

УДК 630*232.33

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.42

**ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ СОСНЫ В ТОЛЩИНУ
В ПОСЕВАХ НА ПАЛОВЫХ ВЫРУБКАХ С ПЕСЧАНЫМИ ПОЧВАМИ.
I. ПОСЛЕДСТВИЕ 30-ЛЕТНЕГО ЕЖЕГОДНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ СОСНЫ В ТОЛЩИНУ
И КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ***

А.И. Соколов, д-р с.-х. наук, доц.

А.Н. Пеккоев, канд. с.-х. наук, науч. сотр.

В.А. Харитонов, вед. инж.

Институт леса Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия, 185910; e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

Рассматривается проблема восстановления лесных фитоценозов, разрушенных в результате вырубки древостоя и последующего пожара. Объектом исследования были 53-летние культуры сосны, созданные посевом в 1961 г. на вересково-паловой вырубке с песчаными почвами. Цель работы – исследование последствий ежегодного 30-летнего применения калийных удобрений на рост сосны в толщину и качество ее древесины. Удобрения (хлористый калий (К), суперфосфат (Р), мочевины (N)) вносили ежегодно с 1967 г. по 1996 г. Схема опыта: контроль (без удобрений), К, РК, НК. Последствие хлористого калия на прирост сосны по площади сечения ствола, который более информативен, чем прирост по диаметру, прослеживалось до конца наблюдений. Эффективность последствий калия на средний периодический прирост по площади сечения была достоверно выше, чем во время проведения подкормок. За весь период наблюдений (начиная с 15 и до 53 лет) калийное удобрение обеспечило увеличение в 1,2 раза площади сечения среднего дерева по сравнению с контролем, однако более эффективными оказались фосфорно-калийное (в 1,7 раза) и азотно-калийное (в 1,9 раза) удобрения. Установлено, что ежегодное применение хлористого калия на протяжении 30 лет не оказало существенного влияния на среднее количество слоев в 1 см древесины и средний радиальный прирост. Включение в состав удобрений фосфора и азота привело к ухудшению исследуемых показателей, но одновременно вызвало повышение доли поздней древесины. Азотно-калийные удобрения обеспечили

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН 0220–2014–002.

Для цитирования: Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А. Влияние многолетнего применения минеральных удобрений на рост сосны в толщину в посевах на паловых рубках с песчаными почвами. I. Последствие 30-летнего ежегодного применения калийных удобрений на рост сосны в толщину и качество древесины // Лесн. журн. 2016. № 6. С. 42–55. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.42

достижение максимальных значений среднего диаметра и запаса древостоя, однако снизили плотность древесины.

Ключевые слова: культуры сосны, лесные пожары, макроструктура древесины, минеральные удобрения, паловые вырубki, поздняя древесина, радиальный прирост.

Введение

Лесные пожары являются одним из мощных факторов, оказывающих негативное влияние на лесные фитоценозы. В наибольшей степени им подвержены сосновые насаждения на песчаных почвах. В результате сильных пожаров уничтожаются живой напочвенный покров и органическое вещество почв, происходит выброс двуокиси углерода в атмосферу, снижается продуктивность насаждений и возможность выполнения ими многосторонних экологических функций. По информации государственной статистики площадь лесных пожаров в России за 15 лет возросла в 2 раза, по данным дистанционного мониторинга – в 3 раза [4], поэтому проблема реабилитации нарушенных в результате пожаров лесных экосистем актуальна. Одним из путей ее решения является применение удобрений, что позволяет не только улучшить режим питания, повысить сохранность и ускорить рост лесных культур, но и значительно сократить сроки восстановления коренного типа леса [22]. Институтом леса Карельского НЦ РАН исследовалось влияние длительного ежегодного и периодического применения минеральных удобрений в культурах сосны, созданных на паловых вырубках с песчаными почвами, на основные компоненты молодых культур фитоценозов. Оценивалась эффективность как отдельных элементов питания (азот (N), фосфор (P), калий (K)), так и их сочетаний. Выявлено, что несмотря на существенное изменение режима питания и дисбаланс основных его элементов, сосна, благодаря микосимбиотрофии, сумела адаптироваться к резко изменившимся эдафическим условиям [20, 22]. Влияние минеральных удобрений в период их внесения на основные компоненты фитоценозов детально рассмотрено в ранее опубликованных работах [9–11, 15, 20–22].

Имеются сведения, что увеличение фитомассы деревьев и живого напочвенного покрова обеспечивает повышение продуктивности насаждений в течение длительного периода времени, что связано с вторичным использованием внесенных минеральных веществ в биологическом круговороте [3, 18, 23]. В связи с этим вопрос о том, как влияет прекращение многолетних ежегодных и периодических подкормок сосны удобрениями на основные компоненты фитоценозов, устойчивость древостоев и качество выращенной древесины, остается открытым.

Калий, играющий важную роль в жизни растений, содержится преимущественно в молодых тканях, местах интенсивного деления клеток, образования новых органов и повышенного обмена веществ. Данный элемент очень подвижен, в течение сезона отмечены значительные изменения его содержания как в растениях, так и в почве [12, 14]. Он активизирует ряд ферментов,

влияет на фотосинтез, соотношение углеводов и аминокислот в органах растений, а также на устойчивость к патогенам, засухам и действию отрицательных температур [9, 12]. В лесных почвах калий находится в составе минералов (слюды, калиевые полевые шпаты, гидрослюды), водорастворимых минеральных солей и в поглощенном состоянии. Подвижные его формы образуются при разложении растительных остатков [14]. Считается, что в большинстве случаев лесные почвы содержат достаточное количество калия [5] и с повышением трофности почв содержание его возрастает. Основное количество калия находится в лесных подстилках, в минеральных горизонтах песчаных почв содержание подвижного калия резко падает [14]. По данным ряда исследователей [11, 19], в условиях северной и средней тайги на почвах грубопесчаного механического состава, а также на паловых вырубках сосняков брусничных, где после сгорания лесной подстилки калий интенсивно вымывается с осадками, сосна нуждается в дополнительном калийном питании. В отдельные годы на минеральных почвах южнотаежной зоны сосна также может испытывать недостаток калия [8].

Следует отметить, что сведения об эффективности применения калийных удобрений в культурах сосны на песчаных почвах немногочисленны и несколько противоречивы. Так, при внесении хлористого калия в количестве от 100 до 200 кг/га в сосняке брусничном (южная тайга) радиальный прирост сосны за 6 лет увеличился на 45...72 %, доля поздней древесины – на 10...18 %. Дополнительный прирост по запасу в зависимости от дозы удобрений составлял 8...21 м³/га. При этом в сосняках лишайниковом и долгомошном положительных изменений по этим показателям не отмечено [17]. По результатам исследований, проведенных в сосняках ягодниковых в подзоне южной тайги Среднего Урала, выявлено, что по лесоводственной эффективности калийные удобрения в дозе 200 кг/га практически не уступали полному удобрению [13], однако в условиях средней тайги Карелии при ежегодном внесении хлористого калия не отмечено улучшения роста культур сосны, хотя содержание калия в почве за 24 года увеличилось в 3 раза [22]. Предполагается [9], что это связано с отрицательным влиянием ионов хлора на корневые системы сосны. Доказано, что при ежегодном внесении хлористого калия насыщенность верхнего слоя почвы сосущими и проводящими корнями сосны снижалась [20]. Вопрос о влиянии калия на структуру годичного кольца, которая в значительной степени определяет качество древесины, здесь не рассматривался.

В большинстве работ [1, 7, 16, 24 – 26] приводятся данные о влиянии одно- и двукратных подкормок, в основном азотными и полными удобрениями, на макроструктуру древесины. Это не позволяет в полной мере оценить роль отдельных элементов питания и механизм их действия, поскольку эффективность подкормок зависит не только от вида удобрений, сроков внесения, почвенных условий, но и в значительной степени от нестабильных погодных условий, которые определяют как интенсивность обменных процессов в растениях, так и потери удобрений от вымывания с осадками и талыми водами,

а также за счет улетучивания в атмосферу. Длительные эксперименты с ежегодным внесением удобрений компенсируют этот недостаток и дают возможность получать дополнительную информацию о влиянии отдельных элементов минерального питания (особенно таких подвижных, как калий) на структуру годичного кольца и рост сосны в толщину, которые в значительной мере определяют запас древостоев и качество древесины.

Цель работы – исследование последствий ежегодного применения калийных удобрений в течение 30 лет на рост сосны в толщину и качество древесины в посевах на деградированных в результате пожара песчаных почвах.

Методика и объекты исследований

Объектом исследования являлись 53-летние культуры сосны, созданные посевом на вересково-паловой вырубке в 1961 г. Густота – 7,0 тыс. шт. посевных мест на 1 га. Почва – поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях [11]. Первоначальной целью эксперимента было изучение влияния разных видов удобрений на сохранность и рост культур, в дальнейшем было предложено исследовать механизмы адаптации сосны к разбалансированному режиму минерального питания. Удобрения применяли ежегодно на протяжении 30 лет. В качестве подкормок использовали мочевины (N), суперфосфат гранулированный (P) и хлористый калий (K), которые вносили вручную в весенний период. Схема опыта: контроль (без удобрений), K, PK, NK. С 1967 г. по 1972 г. азот и калий вносили в дозе 60, фосфор – 120 кг/га по д. в., с 1973 г. по 1996 г. каждый вид удобрений – по 120 кг/га [22].

Культуры исследовали в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами. На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев. Затем методом пропорционального представительства отбирали по 20...24 учетных дерева, у которых буравом Пресслера на высоте 1,3 м брали керны для анализа радиального прироста. Получить по ним статистически достоверные данные по ширине годичных слоев представилось возможным только с 15-летнего возраста, что обусловлено медленным ростом культур в первые годы из-за неблагоприятных водного и питательного режимов почв, а также массового поражения сосны фацидиозом в первые 10 лет. Достоверность различий оценивалась с вероятностью 95 %.

Результаты исследований и их обсуждение

Обследование 53-летних культур показало, что применение чистых и смешанных удобрений повысило продуктивность древостоев на 0,7–1,2 класса бонитета (табл. 1). При этом средний диаметр деревьев увеличился на 13...37 %, высота – на 17...28 %, объем среднего дерева – в 1,5–2,1 раза по сравнению с контролем. Однако достоверные различия с контролем по диаметру были только при использовании смешанных удобрений (NK и PK).

Т а б л и ц а 1

**Таксационные показатели 53-летних культур сосны
при ежегодном применении калийных удобрений в течение 30 лет**

Вариант опыта	Густота стояния, тыс. шт./га	Средние			Полнота	Запас древесины, м ³ /га	Объем среднего дерева, м ³	Класс бонитета
		диаметр*, см	t**	высота, м				
Контроль	1,52	10,8 ± 0,37	—	10,9	0,6	92	0,061	IV,2
К	1,38	12,2 ± 0,65	1,87	12,8	0,7	127	0,092	III,5
РК	1,17	14,2 ± 0,71	4,25	14,0	0,8	148	0,126	III,0
NK	1,70	14,8 ± 0,48	6,60	13,1	1,2	221	0,130	III,4

* С ошибкой определения. ** $t_{табл} = 1,96$.

Подкормка удобрениями изменила ход роста сосны по диаметру. В результате через 30 лет после начала эксперимента различия с контролем составили 10 (К), 30 (РК) и 40 % (НК). Данное соотношение сохранялось и в последующий период (17 лет) до окончания наблюдений (рис. 1).

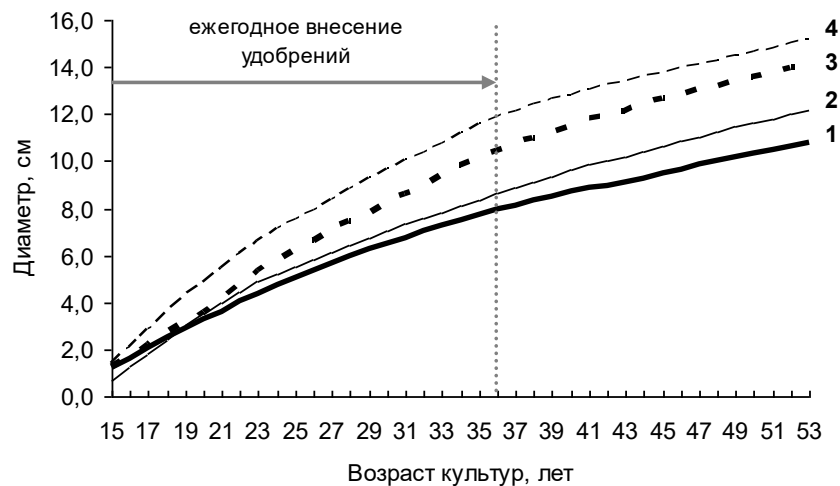


Рис. 1. Ход роста 53-летних культур сосны по диаметру при ежегодном внесении различных видов калийных удобрений: 1 – контроль; 2 – К; 3 – РК; 4 – НК

Известно, что нарастание древесины идет по периферии ствола и с возрастом прирост по диаметру закономерно снижается (рис. 2, а). Поэтому показатель прироста по площади поперечного сечения для оценки ответной реакции дерева на изменение условий среды более информативен, чем ширина годичного слоя (рис. 2, б).

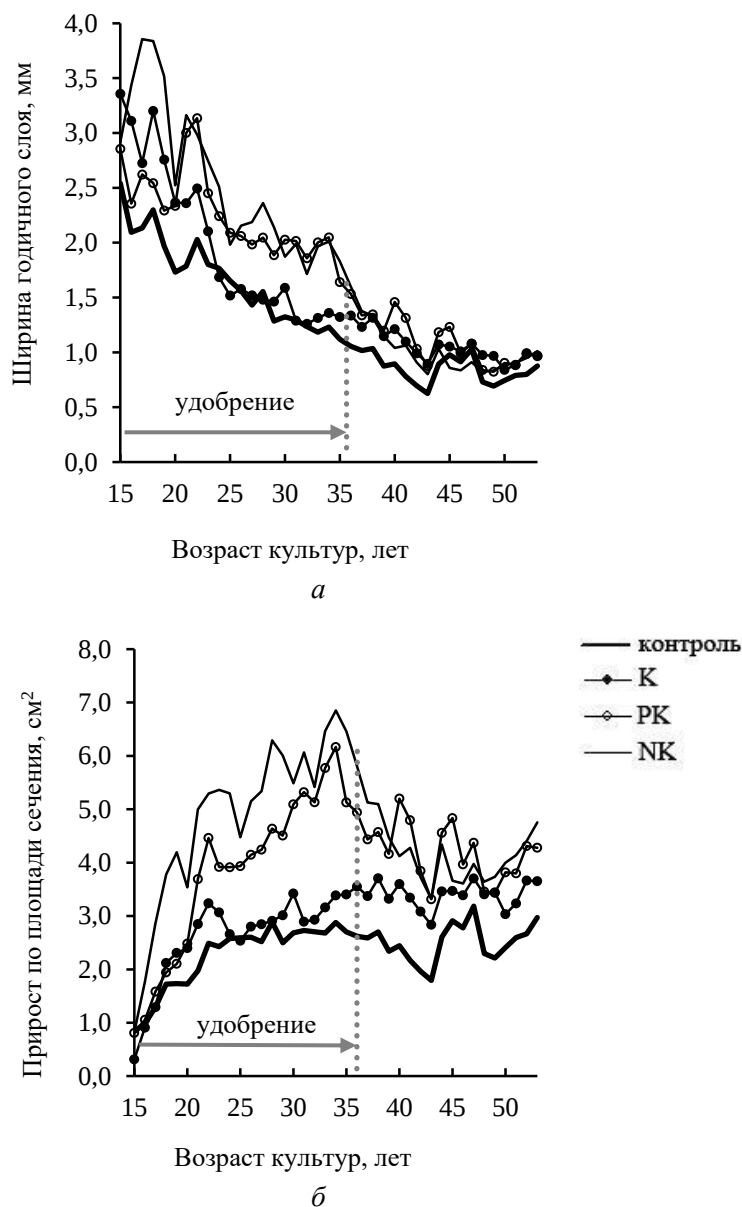


Рис. 2. Динамика радиального прироста (а) и площади сечения ствола (б) при ежегодном внесении различных видов калийных удобрений

Внесение калия отдельно и вместе с фосфором и азотом способствовало увеличению прироста сосны по площади сечения за весь период наблюдений. Причем последствие калия на средний периодический прирост проявилось сильнее, чем в период внесения удобрений, что, видимо, связано с его

накоплением и закреплением в живом напочвенном покрове [15]. Совместное внесение калия с азотом, острый дефицит которого отмечается на песчаных почвах таежной зоны, обеспечило максимальное повышение среднепериодического прироста по площади сечения в период внесения удобрений, но после прекращения подкормок наблюдалось его снижение (табл. 2). Положительное последствие азотно-калийных и фосфорно-калийных удобрений на средний периодический прирост сосны по площади сечения было практически равным.

Таблица 2

Влияние калийных удобрений на средний периодический прирост сосны по площади поперечного сечения

Вариант опыта	Средний периодический прирост					
	за весь период наблюдений		в том числе			
			при внесении удобрений (15...36 лет)		последствие (37...53 года)	
	см ² /‰*	t**	см ² /‰	t**	см ² /‰	t**
Контроль	$2,4 \pm 0,08$ 100	—	$2,3 \pm 0,13$ 100	—	$2,5 \pm 0,09$ 100	—
К	$3,0 \pm 0,12$ 125	4,16	$2,6 \pm 0,18$ 113	1,35	$3,4 \pm 0,06$ 136	8,32
РК	$4,0 \pm 0,19$ 167	7,76	$3,9 \pm 0,33$ 170	4,51	$4,2 \pm 0,13$ 168	10,75
НК	$4,6 \pm 0,20$ 192	10,20	$4,9 \pm 0,33$ 213	7,33	$4,1 \pm 0,13$ 164	10,12

* С ошибкой определения. ** $t_{\text{табл}} = 1,99$.

Анализ данных, полученных начиная с 15-летнего возраста культур до прекращения подкормок их минеральными удобрениями, показал, что внесение хлористого калия вызвало увеличение площади поперечного сечения сосны на 15 %, фосфорно-калийного удобрения – на 69 %, азотно-калийного – на 115 % по сравнению с контролем (рис. 3). В результате последствия внесенных удобрений площадь сечения сосны на высоте 1,3 м увеличилась соответственно на 35, 67 и 65 %. В целом за весь период наблюдений калий обеспечил ее увеличение в 1,2, фосфор с калием – в 1,7, азот с калием – в 1,9 раза.

Ежегодное длительное внесение одного калийного удобрения не оказало достоверного влияния на среднюю ширину годичного кольца 53-летних культур сосны. Фосфорно-калийное и азотно-калийное удобрения увеличили его соответственно на 31 и 38 %, что привело к незначительному снижению количества слоев в 1 см древесины. Несмотря на ежегодное внесение калия в течение 30 лет, доля поздней древесины осталась без изменения, при подкормках смешанными удобрениями она повысилась на 13...17 %. Присутствие азота в их составе привело к снижению базисной плотности древесины на 7 % (табл. 3).

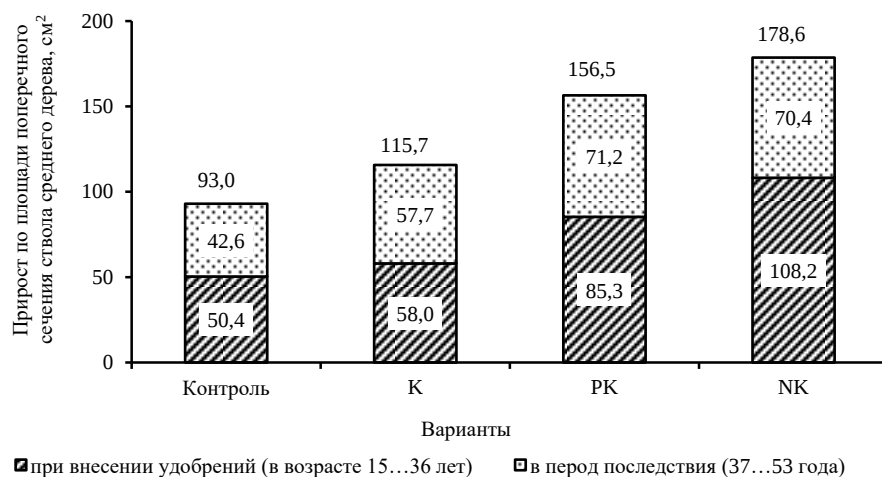


Рис. 3. Влияние калийных удобрений на площадь поперечного сечения ствола среднего дерева

Таблица 3

Влияние калийных удобрений на качество древесины

Вариант опыта	Средние		t**	Доля поздней древесины, %	t**	Базисная плотность древесины*, кг/м³	t**
	количество слоев в 1 см древесины	ширина годовичного слоя*, мм					
Контроль	7,7	1,3 ± 0,08	—	24 ± 0,8	—	430 ± 9	—
К	6,3	1,6 ± 0,11	1,93	24 ± 0,7	0,06	413 ± 7	1,40
PK	5,9	1,7 ± 0,11	3,26	27 ± 0,9	2,26	418 ± 8	0,98
NK	5,6	1,8 ± 0,15	3,25	28 ± 0,7	3,29	400 ± 9	2,32

* С ошибкой определения. ** $t_{\text{табл}} = 1,99$.

Поскольку варианты с применением смешанных удобрений существенно не различались по средней ширине годовичного слоя и доле поздней древесины, то можно предположить, что снижение плотности древесины под воздействием азотных удобрений произошло за счет уменьшения толщины стенок поздних трахеид и (или) увеличения размеров люмена. На это указывают результаты исследований В.А. Козлова [6] по изучению влияния удобрений на макроструктуру древесины, проведенные в том же районе Карелии в условиях сосняка брусничного.

Содержание поздней древесины находилось в обратной зависимости от ширины годовичного слоя. С повышением радиального прироста доля поздней

древесины интенсивней снижалась на контроле. Калийные удобрения несколько замедляли этот процесс. Введение азота в состав удобрений обеспечило максимальную долю поздней древесины (рис. 4). Это может быть связано с уменьшением толщины клеток ранних и увеличением числа рядов поздних трахеид за счет удлинения периода вегетации [1, 2].

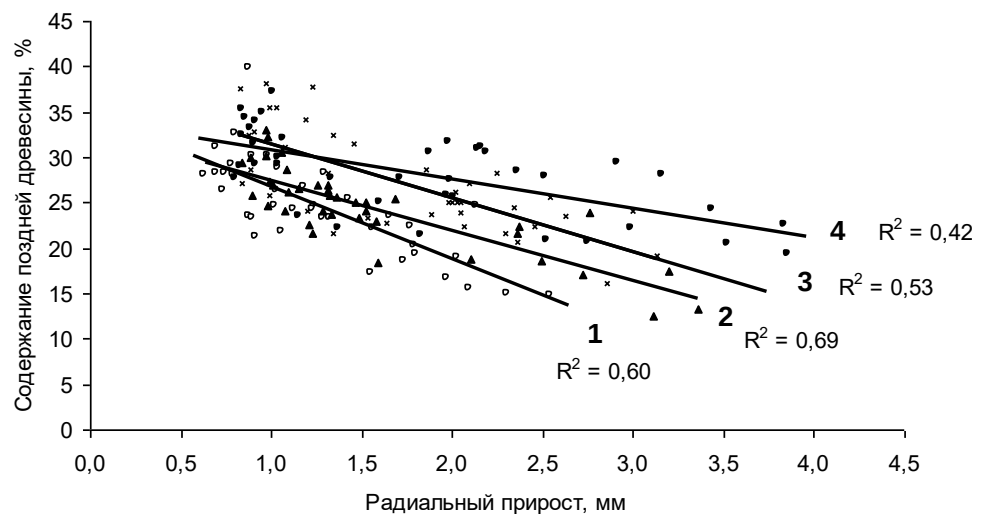


Рис. 4. Зависимость содержания поздней древесины в годичном слое от радиального прироста при ежегодном внесении различных видов калийных удобрений: 1 – контроль; 2 – K; 3 – PK; 4 – NK

Заключение

Последствие влияния хлористого калия на прирост сосны по площади сечения ствола, который был более информативен, чем прирост по диаметру, прослеживалось до конца наблюдений в течение 17 лет. Эффективность влияния калия на средний периодический прирост по площади сечения была достоверно выше, чем во время проведения подкормок. Это объясняется постепенным освобождением запасов калия из растений в процессе биологического круговорота и вымыванием из почвы хлора, оказывающего негативное воздействие на корневую систему сосны.

За весь период наблюдений (от 15 до 53 лет) калийное удобрение обеспечило увеличение площади сечения среднего дерева в 1,2 раза по сравнению с контролем, но более эффективными оказались фосфорно-калийное (в 1,7 раза) и азотно-калийное (в 1,9 раза) удобрения.

Ежегодное применение хлористого калия в течение 30 лет не оказало существенного влияния на среднее количество слоев в 1 см древесины и средний

радиальный прирост. Включение в состав удобрений фосфора и азота привело к ухудшению указанных показателей, но при этом вызвало повышение доли поздней древесины. Внесение азотно-калийных удобрений в посевах сосны на паловых вырубках сосняков брусничных обеспечило достижение максимального диаметра и запаса древостоя, но достоверно снизило плотность древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.М. Изменчивость макростроения древесины сосны, выращенной с применением удобрений // Вестн. КрасГАУ. 2015. №1. С. 179–183.
2. Баглай А.Н., Струков В.И. Минеральные удобрения как фактор повышения продуктивности культур сосны // Лесн. журн. 1972. № 5. С. 16–20. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Бузыкин А.И., Дашковская И.С., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Реакция сосны на изменение азотного питания // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск: АГТУ, 2003. Вып. 6. С. 91–97.
4. Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий природных пожаров в России в 2010 г. Режим доступа: http://www.yabloko.ru/mneniya_i_publicatsii/2010/09/14
5. Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С., Иванчиков А.А., Морозова Р.М. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977. 304 с.
6. Козлов В.А. Изменение структуры древесины под влиянием внесения минеральных удобрений // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1980. С. 55–71.
7. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Клюквина Н.А., Авдеев Ю.М., Щекалев Р.В. Влияние рубок ухода, внесения удобрений и их комплексного использования на свойства древесины сосны в культурах // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2009. № 1(64). С. 95–99.
8. Кошельков С.П. Режим питания сосновых древостоев южной тайги // Лесоведение. 1967. № 4. С. 64–70.
9. Крутов В.И. Грибные болезни хвойных пород в искусственных ценозах таежной зоны Европейского Севера СССР. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1989. 208 с.
10. Крутов В.И., Волкова И.П., Кивиниеми С.Н., Тимофеев А.В. Влияние удобрений на сохранность культур сосны и распространение грибных болезней и энтомофитов // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. С. 93–112.
11. Куликова В.К. Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. С. 24–41.

12. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 424 с.
13. Луганский Н.А., Шавронский В.А., Годовалов Г.А., Запаранюк А.Е. Применение минеральных удобрений в сосняках Среднего Урала // Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное рациональное лесопользование в свете решений XXVI съезда КПСС. Архангельск: АИЛиЛХ, 1983. С. 121–122.
14. Морозова Р.М., Федорец Н.Г. Современные процессы почвообразования в хвойных лесах Карелии. Петрозаводск: Карел. НЦ РАН, 1992. 282 с.
15. Ронконен Н.И., Куликова В.К. Влияние удобрений на развитие напочвенного покрова // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. С. 42–52.
16. Степаненко И.И. Влияние удобрений на анатомическое строение древесины сосны в разных типах леса // Лесн. журн. 2000. № 4. С. 129–134. (Изв. высш. учеб. заведений).
17. Степаненко И.И. Повышение продуктивности сосновых насаждений в результате внесения минеральных удобрений // Лесн. журн. 2005. № 4. С. 61–69. (Изв. высш. учеб. заведений).
18. Суворов В.И. Физиологическое действие минеральных удобрений на сосну и ель в культурах на вырубках // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Минск: БелНИИЛХ, 1974. С. 61–65.
19. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М. Оценка продуктивности лесных почв Карелии. Петрозаводск: Карел. НЦ РАН, 2000. 195 с.
20. Чумак Н.Ф. Микоризы сосны на песчаных почвах в связи с применением удобрений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1981. 25 с.
21. Шубин В.И. Влияние удобрений на рост культур сосны на песчаных почвах // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. Петрозаводск: Карел. филиал АН СССР, 1977. С. 66–77.
22. Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И. Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. Петрозаводск: Карел. НЦ АН СССР, 1991. 176 с.
23. Шутов И.В., Маслакова Е.Л., Маркова И.А. и др. Лесные плантации. (Ускоренное выращивание ели и сосны). М.: Лесн. пром-сть, 1984. 248 с.
24. Haapanen T., Hari P., Kellomaki S. Effect of Fertilization and Thinning on Radial Growth of Scots Pine. *Silva Fennica*, 1979, vol. 13(2), pp. 184–189.
25. Jacobson S., Pettersson F. Growth Responses Following Nitrogen and N-P-K-Mg Additions to Previously N-Fertilized Scots Pine and Norway Spruce Stands on Mineral Soils in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 2001, vol. 31(5), pp. 899–909.
26. Makinen H., Uusvaara O. Effect of Fertilization on the Branchiness and Wood Quality of Scots Pine. *Folia forestalia*, 1992, vol. 801.

Поступила 01.03.16

UDC 630*232.33

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.42

The Effect of Long-Term Mineral Fertilizers Treatment on the Pine Diameter Growth at Plantings in the Burnt Clear-Cuts with Sandy Soils. I. The Consequence of the 30-Year Annual Treatment of Potash Fertilizers on the Pine Diameter Growth and Wood Quality

A.I. Sokolov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

A.N. Pekkoev, Candidate of Agricultural Sciences, Research Officer

V.A. Kharitonov, Management Engineer

Forestry Research Institute of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya ul., 11, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation;

e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

The paper considers the problem of restoration of forest communities, destroyed by timber harvesting and subsequent fires. The study object was a 53-year-old pine crop seeded in 1961 in a burnt clear-cut of the heather type with sandy soils. The work objective was the research of the aftereffect of the 30-year annual potash fertilizers treatment on the pine diameter growth and wood quality. The fertilizers (potassium chloride (K), superphosphate (P), urea (N)) were applied annually from 1967 to 1996. The experimental design was: control (without fertilization), K, PK, NK. The aftereffect of potash chloride on the increment of the basal area growth of a tree stem, which was more informative than the increase in diameter, was observed until the end of the investigations. The effectiveness of the potassium aftereffect on the average periodic mean annual basal area growth was significantly higher than at the period of supplementary fertilizers. Over the entire observation period (from the age of 15 years to 53 years) the potash fertilizer provided an increase in the basal area of an average tree by a factor of 1.2 compared to the control indicator. However, the phosphate-potassium (by a factor of 1.7) and nitrogen-potash (by a factor of 1.9) fertilizers proved to be more effective. The annual potash chloride application for 30 years had not affected significantly on the average number of layers in 1 cm of wood and the average radial increment. The addition of phosphorus and nitrogen to the fertilizers deteriorated the studied parameters, but simultaneously caused the increase in the proportion of latewood. Nitrogen-potash fertilizers provided the maxima of a mean diameter and a growing stock but reduced the wood density.

Keywords: pine crop, forest fire, wood macrostructure, mineral fertilizer, burnt clear-cut, latewood, radial increment.

For citation: Sokolov A.I., Pekkoev A.N., Kharitonov V.A. The Effect of Long-Term Mineral Fertilizers Treatment on the Pine Diameter Growth at Plantings in the Burnt Clear-Cuts with Sandy Soils. I. The Consequence of the 30-Year Annual Treatment of Potash Fertilizers on the Pine Diameter Growth and Wood Quality. *Lesnoy zhurnal*, 2016, no. 6, pp. 42–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.42

REFERENCES

1. Antonov A.M. Izmenchivost' makrostroeniya drevesiny sosny, vyrashchennoy s primeneniem udobreniy [Wood Macrostructure Variability of Pine Grown with the Use of Fertilizers]. *Vestnik KrasGAU* [the Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 1, pp. 179–183.
2. Baglay A.N., Strukov V.I. Mineral'nye udobreniya kak faktor povysheniya produktivnosti kul'tur sosny [Mineral Fertilizers as a Productivization Factor of Pine Crops]. *Lesnoy zhurnal*, 1972, no. 5, pp. 16–20.
3. Buzykin A.I., Dashkovskaya I.S., Pshenichnikova L.S., Sukhovol'skiy V.G. Reaktsiya sosny na izmenenie azotnogo pitaniya [Pine Reaction to the Change of Nitrogen Nutrition]. *Ekologicheskie problemy Severa* [Ecological Problems of the North]. Arkhangelsk, 2003, vol. 6, pp. 91–97.
4. *Zaklyuchenie Obshchestvennoy komissii po rassledovaniyu prichin i posledstviy prirodnnykh pozharov v Rossii v 2010 g.* [Conclusion of the Public Commission for the Investigation of the Causes and Consequences of Wildfires in Russia in 2010]. Available at: http://www.yabloko.ru/mneniya_i_publicatsii/2010/09/14.
5. Kazimirov N.I., Volkov A.D., Zyabchenko S.S., Ivanchikov A.A., Morozova R.M. *Obmen veshchestv i energii v sosnovykh lesakh Evropeyskogo Severa* [Metabolism and Energy Change in Pine Forests of the European North]. Leningrad, 1977. 304 p.
6. Kozlov V.A. Izmenenie struktury drevesiny pod vliyaniem vneseniya mineral'nykh udobreniy [Changing of the Wood Structure Under the Influence of Mineral Fertilizers]. *Vliyanie usloviy proizvodstva i lesokhozyaystvennykh meropriyatiy na svoystva drevesiny i tsellyulozy* [The Effect of Growing Conditions and Forest Management Activities on Wood and Pulp Properties]. Petrozavodsk, 1980, pp. 55–71.
7. Korchagov S.A., Gribov S.E., Klyukvina N.A., Avdeev Yu.M., Shchekalev R.V. Vliyanie rubok ukhoda, vneseniya udobreniy i ikh kompleksnogo ispol'zovaniya na svoystva drevesiny sosny v kul'turakh [Impact of Thinning, Fertilizer Application and Their Integrated Use on Wood Properties in Pine Cultures]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik], 2009, no. 1(64), pp. 95–99.
8. Koshel'kov S.P. Rezhim pitaniya sosnovykh drevostoev yuzhnoy taygi [Nutrition Regime of Pine Stands in the Southern Taiga]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1967, no. 4, pp. 64–70.
9. Krutov V.I. *Gribnye bolezni khvoynykh porod v iskusstvennykh tsenozakh taezhnoy zony Evropeyskogo Severa SSSR* [Fungal Diseases of Conifers in Artificial Cenoses of the Taiga Zone of the European North of the USSR]. Petrozavodsk, 1989. 208 p.
10. Krutov V.I., Volkova I.P., Kiviniemi S.N., Timofeev A.V. Vliyanie udobreniy na sokhrannost' kul'tur sosny i rasprostraneniye gribnykh bolezney i entomovrediteley [The Effect of Fertilizers on the Conservation of Pine Plantations and Spread of Fungal Diseases and Pests]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe* [Improving the Efficiency of Reforestation in the North]. Petrozavodsk, 1977, pp. 93–112.
11. Kulikova V.K. Izmenenie agrokhimicheskikh svoystv pochv pri vnesenii mineral'nykh udobreniy [Changes of the Soil Agrochemical Properties in Fertilizing]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe* [Improving the Efficiency of Reforestation in the North]. Petrozavodsk, 1977, pp. 24–41.
12. Lyr H., Polster H., Fiedler H.J. *Gehölzphysiologie*. Vienna, 1967.
13. Luganskiy N.A., Shavronskiy V.A., Godovalov G.A., Zaporanyuk A.E. *Primenenie mineral'nykh udobreniy v sosnyakh Srednego Urala* [Application of Mineral

Fertilizers in the Pine Forests in the Middle Urals]. *Problemy povysheniya produktivnosti lesov i perekhoda na nepreryvnoe ratsional'noe lesopol'zovanie v svete resheniy XXVI s"ezda KPSS* [The Problems of Productivization of Forests and the Transition to the Continuous Sustainable Forest Management in the Context of Decisions of the 26th Congress of the CPSU]. Arkhangelsk, 1983, pp. 121–122.

14. Morozova R.M., Fedorets N.G. *Sovremennye protsessy pochvoobrazovaniya v khvoynykh lesakh Karelii* [Current Soil Formation Processes in the Coniferous Forests of Karelia]. Petrozavodsk, 1992. 282 p.

15. Ronkonen N.I., Kulikova V.K. Vliyanie udobreniy na razvitie napochvennogo pokrova [The Effect of Fertilizers on the Ground Cover Development]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe* [Improving the Efficiency of Reforestation in the North]. Petrozavodsk, 1977, pp. 42–52.

16. Stepanenko I.I. Vliyanie udobreniy na anatomicheskoe stroenie drevesiny sosny v raznykh tipakh lesa [The Effect of Fertilizers on the Anatomical Structure of Pine Wood in Different Forest Types]. *Lesnoy zhurnal*, 2000, no. 4, pp. 129–134.

17. Stepanenko I.I. Povyshenie produktivnosti sosnovykh nasazhdeniy v rezul'tate vneseniya mineral'nykh udobreniy [Increasing Productivity of Pine Stands by Mineral Fertilizers Application]. *Lesnoy zhurnal*, 2005, no. 4, pp. 61–69.

18. Suvorov V.I. Fiziologicheskoe deystvie mineral'nykh udobreniy na sosnu i el' v kul'turakh na vyrubkakh [The Physiological Effect of Mineral Fertilizers on Pine and Spruce in Crops in Fellings]. *Primenenie mineral'nykh udobreniy v lesnom khozyaystve* [The Use of Mineral Fertilizers in Forestry]. Minsk, 1974, pp. 61–65.

19. Fedorets N.G., Morozova R.M., Sin'kevich S.M., Zagural'skaya L.M. *Otsenka produktivnosti lesnykh pochv Karelii* [Evaluation of Forest Soil Productivity in Karelia]. Petrozavodsk, 2000. 195 p.

20. Chumak N.F. *Mikorizy sosny na peschanykh pochvakh v svyazi s primeneniem udobreniy*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Mycorrhizae of Pine on Sandy Soils due to the Application of Fertilizers: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Petrozavodsk, 1981. 25 p.

21. Shubin V.I. Vliyanie udobreniy na rost kul'tur sosny na peschanykh pochvakh [The Effect of Fertilizers on the Pine Crops Growth on Sandy Soils]. *Povyshenie effektivnosti lesovosstanovitel'nykh meropriyatiy na Severe* [Improving the Efficiency of Reforestation in the North]. Petrozavodsk, 1977, pp. 66–77.

22. Shubin V.I., Geles I.S., Krutov V.I., Morozova R.M., Sokolov A.I. *Povyshenie proizvoditel'nosti kul'tur sosny i eli na vyrubkakh* [The Improvement in the Productivity of Pine and Spruce Crops in Fellings]. Petrozavodsk, 1991. 176 p.

23. Shutov I.V., Maslakova E.L., Markova I.A. et al. *Lesnye plantatsii (Uskorennoe vyrashchivanie eli i sosny)* [Forest Plantations (a Quickened Growth of Spruce and Pine)]. Moscow, 1984. 248 p.

24. Haapanen T., Hari P., Kellomaki S. Effect of Fertilization and Thinning on Radial Growth of Scots Pine. *Silva Fennica*, 1979, vol. 13(2), pp. 184–189.

25. Jacobson S., Pettersson F. Growth Responses Following Nitrogen and N-P-K-Mg Additions to Previously N-Fertilized Scots Pine and Norway Spruce Stands on Mineral Soils in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 2001, vol. 31(5), pp. 899–909.

26. Makinen H., Uusvaara O. Effect of Fertilization on the Branchiness and Wood Quality of Scots Pine. *Folia forestalia*, 1992, vol. 801.

Received on March 01, 2016