

ЛИСТОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

А. Б. Беляев, Д. И. Щеглов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 15.03.2011 г.

Аннотация. Показана взаимосвязь продуктивности древесных пород и содержания биофильных элементов в ассимилирующих органах растений. При этом наиболее показательной оценкой является не общее содержание элементов, а их соотношение. Выявлено, что снижение продуктивности древесных пород сопровождается уменьшением в листьях или хвое доли азота при некотором увеличении (уменьшении) фосфора и калия.

Ключевые слова: листовая диагностика, интродукция, азот, фосфор, калий, соотношение элементов питания, статистическая обработка, бонитет.

Abstract. The interrelation of efficiency of tree species and the maintenance biophilic elements in assimilating bodies of plants is shown. Thus the most indicative estimation is not the general maintenance of elements, and their parity. It is revealed that decrease in efficiency of tree species is accompanied by reduction in leaves or needles of a share of nitrogen at some increase (reduction) of phosphorus and potassium.

Keywords: sheet diagnostics, introduction, nitrogen, phosphorus, potassium, a parity of elements of a food, statistical processing, class of growth.

ВВЕДЕНИЕ

Много лет в лесоводственной практике как за рубежом, так и в нашей стране широко используется метод растительной (хвое-листовой) диагностики. Основан он на тесной зависимости между содержанием физиологически важных элементов в ассимилирующих органах (хвои, листьев) и продуктивностью растений.

Обширную сводку литературы по данному вопросу привел И. И. Смольянинов [1]. По мнению многих исследователей этот метод достаточно информативен при условии соблюдения стандартных требований, влияющих на поступление, превращение и содержание питательных веществ в растении [2—8]. Концентрация последних зависит от биологических особенностей древесной породы, ее возраста, места отбора хвои (листьев) в кроне, стадии их развития, времени года и суток взятия образцов, погодных условий, почвенного покрова и т. п.

При этом важным условием является установление предельных концентраций элементов в хвое (листьях) высоко и мало продуктивных насаждений. Особое значение листовой анализ имеет при исследовании интродуцированных древесных пород.

Оптimum каждого элемента в хвое (листьях) не является строго определенной величиной и зависит

от почвенных, климатических и биологических показателей. Поэтому важной задачей таких исследований является накопление фактического материала для возможно большего числа видов древесных пород в различных условиях местообитания. С этой целью нами определялось содержание **Н, Р, К в хвое и листьях некоторых лесообразующих интродуцированных древесных пород.** В качестве эталонных использовались местные древесные породы из тех же семейств: для хвойных обычно сосна обыкновенная и ель европейская, для лиственных — дуб черешчатый.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в районах первичной интродукции лесообразующих древесных пород в европейской части России, от западных границ до Поволжья, а также в сопредельных государствах: Беларуси, Украины, Прибалтики.

На территории России исследования проводились в Калининградской, Брянской, Воронежской, Курской, Липецкой, Нижегородской, Орловской, Пензенской областях, республиках Карелия, Марий Эл и Татарстан, в Украине — Волынской, Житомирской, Закарпатской, Ивано-Франковской, Киевской, Кировоградской, Львовской, Хмельницкой, Черниговской областях, Беларуси — Брестской, Минской областях и в Эстонии — в Таллинском и Тартуском лесхозах.

Почвенный покров под интродуцированными древесными породами в различных природных зонах бореального и суббореального поясов Русской равнины представлен типами и подтипами почв, различными по своему генезису, степени выраженности почвообразовательного процесса и уровню плодородия: песчаными, дерновыми, дерново-подзолистыми, бурыми лесными (равнинными и горными), светло и темно-серыми лесными почвами, выщелоченными, типичными и обыкновенными черноземами.

В исследования были включены насаждения интродуцированных древесных пород: сосна веймутова — *Pinus strobus* L.; сосна Муррея — *P. murrayana* Balf.; псевдотсуга Мензиса — *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; дуб северный (бореальный) — *Quercus borealis* Michx. f.; и для сравнения насаждения местных лесообразующих древесных пород: сосна обыкновенная — *Pinus sylvestris* L.; ель европейская — *Picea abies* L.; дуб черешчатый — *Quercus robur* L.

Таксационные показатели определялись на временных пробных площадях, в местах произрастания интродуцентов. Всего было заложено более 150 пробных площадей (п.п.).

Отбор хвои (листьев) текущего года проводили в соответствии с имеющимися рекомендациями [8—13]. Хвоя (листья) брались не менее чем с 6 деревьев из средней части кроны с хорошо развитых ветвей, с южной наиболее освещенной стороны. Полученный смешанный образец высушивался при температуре не выше +60°C, размалывался до размера менее 0,5 мм. Определение азота, фосфора и калия проводилось из одной навески мокрым озолением [14] с инструментальным окончанием просмотра вытяжки. Результаты пересчитывались в соотношение элементов и увязывались с бонитетом насаждений. Полученный полевой и лабораторный материал был проанализирован с помощью метода статистического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение химических и физико-химических свойств почв под интродуцированными (и местными) древесными породами позволяет сделать определенные выводы об уровне их плодородия.

По содержанию гумуса (усредненные данные) все исследованные почвы: черноземы выщелоченные (Ч^В), темно-серые (Л₃) и светло-серые (Л₁) лесные, бурые лесные (Лб) — равнинные и горные, дерново-подзолистые (П^Д) различных провинций соответствуют их генетическим особенностям.

Длительное произрастание древесных пород сопровождается накоплением органического вещества в виде подстилки и опада, что способствует гумусообразованию. По содержанию гумуса в верхнем 10 см слое исследуемые почвы можно расположить в следующий убывающий ряд: Ч^В — 8,3 % → Л₃ — 7,6 → Лб (равнинные) — 4,6 → П^Д (Поволжье) — 4,1 → Лб (горные) — 3,9 → П^Д (северо-запад) — 3,0 → П^Д (юго-запад) — 2,6 → Л₁ — 1,5 %.

Характерной особенностью изучаемых почв под древесными насаждениями является сильно-кислая и кислая (в большинстве случаев) реакция почв (величина $pH_{KCl} < 4,5$), особенно в светло-серых лесных, бурых лесных, дерново-подзолистых почвах. Слабокислая реакция (pH 5,3) отмечается только в темно-серых лесных почвах под дубравами, что можно объяснить листовым опадом дуба, сопутствующих пород (ясень, клен) и подлеска, богатых кальцием.

Первоначально на стационарном участке (ФГУП — дендропарк ЛОСС) исследовались сроки отбора образцов в период, характеризующийся наиболее стабильным содержанием основных питательных элементов в хвое (листьях). В дальнейшем в этот оптимальный период (август-сентябрь-ноябрь) изучалось содержание N, P, K в хвое (листьях) насаждений наиболее распространенных интродуцентов с целью установления их индикаторного содержания, при которых насаждения имеют продуктивность на уровне Ia-I классов бонитета.

Исследования показали, что начиная с момента распускания почек и до окончания роста побегов у всех без исключения видов хвойных происходит падение общего содержания N, P, K в хвое. Так, у видов пихты ($n = 10$) среднее содержание азота снижалось от 1.65 % в июле до 1.53 % в сентябре и до 1.47 % в ноябре, у видов сосны ($n = 8$), соответственно — 1.56 % — 1.46 % — 1.48 %. По фосфору у видов пихт, соответственно 0.44—0.39—0.34 %, у сосен — 0.37—0.35—0.33 %, по калию, соответственно, — 0.83—0.77—0.62 % — у пихт и 0.74—0.66—0.59 % — у сосен. В период одревеснения побегов (июль-сентябрь) это содержание практически стабилизируется на одном уровне, сохраняя лишь небольшую тенденцию к уменьшению в течение остального периода. За это время в среднем для исследованных видов отклонения не превышают 10 %, что соизмеримо с отклонениями, связанными с другими факторами (отбор образцов, возраст насаждений и т. д.) [10].

В мае следующего года в хвое содержание азота, примерно такое же как в сентябре-ноябре предыдущего года, а фосфора и калия несколько ниже: у пихт — 1.45 % N — 0.29 % P — 0.43 % K, у сосен — 1.48 % N — 0.32 % P — 0.46 % K.

У лиственных древесных пород в течение июля — августа и в сентябре (начало листопада) содержание азота уменьшалось незначительно. Так, у видов дуба — от 2.91 % в июле до 2.79 % в сентябре, у березы бумажной — от 2.63 % до 2.57 %.

Исходя из этого, можно принять период с августа по сентябрь для лиственных и по ноябрь для хвойных как время достаточной стабилизации N, P, K в ассимиляционном аппарате и оптимальный срок для отбора образцов.

В этот же период стабилизируется содержание этих элементов и у местных древесных пород, взятых в качестве эталонных (ель европейская, сосна обыкновенная, дуб черешчатый). В последующем во время экспедиционных исследований в различных районах европейской части бывшего СССР мы придерживались этих сроков отбора образцов хвои (листьев).

Насаждения и куртины различных видов интродуцированных древесных пород имели продуктивность на уровне в основном Iа-II (редко III) классов бонитета. Соответственно этому, соотношение N:P:K в хвое (листьях) было различным. Для ряда местных древесных пород, в основном сосны, ели и дуба, получены так называемые «предельные числа» достаточности или недостаточности содержания азота, фосфора и калия в хвое (листьях). Однако для большинства интродуцированных древесных пород, за исключением видов пихты [15], таких данных нет.

Исследования показали, что пределами обеспечивающими высокую продуктивность псевдотсуги Мензиса на уровне I-Iа класса бонитета являются величины их содержания в хвое текущего года: азота 1,4—1,8 %, фосфора — 0,20—0,39 % и калия — 0,60—0,92 %. Однако эти данные не дают четких критериев для различных классов роста. Более показательной оценкой продуктивности оказалось соотношение элементов в хвое [16].

Рассчитанные коэффициенты соотношений элементов показывают определенную закономерность этих соотношений в зависимости от класса роста (таблица). Так, для самого высокого Iа класса бонитета псевдотсуги соотношение N:P:K составляет 61,3:9,5:29,7, что близко для имеющихся данных по ели европейской [16], которая принята в качестве эталонной породы. Для I класса бони-

тета псевдотсуги это соотношение составляет 55,4:16,2:28,4 и для II класса — 53,6:13,6:32,8 соответственно. Из этого следует, что вместе с ухудшением роста ослабляется накопление азота в хвое и значительно увеличивается содержание фосфора при некоторой индифферентности калия. То есть, если отношение 61,3:9,5:29,7 принять как некое «видовое генотипическое отношение» [16], то всякое отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания и скажется на ухудшении роста.

Пределами, обеспечивающими высокую продуктивность на уровне Iа класса бонитета, у сосны веймутовой, являются величины содержания в хвое азота 1,9 %, фосфора 0,37 % и калия — 0,6—0,7 %. Для первого класса бонитета соответственно: 1,7—1,9 % N, 0,37—0,45 % P₂O₅ и > 0,7 % K₂O.

По этим данным было рассчитано соотношение элементов в хвое. Коэффициенты показывают, что для самого высокого Iа класса бонитета соотношение: N:P:K составляет 64,2:12,6:23,2, что несколько меньше по азоту и калию и больше по фосфору, чем у сосны обыкновенной — 65,4:10,4:24,3, взятой в качестве контрольной породы в местах произрастания сосны веймутовой, и соответствуют литературным данным [4, 17]. Для I класса бонитета это соотношение составляет у сосны веймутовой 61,8:13,7:24,5, для II класса — 61,6:16,7:21,7, т.е. с повышением содержания фосфора в хвое происходит нарушение равновесия между элементами-биофилами, что приводит к ухудшению роста сосны веймутовой.

Таким образом, отношение 64,2:12,6:23,2 можно принять в качестве «видового генотипического отношения» для Iа класса бонитета сосны веймутовой. Отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания и скажется на ухудшении роста.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности и возможности выращивания сосны веймутовой на уровне Iа-I класса бонитета в широком диапазоне почвенно-климатических условий на европейской территории России.

Аналогичный анализ был проведен и по зависимости роста культур сосны Муррея от почвенно-климатических условий. В качестве эталонной породы для сравнения также была взята сосна обыкновенная, произрастающая в аналогичных условиях.

Проведенная оценка продуктивности насаждений сосны Муррея в зависимости от условий по-

Таблица
Статистические показатели содержания азота, фосфора и калия в хвое (листьях) и соотношение этих элементов в зависимости от классов бонитета

Древесная порода	Класс бонитета	Элементы	n	Статистические показатели						Соотношение элементов	
				x	S	Sx	max	min	V, %		
Псевдотсуга Мензиса	Ia	N	6	1,55	0,16	0,07	1,71	1,39	10,3	61,3;9,5;29,7	
		P	6	0,24	0,08	0,03	0,32	0,16	35,0		
		K	6	0,74	0,13	0,05	0,87	0,61	17,4		
	I	N	3	1,50	0,25	0,14	1,96	1,04	16,7	55,4;16,2; 28,4	
		P	3	0,44	0,12	0,07	0,65	0,23	26,1		
		K	3	0,77	0,09	0,05	0,93	0,61	11,2		
II	N	N	4	1,50	0,09	0,04	1,62	1,38	5,7	53,6;13,6;32,8	
		P	4	0,38	0,13	0,06	0,56	0,20	33,7		
	K	N	4	0,92	0,13	0,06	1,10	0,74	13,7		
		P	4	1,53	0,09	0,38	1,62	1,44	6,1		
Ель европейская — контроль для псевдотсуги	Ia	P	6	0,36	0,12	0,05	0,48	0,24	34,4	56,0;12,8;31,2	
		K	6	0,88	0,16	0,06	1,04	0,72	18,1		
		N	9	1,38	0,06	0,02	1,42	1,34	4,1		
	I	P	9	0,39	0,08	0,03	0,45	0,33	21,5	53,9;15,2;30,9	
		K	9	0,79	0,22	0,07	0,95	0,63	27,2		
		N	7	1,88	0,19	0,07	2,05	1,71	9,95		
Сосна веймутова	Ia	P	7	0,37	0,07	0,03	0,43	0,31	17,8	64,2;12,6;23,2	
		K	7	0,68	0,13	0,05	0,80	0,56	19,0		
	I	N	4	1,81	0,20	0,10	2,09	1,53	11,0	61,8;13,7;24,5	
		K	4	0,40	0,01	0,01	0,41	0,39	2,5		
Сосна обыкновенная — контроль для сосны веймутовой	II	K	4	0,72	0,02	0,01	0,75	0,69	3,3	61,6;16,7;21,7	
		N	7	1,73	0,18	0,07	1,89	1,57	10,6		
		P	7	0,47	0,11	0,04	0,57	0,37	24,3		
	Ia	K	7	0,61	0,09	0,03	0,69	0,53	14,8	65,4;10,4;24,2	
		N	6	1,76	0,37	0,15	2,12	1,40	20,9		
		P	6	0,28	0,07	0,03	0,35	0,21	25,7		
K	6	0,65	0,16	0,07	0,81	0,49	24,5				

Листовая диагностика продуктивности древесных пород

	I	N	6	1,63	0,28	0,11	1,91	1,35	17,2	62,7:12,7:24,6
		P	6	0,33	0,04	0,02	0,37	0,29	13,3	
		K	6	0,64	0,11	0,04	0,75	0,53	17,0	
	II	N	9	1,54	0,11	0,04	1,62	1,46	6,8	60,2:14,8:25,0
		P	9	0,38	0,06	0,02	0,42	0,34	15,0	
		K	9	0,64	0,09	0,03	0,71	0,57	14,7	
Сосна Муррея	Ia	N	4	1,74	0,25	0,12	2,08	1,40	14,4	64,9:10,8:24,3
		P	4	0,29	0,06	0,03	0,38	0,20	21,4	
	K	4	0,65	0,12	0,06	0,82	0,48	18,8	64,3:12,5:23,2	
	N	4	1,44	0,14	0,07	1,64	1,24	9,8		
	P	4	0,28	0,03	0,01	0,32	0,24	9,3		
	K	4	0,52	0,04	0,02	0,57	0,47	7,5		
Сосна обыкновенная — контроль для сосны Муррея	Ia	N	3	1,66	0,16	0,09	1,96	1,36	9,8	66,2:13,9:19,9
		P	3	0,35	0,02	0,01	0,38	0,32	4,5	
	K	3	0,50	0,01	0,01	0,52	0,48	2,4	63,7:11,3:25,0	
	N	3	1,63	0,12	0,07	1,85	1,41	7,5		
	P	3	0,29	0,02	0,01	0,32	0,26	5,4		
	K	3	0,64	0,14	0,08	0,89	0,39	21,3		
Дуб северный	II	N	3	1,49	0,07	0,04	1,62	1,36	4,7	58,4:15,7:25,9
		P	3	0,40	0,01	0,01	0,42	0,38	2,5	
		K	3	0,66	0,04	0,02	0,73	0,59	6,1	
	Ia	N	5	2,63	0,18	0,08	2,83	2,43	6,7	61,3:13,3:25,4
		P	5	0,57	0,12	0,05	0,71	0,43	21,2	
		K	5	1,09	0,24	0,11	1,37	0,81	22,0	
Дуб черешчатый	I	N	4	2,56	0,20	0,10	2,83	2,29	7,7	57,3:14,1:28,6
		P	4	0,46	0,15	0,08	0,67	0,25	33,5	
		K	4	1,04	0,29	0,15	1,41	0,67	27,8	
	Ia	N	3	2,79	не	рассч.				62,1 :13,6: 24,3
		P	3	0,61						
		K	3	1,09						
Дуб черешчатый	I	N	5	2,48	0,38	0,17	3,20	2,32	13,8	57,3:14,1:28,6
		P	5	0,61	0,15	0,07	0,68	0,34	29,0	
		K	5	1,24	0,16	0,07	1,20	0,82	16,3	
	II	N	4	1,52						52,4:16,2:31,4
		P	4	0,47						
		K	4	0,91						

чвенного плодородия методом листового анализа показала, что пределами, обеспечивающими высокую продуктивность на уровне Ia класса бонитета являются величины содержания в хвое азота — 1,91 %, фосфора — 0,27 % калия — 0,62 %. Для I класса бонитета соответственно: 1,51 %—0,28 %—0,53 %, для II класса — 1,39 %—0,28 %—0,61 %, т.е. с ухудшением класса роста заметно уменьшается накопление в однолетней хвое азота, исходя из чего можно говорить о преобладающей его роли в питании сосны Муррея. Коэффициенты соотношения элементов в хвое показывают определенную закономерность их величины в зависимости от класса роста. Так, для Ia бонитета соотношение N:P:K составляет 64,9:10,8:24,3, для I — соответственно, 64,3:12,5:23,2, для II — 61,1:12,4:26,5.

У сосны обыкновенной, взятой в качестве породы для сравнения в тех же условиях местопрорастания отмечается близкое соотношение элементов (соответственно, Ia — 66,2:13,9:19,9; I — 63,7:11,3:25,0; II — 58,4:15,7:25,9), т.е. — более высокое накопление азота у высокобонитетных насаждений.

Методом листовой диагностики было определено также содержание элементов-биофилов в листьях дуба северного для различных классов бонитета. Исследования показали, что пределами, обеспечивающими высокую продуктивность дуба северного на уровне Ia класса бонитета, являются величины содержания по азоту — 2,65 %, по фосфору 0,53 % и по калию — 1,13 %, для I класса бонитета соответственно, — 2,39—0,48—1,35 %, для II — 1,91—0,35—1,20 %. Рассчитанное соотношение этих элементов (N:P:K) в листьях для Ia класса составляет 61,3:13,3:25,4, для I класса бонитета — 56,6:11,4:32,0, для II — 55,2:10,1:34,7. Здесь проявляется такая же закономерность, как и у хвойных пород, т.е. с уменьшением доли азота и фосфора и возрастом калия нарушается соотношение элементов, что приводит к ухудшению роста дуба северного.

Исследования показали, что пределами, обеспечивающими продуктивность дуба черешчатого на уровне Ia класса бонитета, являются величины: по азоту — 2,79 %, по фосфору — 0,61 % и по калию — 1,09 %. Для I класса соответственно: 2,48—0,61—1,24 %, для II — 1,52—0,47—0,91 %. Коэффициенты по соотношению элементов в листьях свидетельствуют, что для Ia класса бонитета соотношение N:P:K составляет 62,1:13,6:24,3, для I класса бонитета — 57,3:14,1:28,6, для II — 52,4:16,2:31,4, т.е. с уменьшением содержания

азота и увеличением фосфора и калия, происходит ухудшение роста дуба черешчатого.

Таким образом, растительная диагностика может служить достаточно надежным методом оценки продуктивности интродуцированных древесных пород в новых для них условиях местопрорастания.

ВЫВОДЫ

1. Оценка продуктивности насаждений интродуцированных древесных пород по содержанию азота, фосфора, калия в хвое (листьях) текущего года показала, что наиболее достоверным показателем бонитета является соотношение (в %) N:P:K в ассимилирующих органах.

2. Для самого высокого Ia класса бонитета псевдотсуги Мензиса соотношение N:P:K составляет 61,3:9,5:29,7, для сосны веймутовой — 64,2:12,6:23,2, сосны Муррея — 64,9:10,8:24,3, дуба северного — 61,3:13,3:25,4.

При снижении продуктивности закономерно уменьшается доля азота. Это соотношение элементов питания в хвое (листьях) древесных породах можно принять в качестве «видового генотипического отношения». Всякое отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания и скажется на ухудшении роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смольянинов И. И. Проблема оценки лесорастительного эффекта в лесном почвоведении / И. И. Смольянинов // Почвоведение — лесному хозяйству (практические вопросы лесного почвоведения). — Киев: Урожай, 1970. — С. 8—57.
2. Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. — М.: АН СССР, 1963. — 295 с.
3. Костылева Е. В. Методы листового анализа в работах по применению удобрений в лесном хозяйстве / Е. В. Костылева // Лесное хозяйство — 1973. — № 7. — С. 29—31.
4. Лавриченко В. М. Определение потребности леса в удобрении / В. М. Лавриченко // Лесн. хоз-во. — 1968. — № 8. — С 41—43.
5. Лукьянец В. Б. Содержание азота и зольных элементов в листьях дуба различного географического происхождения / В. Б. Лукьянец // Лесоведение. — 1980. — № 1. — С. 52—57.
6. Стебакова В. Н. Листовая диагностика питания сосны обыкновенной на семенных участках и плантациях / В. Н. Стебакова, В. М. Белобородов // Агрохимия. — 1987. — № 3. — С. 59—64.
7. Тимакова Н. С. Соотношение содержания питательных веществ в почвах и древесных растениях в сосновых типах леса / Н. С. Тимакова // Сб.: Фитоце-

ноэкологические исследования в Белоруссии. — Минск: Наука и техника, 1972. — С. 125—130.

8. *Шумаков В. С.* Применение минеральных удобрений в лесу / В. С. Шумаков, Е. Л. Федорова. — М.: Лесная промышленность, 1970. — 88 с.

9. *Richards B. N.* Principles and practice of foliar analysis as a basis for crop-logging in pine plantations. 1 Basic considerations / B. N. Richards, D. V. Bevege // *Plant and Soil* (Holland). — 1972. — Vol. 36, № 1. — P. 109—119.

10. *Smith P. F.* Mineral analysis of plant tissues / P. F. Smith // *Ann. Rev. Pl. Physiol.* — 1962.—Vol. 13. — P. 81—108.

11. *Tamm C. O.* Growth and nutrient concentrations of spruces on various levels of nitrogen fertilizations in plant analysis and fertilizer problems / C. O. Tamm // *Am. Soc. Hort Sci.* — 1964. — Vol. 1. — P. 344—356.

12. *Wehrmann J.* Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen / J. Wehrmann // *Forstwiss.* — 1959. — № 78. — P. 3—4.

13. *Wehrmann J.* Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft / J. Wehrmann // *Landwirtsch. Forsch.* — 1963. — Vol. 16, № 2. — P. 130—145.

14. *Куркаев В. Т.* Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески / В. Т. Куркаев // *Почвоведение.* — 1959. — № 9. — С. 114—117.

15. *Александрович В. Е.* Динамика и индикаторное содержание азота, фосфора и калия в хвое интродуцированных видов пихты / В.Е. Александрович, А.Б. Беляев, Н.А. Болотов // *Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород. Сб. науч. тр., вып. — 3.* Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1976. — С. 115—120.

16. *Лавриченко В. М.* Соотношение элементов питания в растении как видовое генотипическое понятие / В. М. Лавриченко // *Вестн. с.-х. науки.* — 1971. — № 7. — С. 129—134.

17. Справочник по применению удобрений в лесном хозяйстве / Под ред. Победова В. С. [и др.] — М.: Лесная промышленность — 1977. — 184 с.

Беляев Анатолий Борисович — доцент кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета, д.б.н.; тел.: (473) 220-8577, e-mail: bsoil@bio.vsu.ru

Beljaev Anatoly B. — the senior lecturer, soil science and management chair ground resources department of the Voronezh State University, PhD.; tel.: (473) 220-8577, e-mail: bsoil@bio.vsu.ru

Щеглов Дмитрий Иванович — зав. кафедрой почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета, доктор биологических наук, профессор; тел.: (473) 220-8393, e-mail: bsoil@bio.vsu.ru

Shcheglov Dmitry I. — the manager soil science and management chair ground resources department of the Voronezh State University, PhD, professor; tel.: (473) 220-8393, e-mail: bsoil@bio.vsu.ru