосны. В коре деревьев содержится больше кальция и алюминия, чем в их ветвях. Следовательно, комбинированное использование данных биоматериалов позволит получить более полноценную удобрительную композицию. Соотношение N:P:K для гнилой древесины тополя бальзамического составляет 69:2:36, для хвои сосны – 69:4:10, для ветвей сосны – 69:4:16, для коры сосны – 69:3:11. Таким образом, во всех образцах сосны отмечается недостаток фосфора и пониженное содержание калия. При комбинировании гнилой древесины тополя и фитомассы сосны удобрительную композицию необходимо дополнить источником фосфора.

Ключевые слова: минеральные элементы, сосна обыкновенная, тополь бальзамический, гнилая древесина.

Россия обладает ¼ мировых запасов древесины. На всех этапах лесной индустрии образуется огромное количество отходов [1]. Один из

путей утилизации древесных отходов состоит в приготовлении на ее основе удобрительных композиций [2–4]. Учитывая диспаритетное

повышение цен на минеральные удобрения [5], актуализируются вопросы разработки удобрительных композиций и использования нетрадиционных органических удобрений [6–9].

Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами контролирует многочисленные процессы обмена веществ и играет ключевую роль в формировании урожая и его химического состава. В настоящее время накоплен значительный производственный опыт, свидетельствующий о возможности и необходимости целенаправленного регулирования условий минерального питания растений за счет органических удобрений [5]. Почвенное плодородие может быть восстановлено путем возвращения неорганических элементов в почву [10, 11].

Биоматериалом для удобрительных композиций могут быть различные природные компоненты, обладающие повышенным содержанием макро- и микроэлементов. Хвоя, мелкие побеги, ветви, кора содержат жизненно важные витамины, макро- и микроэлементы [12–15]. Композиция удобрений должна характеризоваться высоким содержанием подвижных форм азота, фосфора и калия [2].

Цель исследований: проанализировать минералогический состав хвои, ветвей, коры сосны обыкновенной и древесины тополя бальзамического как возможных компонентов удобрительной композиции.

Материалы и методы. Исследования проводили в Архангельском лесничестве в сосняке черничном средневозрастном и в г. Архангельске. Подбирали модельные деревья и отбирали образцы хвои, ветвей, коры сосны обыкновенной, гнилой и здоровой древесины тополя бальзамического. Для проведения химического анализа масса одного образца должна быть не менее 20 г. Для подготовки собранного материала образцы помещали в сушильный шкаф и сушили при температуре +103 °С, затем измельчали и прессовали в таблетки диаметром 2,5 см.

Работа по определению содержания минеральных элементов в древесине тополя, хвое,

ветвях, коре сосны выполнена на оборудовании Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводили на волнодисперсионном спектрометре «Lab-CenterXRF-1800». На элементарном анализаторе определяли содержание С, N, H, полученные значения потом вносились как известные.

Записывали спектр образца и устанавливали, какие элементы присутствовали в пробе, затем количественное содержание определяли методом фундаментальных параметров. Условия проведения измерения: рентгеновская трубка с родиевым анодом, $U = 40$ кВ, $I = 95$ мА, экспозиция 40 с и 20 с для фоновых точек. Анализ проводили в атмосфере вакуума. Использовали следующие кристаллы-анализаторы: для определения Fe, Mn, Ca, K – LiF, S, P, Si, Mg, Na – TAP, Al – PET.

В биоматериале анализировали содержание минеральных элементов, в частности с выделением группы зольных минеральных элементов. Согласно А.В. Веретенникову [16], к зольным элементам не относятся азот и углерод.

Результаты и обсуждение. Наибольшее содержание минеральных элементов отмечается в хвое (см. таблицу). Содержание минеральных элементов уменьшается в следующем порядке: ветви 1-го и 2-го года, кора, древесина. Д. Фенгел [17] указывает, что наибольшее содержание минеральных элементов (в порядке убывания): в хвое, коре и ветвях. Однако полученные данные демонстрируют, что содержание минеральных элементов в ветвях сосны 1-го и 2-го года выше, чем в коре, в 1,4 раза.

Содержание зольных элементов в коре и ветвях сосны находится на одном уровне и составляет в среднем 1,17 % от сухого вещества. Содержание зольных элементов в хвое в 1,5 раза больше по сравнению их содержанием в ветвях и коре. В коре по сравнению с ветвями большее содержание кальция и алюминия.

БИОЛОГИЯ

ОБЪЕМ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СУХОМУ ВЕЩЕСТВУ В ФИТОМАССЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДРЕВЕСИНЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО, %

Показатель	Древесина тополя		Сосна					кора
	здоровая	гнилая	хвоя		ветви			
			1-й год	2-й год	1-й год	2-й год	сухая	
Железо (Fe)	0,037	0,201	0,014	0,016	0,011	0,038	0,020	0,016
Марганец (Mn)	0,0002	0,006	0,086	0,095	0,016	0,030	0,016	0,031
Кальций (Ca)	0,297	1,930	0,532	0,608	0,332	0,208	0,390	0,665
Калий (K)	0,218	0,507	0,480	0,413	0,337	0,472	0,333	0,184
Сера (S)	0,012	0,053	0,121	0,115	0,079	0,087	0,084	0,043
Фосфор (P)	0,046	0,032	0,173	0,160	0,113	0,127	0,126	0,054
Кремний (Si)	0,036	0,639	0,145	0,145	0,018	0,055	0,026	0,050
Магний (Mg)	0,058	0,244	0,198	0,175	0,149	0,123	0,163	0,108
Натрий (Na)	0,029	0,102	0,012	0,009	0,003	0,016	0,008	0,012
Алюминий (Al)	0,005	0,153	0,054	0,069	0,027	0,041	0,037	0,061
Азот (N)	0,369	0,965	3,27	3,08	2,230	2,09	2,250	1,140
Всего	1,107	4,830	5,085	4,885	3,315	3,287	3,453	2,364
Всего зольных элементов	0,738	3,865	1,815	1,805	1,085	1,197	1,203	1,224

Содержание минеральных элементов в органах растений разного возраста находится на одном уровне, однако наблюдается тенденция к накоплению их с годами.

Содержание минеральных элементов в гнилой древесине тополя в 4,4 раза превышает содержание в здоровой и находится на одном уровне с показателями содержания в хвое сосны. Содержание зольных элементов в здоровой древесине тополя составляет 0,738 %, что совпадает с исследованиями В. Klasnja [18], который указывал на содержание золы в древесине тополя от 0,47 до 1,16 %. Содержание зольных элементов в гнилой древесине тополя в 5,2 раза выше, чем в здоровой древесине, и в 2,1 раза, чем в хвое сосны.

Следовательно, по содержанию зольных элементов гнилая древесина тополя превосходит хвою сосны и кору и может быть одним из компонентов удобрительной композиции.

Содержание всех минеральных элементов можно распределить в порядке убывания. Для

здоровой древесины тополя подобная цепочка выглядит следующим образом: N → Ca → K → Mg → P → Fe → Si → Na → S → Al → Mn; для гнилой древесины тополя: Ca → N → Si → K → Mg → Fe → Al → Na → S → P → Mn; для хвои сосны: N → Ca → K → Mg → P → Si → S → Mn → Al → Na → Fe; для ветвей сосны: N → Ca → K → Mg → P → S → Al → Si → Fe → Mn → Na; для коры сосны: N → Ca → K → Mg → P → Al → S → Mn → Fe → Si → Na. В исследуемых образцах содержится относительно большое количество азота, калия, кальция, магния. Это характерно для древесных растений [16, 18–20]. Во всех образцах наибольшим является содержание азота, за исключением гнилой древесины тополя, в которой преобладает кальций и значительно содержание кремния. Содержание кальция в гнилой древесине тополя составляет 50 % от содержания зольных элементов и превышает содержание его в хвое сосны в 3 раза. Наименьшее содержание кальция отмечается в здоровой

древесине тополя и ветвях сосны. Повышенное содержание кальция в гнилой древесине тополя как компоненте удобрительной композиции может способствовать снижению кислотности почвы.

Содержание алюминия и натрия в гнилой древесине тополя выше, чем в хвое сосны в 2,6 и 10 раз соответственно. В хвое, ветвях и коре сосны содержание этих элементов практически на одном уровне.

В гнилой древесине тополя содержание кремния и железа является значительным: превышение данных элементов здесь по сравнению с хвоей сосны составляет 4,4 и 13,4 раза соответственно, по сравнению с ветвями и корой сосны – 12,8 и 10 раз соответственно.

Следовательно, в гнилой древесине накапливаются металлы, которые в больших количествах не требуются растениям, а при накоплении могут ингибировать их рост. Так же это ограничивает применение гнилой древесины тополя в удобрительных смесях для восстановления плодородия почв на осушенных верховых торфяных почвах, которые широко распространены в пригородной зоне г. Архангельска, т. к. избыточно увлажненные почвы характеризуются накоплением закисных форм железа и алюминия [21].

Содержание минеральных элементов в тканях растения может указывать на обеспеченность почвы данными элементами [19, 22]. Оптимальным для хвои сосны считается следующее процентное содержание основных элементов питания: азота – 1,6–2,3 %; фосфора – 0,15–0,3; калия – 0,6–0,9; кальция – 0,2–0,45; магния – 0,12–0,13 % [22–24]. По изученному биоматериалу сосны в сосняке чер-

ничном можно отметить недостаток в почве калия, его содержание в хвое ниже оптимального в 1,3 раза.

По исследованиям В.С. Победова [24], на минеральных почвах при благоприятном водном режиме и наличии необходимых питательных веществ соотношение N:P:K = 69:6:25 обеспечивает наилучший рост сосны обыкновенной. Соотношение N:P:K для гнилой древесины тополя бальзамического составляет 69:2:36, для хвои сосны – 69:4:10, для ветвей сосны – 69:4:16, для коры сосны – 69:3:11. Следовательно, в образцах сосны отмечается недостаток фосфора и пониженное содержание калия. Поэтому, учитывая, что в гнилой древесине тополя содержание фосфора в 3,5 раза меньше, чем в хвое и ветвях сосны, при составлении удобрительной композиции из биоматериалов сосны и гнилой древесины тополя необходим дополнительный источник фосфора.

Заключение. Все изученные образцы, за исключением здоровой древесины тополя, могут выступать компонентами в удобрительных композициях, т. к. характеризуются повышенным содержанием жизненно важных для растений минеральных элементов. Наибольшее содержание железа, кальция, калия, кремния, магния, натрия отмечается в гнилой древесине тополя. Содержание азота, фосфора, серы, марганца в хвое сосны выше, чем в других образцах. Следовательно, комбинированное использование данных биоматериалов позволит получить более полноценную удобрительную композицию. Однако для оптимального роста сосны при использовании удобрительной композиции из гнилой древесины тополя и фитомассы сосны необходим дополнительный источник фосфора.

Список литературы

1. Ломовской О.И., Болдырев В.В. Механохимия в решении экологических задач. Новосибирск, 2006. 221 с.
2. Мочалов Б.А. Совершенствование агротехники выращивания посадочного материала в лесных питомниках // Леса и лесное хозяйство Архангельской области. Архангельск, 1988. С. 39–51.
3. Калугина З.С., Варфоломеев Л.А., Мошкова Т.Б. Рекомендации по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета. Архангельск, 1987. 13 с.

4. Чупрова В.В., Ульянова О.А., Исаев И.В. Перспективы производства органических удобрений в Красноярском крае // *Агрохим. вестн.* 2009. № 6. С. 16–17.
5. Кидин В.В. Органические удобрения: учеб. пособие. М., 2012. 165 с.
6. Малинин Б.М., Ковалев Н.Г. Приемы воспроизводства плодородия мелиорированных почв с использованием нетрадиционных удобрений // *Использование органических удобрений и биоресурсов в современной земледелии.* Владимир, 2002. С. 356–360.
7. Милевская И.А. Приемы воспроизводства плодородия почв мелиорированных почв с использованием нетрадиционных удобрений // *Экол. безопасность в АПК.* 2005. № 4. С. 898 с.
8. Романов Е.М., Мухортов Д.И., Гордеева С.С., Мичеева Э.В. Применение биоактивизирующих добавок при переработке органических отходов в нетрадиционные удобрения // *Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та.* 2012. № 1(15). С. 74–84.
9. Ульянова О.А. Нетрадиционные удобрения и технологии их применения: учеб. пособие. Красноярск, 2009. 158 с.
10. Lal R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security // *Science.* 2004. Vol. 304, № 5677. P. 1623–1627.
11. Paine L.K., Peterson T.L., Undsander D.J., Rineer K.C., Bartlett G.A., Temple S.A. Some ecological and socio-economic considerations for biomass energy crop production // *Biomass Bioenerg.* 1996. Vol. 10, № 4. P. 231–242.
12. Валдман А.Р. Использование витаминных кормов в животноводстве. М., 1955. 79 с.
13. Кутакова Н.А., Селянина С.Б., Селянина Л.И. Анализ БАВ и древесной зелени: метод. указания к выполнению лабораторных работ. Архангельск, 2002. 32 с.
14. Солодский Ф.Т. Витамины из лесного сырья. М.; Л., 1947. 49 с.
15. Репях С.М., Левин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени. М., 1988. 96 с.
16. Веретенников А.В. Физиология растений с основами биохимии. Воронеж, 1987. 256 с.
17. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина (химия, ультраструктура, реакции). М., 1988. 512 с.
18. Klasnja B., Kopitovic S., Orlovic S. Wood and bark of Some Poplar and Willow Clones as Fuelwood // *Biomass and Energy.* 2002. Vol. 23, № 6. P. 427–432.
19. Bowersox T.W., Blankenhorn P.R., Murphey W.K. Heat of Combustion, Ash Content, Nutrient Content and Chemical of Populus Hybrids // *Wood Science.* Vol. 11, № 4. 1979. P. 257–262.
20. Panshin A.G., de Zeeuw C. Textbook of Wood Technology. 3rd ed. N.Y., 1970. 325 p.
21. Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. М., 1968. 312 с.
22. Ипатьев В.А., Смоляк Л.П., Блищев И.К. Ведение лесного хозяйства на осушенных землях. М., 1984. 144 с.
23. Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М., 1977. 323 с.
24. Победов В.С. Применение удобрений в лесном хозяйстве. М., 1972. 152 с.

References

1. Lomovskoy O.I., Boldyrev V.V. *Mekhanokhimiya v reshenii ekologicheskikh zadach* [Mechanochemistry in Solving the Environmental Problems]. Novosibirsk, 2006. 221 p.
2. Mochalov B.A. Sovershenstvovanie agrotekhniki vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh [Improvement of Farming Techniques of Planting Material Growing in Forest Nurseries]. *Lesn i lesnoe khozyaystvo Arkhangel'skoy oblasti* [Forests and Forestry in Arkhangelsk Region]. Arkhangelsk, 1988, pp. 39–51.
3. Kalugina Z.S., Varfolomeev L.A., Moshkova T.B. *Rekomendatsii po prigotovleniyu organicheskikh udobreniy na osnove drevesnykh otkhodov i kurinogo pometa* [Guidelines for the Preparation of Organic Fertilizers Based on Waste Wood and Chicken Manure]. Arkhangelsk, 1987. 13 p.
4. Chuprova V.V., Ul'yanova O.A., Isaev I.V. Perspektivy proizvodstva organicheskikh udobreniy v Krasnoyarskom krae [Prospects for the Production of Organic Fertilizers in the Krasnoyarsk Region]. *Agrochemical herald*, 2009, no. 6, pp. 16–17.
5. Kidin V.V. *Organicheskie udobreniya: ucheb. posobie* [Organic Fertilizers: Textbook]. Moscow, 2012. 165 p.
6. Malinin B.M., Kovalev N.G. Priemy vosproizvodstva plodorodiya meliorirovannykh pochv s ispol'zovaniem netraditsionnykh udobreniy [Reproduction Receptions of Fertility of Reclaimed Soils Using Unconventional Fertilizers]. *Ispol'zovanie organicheskikh udobreniy i bioresursov v sovremennom zemledelii* [Use of Organic Fertilizers and Bio-Resources in Modern Agriculture]. Vladimir, 2002, pp. 356–360.

7. Milevskaya I.A. Priemy vosproizvodstva plodorodiya pochv meliorirovannykh pochv s ispol'zovaniem netraditsionnykh udobreniy [Methods of Soil Fertility of Reclaimed Soils Using the Unconventional Fertilizers]. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK* [Ecological Safety in Agriculture], 2005, no. 4. 898 p.
8. Romanov E.M., Mukhortov D.I., Gordeeva S.S., Mischeeva E.V. Primenenie bioaktiviziruyushchikh dobavok pri pererabotke organicheskikh otkhodov v netraditsionnye udobreniya [Application of Bioactivated Additives in the Processing of Organic Waste Into the Non-Traditional Fertilizers]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Volga State University of Technology], 2012, no. 1(15), pp. 74–84.
9. Ul'yanova O.A. *Netraditsionnye udobreniya i tekhnologii ikh primeneniya: ucheb. posobie* [Unconventional Fertilizers and Application Technologies]. Krasnoyarsk, 2009. 158 p.
10. Lal R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 2004, vol. 304, no. 5677, pp. 1623–1627.
11. Paine L.K., Peterson T.L., Undesander D.J., Rineer K.C., Bartlet G.A., Temple S.A. Some Ecological and Socio-Economic Considerations for Biomass Energy Crop Production. *Biomass and Bioenergy*, 1996, vol. 10, no. 4, pp. 231–242.
12. Valdman A.R. *Ispol'zovanie vitaminnykh kormov v zhivotnovodstve* [The Use of Vitamins in Animal Feed]. Moscow, 1955. 79 p.
13. Kutakova N.A., Selyanina S.B., Selyanina L.I. *Analiz BAV i drevesnoy zeleni: metod. ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot* [Analysis of Biologically Active Substances and Wood Greens: Guideline to Carry out the Laboratory Works]. Arkhangelsk, 2002. 32 p.
14. Solodskiy F.T. *Vitaminy iz lesnogo syr'ya* [Vitamins from Forest Raw Materials]. Moscow; Leningrad, 1947. 49 p.
15. Repyakh S.M., Levin E.D. *Kormovye dobavki iz drevesnoy zeleni* [Food Additives from Wood Greenery]. Moscow, 1988. 96 p.
16. Veretennikov A.V. *Fiziologiya rasteniy s osnovami biokhimii* [Plant Physiology and the Basics of Biochemistry]. Voronezh, 1987. 256 p.
17. Fengel D., Wegener G. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin, 1983.
18. Klasnja B., Kopitovic S., Orlovic S. Wood and Bark of Some Poplar and Willow Clones as Fuelwood. *Biomass and Bioenergy*, 2002, vol. 23, no. 6, pp. 427–432.
19. Bowersox T.W., Blankenhorn P.R., Murphey W.K. Heat of Combustion, Ash Content, Nutrient Content and Chemical of Populus Hybrids. *Wood Science*, 1979, vol. 11, no. 4, pp. 257–262.
20. Panshin A.G., de Zeeuw C. *Textbook of Wood Technology*. New York, 1970. 325 p.
21. Vomperskiy S.E. *Biologicheskie osnovy effektivnosti lesosusheniya* [Biological Basis of the Effectiveness of Forest Drainage]. Moscow, 1968. 312 p.
22. Ipat'ev V.A., Smolyak L.P., Blintsov I.K. *Vedenie lesnogo khozyaystva na osushennykh zemlyakh* [Forestry on Drained Lands]. Moscow, 1984. 144 p.
23. Orlov A.Ya., Koshel'kov S.P. *Pochvennaya ekologiya sosny* [Soil Ecology of Pine]. Moscow, 1977. 323 p.
24. Pobedov V.S. *Primenenie udobreniy v lesnom khozyaystve* [The Use of Fertilizers in Forestry]. Moscow, 1972. 152 p.

Tyukavina Ol'ga Nikolaevna

Institute of Natural Sciences and Technology,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Kunnikov Fedor Aleksandrovich

Institute of Natural Sciences and Technology,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

THE CONTENTS OF MINERAL ELEMENTS IN THE PHYTOMASS OF SCOTS PINE AND BALSAM POPLAR WOOD IN ARKHANGELSK

Different natural components with a high content of the macro and micronutrient elements can serve as biomaterials for fertilizer compositions. Pine needles, small shoots, branches, Scots pine bark and poplar rotten wood contain vital macroelements. The samples of pine phytomass were collected in the

БИОЛОГИЯ

middle-aged bilberry pine forest and balsam poplar samples – in Arkhangelsk. The content of inorganic elements in the poplar wood, pine needles, branches, pine bark was determined by the X-ray fluorescence analysis at the wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometer LabCenterXRF–1800. The percentage content of inorganic elements in pine phytomass decreases in the following order: pine needles, branches of the 1st and the 2nd year, bark. The percentage levels of the mineral elements in the rotten wood of poplar and pine needles are the same. The content of ash constituent in poplar rotten wood is 2.1 times higher than in pine needles. The highest content of iron, calcium, potassium, silicon, magnesium and sodium is noted in the poplar rotten wood. The highest content of nitrogen, phosphorus, sulfur, manganese is observed in pine needles. Tree bark contains more calcium and aluminum than branches. Therefore, the combined use of the biomaterials will provide the more complete fertilizing composition. The ratio of N:P:K for balsam poplar rotten wood is 69:2:36; for pine needles is 69:4:10; for pine branches is 69:4:16; for pine bark is 69:3:11. Thus, all pine samples have a phosphorus deficiency and reduced potassium content. The fertilizer composition combining poplar rotten wood and pine phytomass should be added by source of phosphorus.

Keywords: *mineral elements, Scots pine, balsam poplar (Populus balsamifera), rotten wood.*

Контактная информация:

Тюкавина Ольга Николаевна

адрес: 163002, г. Архангельск, Наб. Северной Двины, д. 17;

e-mail: tyukavina@agtu.ru

Кунников Фёдор Александрович

адрес: 163002, г. Архангельск, Наб. Северной Двины, д. 17;

e-mail: fdr1989@mail.ru