

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА И КАЛИЯ В ПОЧВАХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

The significant variation of the contents of mobile phosphorus and potassium in soils of pine stands is established. The technique of sampling is stated at researches of a mineral feed of forest stands.

Введение. Минеральное питание является одной из важнейших физиологических функций деревьев [1]. Растениям требуются кислород, вода, углекислый газ, азот, фосфор, калий и еще около десятка других веществ. Большинство минеральных веществ поступает в растение из почвы. Установлено, что на рост и развитие растений отрицательное влияние оказывает как недостаток, так и избыток минеральных веществ в почве. По минеральному питанию травянистых, в частности сельскохозяйственных, растений проведены обширные исследования, что дало возможность искусственного регулирования минерального питания с целью получения высоких урожаев в сельском хозяйстве.

В то же время многие вопросы минерального питания древесных пород изучены недостаточно, хотя довольно часто результаты исследований по содержанию минеральных элементов в почвах лесных фитоценозов приводятся в научных работах и даже при дипломном проектировании.

Основная часть. Цель исследований – изучение пространственного варьирования содержания подвижного фосфора (P_2O_5) и подвижного калия (K_2O) в почвах сосновых насаждений и определение достоверности полученных результатов. Исследования проводились в Люденевичском лесничестве Житковичского лесхоза в 3 сосновых насаждениях естественного про-

исхождения, различающихся по условиям местопроизрастания и продуктивности древесного яруса (табл. 1). Названия насаждений приводятся по эколого-флористической классификации сосновых лесов Беларуси [2], а названия почв [3] по классификации лесных почв Беларуси.

Сосняк 1 группы насаждений (V класс бонитета) лишайниково-мшистый (ПП 16) произрастает на вершине песчаной дюны, имеет возраст 70 лет и полноту 0,8. Почва дерново-подзолистая, автоморфная, рыхлопесчаная. В напочвенном покрове преобладают лишайники, т. е. по типологической классификации лесов И. Д. Юркевича [4] насаждение относится к лишайниковому типу леса.

Сосняк 3 группы (III класс бонитета) осоко-верещатниково-мшистый (ПП 17) находится на расстоянии около 50 м от ПП 16 и занимает ровное повышенное местоположение. Чистый сосновый древостой данного насаждения имеет возраст 60 лет и высокую полноту (0,9). Доминантом напочвенного покрова является папоротник-орляк (по типологической классификации лесов – орляковый тип леса). Почва дерново-подзолистая, автоморфная, связнопесчаная, сменяемая песком рыхлым с глубины 0,75 м.

Сосняк 5-й группы (I класс бонитета) овсяничево-черничный (ПП 33) занимает пониженное местоположение с ровным рельефом. Древесный ярус, смешанный по составу (8С2Б),

Таблица 1

Эколого-таксационная характеристика сосновых насаждений

№ п/п	Насаждение	Состав древостоя	Возраст, лет	Бонитет	Полнота	Название почвы
16	Сосняк 1-й группы лишайниково-лишайниково-мшистый	10С	70	V	0,8	Дерново-подзолистая, автоморфная, рыхлопесчаная
17	Сосняк 3-й группы орляково-осоковерещатниково мшистый	10С	60	III	0,9	Дерново-подзолистая, автоморфная, связнопесчаная, сменяемая песком рыхлым с глубины 0,75 м
33	Сосняк 5-й группы мшисто-овсяничево-черничный	8С2Б	65	I	0,9	Дерново-подзолистая, полугидроморфная, связнопесчаная, с залеганием грунтовых вод на глубине 2,0 м

имеет возраст 65 лет и полноту 0,9. В напочвенном покрове преобладают мхи (Шребера, дикранум и др.), т. е. по типологической классификации насаждение относится к мшистому типу леса. Почва дерново-подзолистая, полугидроморфная, связнопесчаная, с залеганием грунтовых вод на глубине 2,0 м.

В насаждениях в июне были отобраны образцы почвы из следующих слоев: 0–10 см (непосредственно под подстилкой), 10–20 см и 20–30 см. На каждом объекте образцы отбирались в 10 точках по методу случайной выборки (через 2–3 м). Подвижный фосфор определяли по методу А. Т. Кирсанова [5], а подвижный калий по

методу А. Д. Масловой на пламенном фотометре. Статистическую обработку материалов исследований выполняли по Г. Н. Зайцеву [6].

Статистические показатели содержания подвижного фосфора и подвижного калия в почвах исследованных сосновых насаждений приведены в табл. 2.

Из статистических показателей основной характеристикой является средняя арифметическая, отражающая в нашем случае содержание фосфора и калия в почвах исследованных насаждений. Достоверность средней арифметической оценивалась нами по критерию Стьюдента t . Поскольку фактический критерий Стьюдента $t_{\text{факт}}$

Таблица 2

Статистические показатели содержания подвижного фосфора и подвижного калия (мг/100 г) в почвах сосновых насаждений

№ ПП	Глубина отбора образцов, см	Статистические показатели						
		N	$M \pm m$	σ	v	P	$t_{\text{факт}}$	n ($0,1537v^2$)
P₂O₅								
16	0–10	10	8,10±0,79	2,51	31,0	9,8	10,25	148
	10–20	10	6,76±0,70	2,20	32,5	10,4	9,66	162
	20–30	9	5,41±0,48	1,44	26,6	8,9	11,27	109
17	0–10	10	7,60±1,00	3,17	41,7	13,2	7,6	267
	10–20	10	4,67±0,22	0,70	15,0	4,7	21,23	35
	20–30	10	4,48±0,45	1,41	31,5	10,0	9,96	153
33	0–10	9	8,71±0,92	2,89	33,2	10,6	9,47	169
	10–20	10	19,32±3,03	9,57	49,5	15,7	6,38	377
	20–30	10	18,64±2,01	6,36	34,1	10,8	9,27	179
K₂O								
16	0–10	10	1,03±0,12	0,37	35,9	11,7	8,58	198
	10–20	10	1,05±0,12	0,37	35,2	11,4	8,75	190
	20–30	9	0,71±0,05	0,15	21,1	7,0	14,20	68
17	0–10	10	1,0±0,09	0,28	28,0	9,0	11,1	121
	10–20	10	0,76±0,05	0,15	19,7	6,2	15,2	60
	20–30	10	0,82±0,07	0,23	28,0	9,0	11,71	121
33	0–10	9	2,64±0,32	0,96	36,5	12,1	8,25	205
	10–20	10	1,08±0,09	0,29	26,9	8,3	12,00	111
	20–30	10	0,67±0,02	0,07	10,4	3,0	33,50	17
Среднее значение для слоя почвы 0–30 см								
P₂O₅								
16	0–30	29	6,80±0,37	2,01	30,0	5,4	18,38	138
17	0–30	30	5,58±0,35	1,94	34,8	6,3	15,94	186
33	0–30	29	15,79±1,22	6,58	41,7	7,7	12,94	267
K₂O								
16	0–30	29	0,94±0,06	0,30	31,9	6,4	15,67	156
17	0–30	30	0,86±0,04	0,21	24,4	4,7	21,50	92
33	0–30	29	1,42±0,10	0,53	37,3	7,0	14,20	214

Примечание. N – количество наблюдений; M – средняя арифметическая и ее ошибка (m); σ – среднее квадратическое отклонение; v – коэффициент вариации; P – показатель точности опыта, %; $t_{\text{факт}}$ – достоверность средней арифметической (критерий Стьюдента); табличное значение критерия Стьюдента – $t_{99,9\%} = 4,781$; n – минимальное число наблюдений.

во всех случаях выше табличного ($t_{99,9\%} = 4,781$), средняя арифметическая вполне достоверна даже при самой строгой оценке, т. е. на 0,1% уровне значимости.

Показатель точности опыта P служит показателем точности определения средней арифметической. По существу, это процент ошибки средней арифметической. Точность опыта считается удовлетворительной, если величина данного показателя не превышает 5%. При значениях больше 5% рекомендуется увеличить число наблюдений.

Коэффициент вариации v показывает, какой процент составляет среднее квадратическое отклонение σ от средней арифметической. По величине коэффициента вариации можно отметить, что варьирование содержания фосфора и калия в почвах исследованных насаждений по принятой шкале оценки [6] относится к нормальному (5–44%) и даже к большому (> 45%).

Повышенные значения коэффициента вариации и показателя точности опыта свидетельствуют о том, что принятое нами число наблюдений ($N = 9; 10$) является недостаточным. Минимально возможное число наблюдений для получения достоверных данных по содержанию фосфора и калия в почве определялось по формуле $n = 0,1572 v^2$ [6] и приведено в табл. 2.

Отбор на каждом объекте больше 100 и даже больше 300 образцов, как следует из данных табл. 2, – весьма затратная работа. Нам представляется, что при подобных исследованиях можно использовать следующую методику. В каком-либо насаждении в одном и том же слое почвы отобрать 100 образцов и в каждом из них определить содержание, например, калия и фосфора. Оставшуюся почву использовать для составления общего образца. После тщательного перемешивания почвы в общем образце с 5–10-кратной повторностью (что достаточно для статистической обработки) также определить содержание указанных элементов. Полученные результаты подвергнуть статистической обработке, что даст возможность установить правомерность применения изложенной методики.

По результатам наших исследований можно заключить, что определение содержания фосфора и калия в почвах лесных насаждений по 5–10 образцам и тем более по одному, отобранному при морфологическом описании почвенного профиля, без статистической обработки данных бессмысленно.

Все же по полученным нами результатам некоторые особенности содержания фосфора и калия в почвах исследованных сосновых насаждений правомерно отметить. Во всех случаях

содержание элементов питания уменьшается с глубиной и данная особенность, вероятно, не подлежит сомнению. Корни деревьев осваивают значительный объем почвогрунта в горизонтальном направлении и по глубине, извлекая необходимые минеральные вещества для роста и развития. В процессе биологического круговорота преобладающее количество минеральных веществ оказывается в поверхностном слое почвы после минерализации лесной подстилки.

Однако на ПП–33 в слое почвы 0–10 см содержание фосфора более чем в 2 раза меньше по сравнению с глубже залегающими слоями 10–20 см и 20–30 см. Можно предполагать, что в связи с недостаточным числом наблюдений именно в 9 отобранных образцах оказалось пониженное содержание минеральных элементов.

На основании среднего значения содержания фосфора и калия в слое почвы 0–30 см и шкал обеспеченности почв подвижным фосфором и подвижным калием [7] установлена сильная нуждаемость почв исследованных сосновых насаждений в фосфоре и калии. Несколько меньшая нуждаемость (средняя) в подвижном фосфоре на ПП–33.

Наблюдается различие в содержании фосфора и калия по объектам. В сосняке 1 группы (ПП–16) содержание в почве как подвижного фосфора, так и подвижного калия несколько больше, чем в сосняке 3 группы (ПП–17). В сосняке 5 группы (ПП–33) содержание подвижного калия в 1,5 раза, а подвижного фосфора более чем в 2 раза больше по сравнению с сосняками 1 и 3 групп. Достоверность различий среднего содержания минеральных элементов устанавливалась по критерию Стьюдента (табл. 3).

Недостоверным оказалось различие только по содержанию подвижного калия между сосняками 1 и 3 групп насаждений ($t_{\text{факт}} = 1,111$, а $t_{95\%} = 2,004$).

Низкое содержание минеральных веществ может объясняться интенсивным потреблением их растениями из почвы. Следовательно, кроме изучения пространственного варьирования содержания минеральных веществ, следует изучать сезонную динамику их содержания.

Обычно потребность растений в минеральных веществах определяется не только на основании их содержания в почве, но и в растениях, т. е. применяется метод листовой диагностики.

У деревьев старшего возраста, имеющих высоту 5–30 м, при проведении подобных исследований возникает ряд вопросов методического порядка, связанных с наличием у сосны хвои разного возраста, располагающейся на

**Достоверность различий средних арифметических
между различными объектами ($t_{95\%} = 2,004$)**

Номер пробной площади	Коэффициент Стьюдента фактический $t_{\text{факт}}$ по объектам		
	16	17	33
P_2O_5			
16	–	2,392	6,945
17	2,392	–	8,039
33	6,945	8,039	–
K_2O			
16	–	1,111	4,117
17	1,111	–	5,200
33	4,117	5,200	–

главном побеге и в различных частях кроны на значительной высоте.

Нам представляется, что обрабатывать методические вопросы минерального питания древесных пород следует в первую очередь в питомниках и молодняках 5–10-летнего возраста, а в последующем в древостоях старшего возраста.

Заключение. В научных работах до сих пор отсутствуют конкретные сведения об изменении продуктивности древостоев из-за недостатка или избытка минеральных элементов в почве, например азота, фосфора, калия.

Неизвестно, в достаточной ли мере обеспечены минеральными элементами сосняки лишайниковые, низкая продуктивность которых обусловлена недостатком влаги, или же высокопродуктивные сосняки кисличные, произрастающие в благоприятных условиях водно-воздушного режима почв. Поэтому актуальность исследований минерального питания древесных пород не подлежит сомнению.

В связи со значительным пространственным и возможно сезонным варьированием минеральных элементов в почвах лесных фитоценозов следует отбирать достаточное количество образцов с последующим определением достоверности полученных результатов методами математической статистики. Бессмысленно определение содержания минеральных элементов в почвах лесных на-

саждений по 5–10 образцам и тем более по одному, отобранному при морфологическом описании почвенного профиля, без статистической обработки данных наблюдений.

Литература

1. Крамер, П. Физиология древесных растений / П. Крамер, Т. Козловский. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 628 с.
2. Русаленко, А. И. Эколого-флористическая классификация сосновых лесов Беларуси / А. И. Русаленко // Весці НАН Беларусі Сер. біял. навук. – 1996. – № 2. – С. 5–12.
3. Русаленко, А. И. Науки о Земле: учеб. пособие для студентов экологических специальностей / А. И. Русаленко. – Минск: БГТУ, 2007. – 594 с.
4. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
5. Блинцов, И. К. Практикум по почвоведению / И. К. Блинцов, К. Л. Забелло. – Минск: Вышэйшая школа, 1979. – 207 с.
6. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
7. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве / В. С. Победов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.