

И.В. Соколовский доцент; Н.И. Якимов доцент; В.В. Цай ассистент

## СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ХВОЕ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

The maintenance of nitrogen, phosphorus, potassium in the *pinus sylvestris* seedlings with closed root system is analyzed.

По окончании вегетационного опыта по выращиванию однолетних сеянцев сосны с закрытой корневой системой в субстрате определено содержание подвижного фосфора и обменного калия, а также актуальная кислотность. Влажность анализируемого субстрата варьировала в пределах 70–75 % на влажную навеску. В воздушно-сухой хвое определено содержание азота фосфора и калия [1, 2].

Актуальная кислотность (табл. 1) зависит от вида и дозы вносимого материала (доломитовая мука, мел, известь).

При внесении 4 кг доломитовой муки на 1 м<sup>3</sup> субстрата актуальная кислотность в контроле составила рН 6,1, а при внесении различных доз минеральных удобрений она варьировала в пределах рН 5,3–6,2. При внесении 6 кг доломитовой муки в контроле рН 6,4, а в вариантах 17 и 18 с применением минеральных удобрений соответственно рН 5,6 и рН 6,2.

Нейтрализация субстрата мелом проводилась из расчета 5 кг/м<sup>3</sup>. В контроле кислотность составила рН 5,4, а при внесении минеральных удобрений в различных сочетаниях кислотность изменялась в пределах рН 4,4–5,2.

Кислотность субстрата при внесении 6 кг/м<sup>3</sup> извести находится на уровне действия доломитовой муки, в контроле рН 6,4, а в вариантах с применением минеральных удобрений рН 5,5–6,3.

Колебания актуальной кислотности по вариантам в значительной степени зависят от развития почвенной микрофлоры и нормы внесения минеральных удобрений, способных подкислять субстрат.

Для создания оптимальной кислотности рН 4,0–5,5 в применяемый субстрат достаточно вносить доломитовой муки или извести 4 кг/м<sup>3</sup>, мела 5 кг/м<sup>3</sup>.

В исходном субстрате содержание подвижного фосфора по контрольным вариантам составляет 1,2–1,6 мг на 100 г сухого субстрата (табл. 1) и варьирует от 1,7 до 8,8 мг на 100 г субстрата в опытных вариантах. Отмечается закономерность увеличения содержания подвижного фосфора с одновременным повышением дозы его внесения перед посевом, однако такая взаимосвязь не всегда достоверна. Анализируя содержание подвижного фосфора в исследуемом субстрате и, сравнивая с литературными данными [3,4] обеспеченности подвижным фосфором минеральных почв следует отметить, что сеянцы сосны испытывают недостаток в обеспечении фосфором. В опытных вариантах содержание подвижного фосфора в 2–4 раза больше контроля. Варьирование содержания подвижного фосфора по вариантам в значительной степени определяется слабой растворимостью фосфорных удобрений и трудностью распределения в субстрате.

Очень низкая обеспеченность подвижным фосфором сеянцев сосны в опыте обусловлена и высокой поглотительной способностью применяемого субстрата. Таким образом, для оптимизации фосфорного питания требуется обоснование вида удобрения

Содержание обменного калия в контрольных вариантах изменяется в пределах 20,0–31,0 мг на 100 г субстрата (табл. 1). В вариантах с внесением различных доз калийных удобрений количество обменного калия возрастает в 2–5 раз в сравнении с контролем, однако, не наблюдается существенной связи между количеством внесенного калийного удобрения и содержанием обменного калия в субстрате в конце опыта. Наибольшее количество обменного калия содержится в варианте 19, при внесении 520 г удобрения на 1 м<sup>3</sup> субстрата.

Химическая характеристика субстрата по окончании опыта

Вариант	Удобрение, кг/м <sup>3</sup> д. в.	рН в КСl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	
			мг/100г субстрата	
Контроль	Доломитовая мука (4)	6,1	1,6	24,6
Контроль	Доломитовая мука (6)	6,4	1,5	20,0
1	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	6,0	1,9	41,2
4	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,72</sub> K <sub>0,18</sub>	6,2	3,7	44,9
7	Доломитовая мука (4) N <sub>0,32</sub> P <sub>0,32</sub> K <sub>0,32</sub>	6,1	3,1	50,5
10	Доломитовая мука (4) N <sub>0,02</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	5,5	3,0	56,3
13	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,30</sub>	5,3	2,9	56,7
17	Доломитовая мука (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,52</sub> K <sub>0,26</sub>	5,6	3,4	52,5
18	Доломитовая мука (6) N <sub>0,18</sub> P <sub>1,12</sub> K <sub>0,60</sub> + микроэлементы	6,2	4,3	49,9
20	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub> + 10 % микоризная земля	6,0	2,4	50,6
21	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub> + 25 % микоризная земля	5,8	4,8	48,1
Контроль	Мел (5)	5,4	1,5	24,6
2	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	5,2	2,5	46,0
5	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,90</sub> K <sub>0,18</sub>	4,4	1,7	37,0
8	Мел (5) N <sub>0,48</sub> P <sub>0,48</sub> K <sub>0,48</sub>	4,4	4,2	67,0
11	Мел (5) N <sub>0,03</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	5,0	8,2	50,6
14	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,45</sub>	5,0	5,2	66,0
19	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>1,04</sub> K <sub>0,52</sub>	5,2	8,8	101,2
Контроль	Известь (6)	6,6	1,2	31,0
3	Известь (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	6,1	3,8	48,3
6	Известь (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>1,08</sub> K <sub>0,18</sub>	5,5	7,0	37,2
9	Известь (6) N <sub>0,08</sub> P <sub>1,04</sub> K <sub>0,52</sub>	6,3	6,0	57,1

Содержание основных элементов питания в хвое приведены в табл. 2 по вариантам опыта.

В вариантах без внесения минеральных удобрений содержание общего азота в хвое однолетних сеянцев варьирует от 0,63% до 0,99%, при этом наименьшее значение отмечено в варианте с внесением 4 кг/м<sup>3</sup> доломитовой муки. В опытных вариантах содержание общего азота закономерно возрастает, однако нет достоверной взаимосвязи между внесенным азотным удобрением и его содержанием в хвое. Максимальное значение общего азота в вариантах с применением доломитовой муки отмечается при внесении максимального количества азота (320 г/м<sup>3</sup>). Аналогичная закономерность отмечается и в вариантах с применением мела. В варианте 8, при внесении азота 480 г/м<sup>3</sup> субстрата, в хвое его содержание составляет 2,26%. В вариантах с применением доломитовой муки содержание общего азота в хвое варьирует в пределах 0,82–1,67%, с применением мела – 1,27–2,26%, а с применением извести – 0,81–1,12%. Сравнивая результаты содержания общего азота в однолетних сеянцах сосны с данными литературных источников [1], необходимо отметить, что сеянцы сосны были недостаточно обеспечены азотным питанием.

Содержание фосфора в хвое однолетних сеянцев в контрольных вариантах колеблется в небольших пределах 0,20–0,29%. В вариантах с применением минеральных удобрений содержание общего фосфора возрастает в 2–3 раза. Наиболее высокое содержание фосфора отмечается в вариантах с применением мела для снижения кислотности (0,51–0,70%).

Содержание и соотношение элементов питания в хвое однолетних сеянцев сосны

Вариант	Удобрение, кг/м <sup>3</sup> д. в.	Содержание в хвое, %			Соотношение		
		N	P	K	N	P	K
Контроль	Доломитовая мука (4)	0,63	0,26	0,66	41	17	43
Контроль	Доломитовая мука (6)	0,94	0,20	0,64	38	20	42
1	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	0,90	0,49	1,00	38	20	42
4	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,72</sub> K <sub>0,18</sub>	1,07	0,52	1,22	38	18	44
7	Доломитовая мука (4) N <sub>0,32</sub> P <sub>0,32</sub> K <sub>0,32</sub>	1,67	0,62	1,42	45	17	38
10	Доломитовая мука (4) N <sub>0,02</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	0,82	0,40	0,74	42	20	38
13	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,30</sub>	0,96	0,38	1,12	39	15	46
17	Доломитовая мука (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,52</sub> K <sub>0,26</sub>	1,00	0,45	1,26	37	17	46
18	Доломитовая мука (6) N <sub>0,18</sub> P <sub>1,12</sub> K <sub>0,60</sub> + микроэлементы	0,96	0,45	0,72	45	21	34
20	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub> + 10 % микоризная земля	0,94	0,56	0,98	38	23	39
21	Доломитовая мука (4) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub> + 25 % микоризная земля	0,82	0,39	0,90	39	19	42
Контроль	Мел (5)	0,99	0,22	0,56	56	12	32
2	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	1,46	0,50	1,18	46	16	38
5	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,90</sub> K <sub>0,18</sub>	1,34	0,61	0,93	46	21	32
8	Мел (5) N <sub>0,48</sub> P <sub>0,48</sub> K <sub>0,48</sub>	2,26	0,70	1,29	53	16	30
11	Мел (5) N <sub>0,03</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	1,31	0,44	1,34	42	14	43
14	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,45</sub>	1,49	0,60	1,76	39	16	46
19	Мел (5) N <sub>0,07</sub> P <sub>1,04</sub> K <sub>0,52</sub>	1,27	0,51	1,24	42	17	41
Контроль	Известь (6)	0,82	0,29	0,82	42	15	43
3	Известь (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>0,36</sub> K <sub>0,18</sub>	0,81	0,39	1,18	34	16	50
6	Известь (6) N <sub>0,07</sub> P <sub>1,08</sub> K <sub>0,18</sub>	1,12	0,46	1,24	40	16	44
9	Известь (6) N <sub>0,08</sub> P <sub>1,04</sub> K <sub>0,52</sub>	0,83	0,43	1,22	32	18	50

Содержание фосфора в опытных вариантах с применением доломитовой муки варьирует в пределах 0,38–0,62%. Количество вносимого фосфорного удобрения не оказало определяющего влияния на содержание фосфора в хвое сеянцев. В вариантах с известью содержание фосфора варьирует в небольших пределах 0,39–0,46%, хотя в вариантах 6 и 9 вносили достаточно высокую дозу суперфосфата. Наиболее высокое содержание фосфора отмечается в вариантах 7 и 8, при внесении равномерных доз азота, фосфора и калия, по 320 г/м<sup>3</sup> и 480 г/м<sup>3</sup> субстрата соответственно. Сравнивая содержание фосфора с литературными данными [3], следует отметить, что в вариантах 3, 10, 13, 21 сеянцы сосны слабо обеспечены фосфором. В остальных опытных вариантах обеспеченность фосфором средняя или оптимальная.

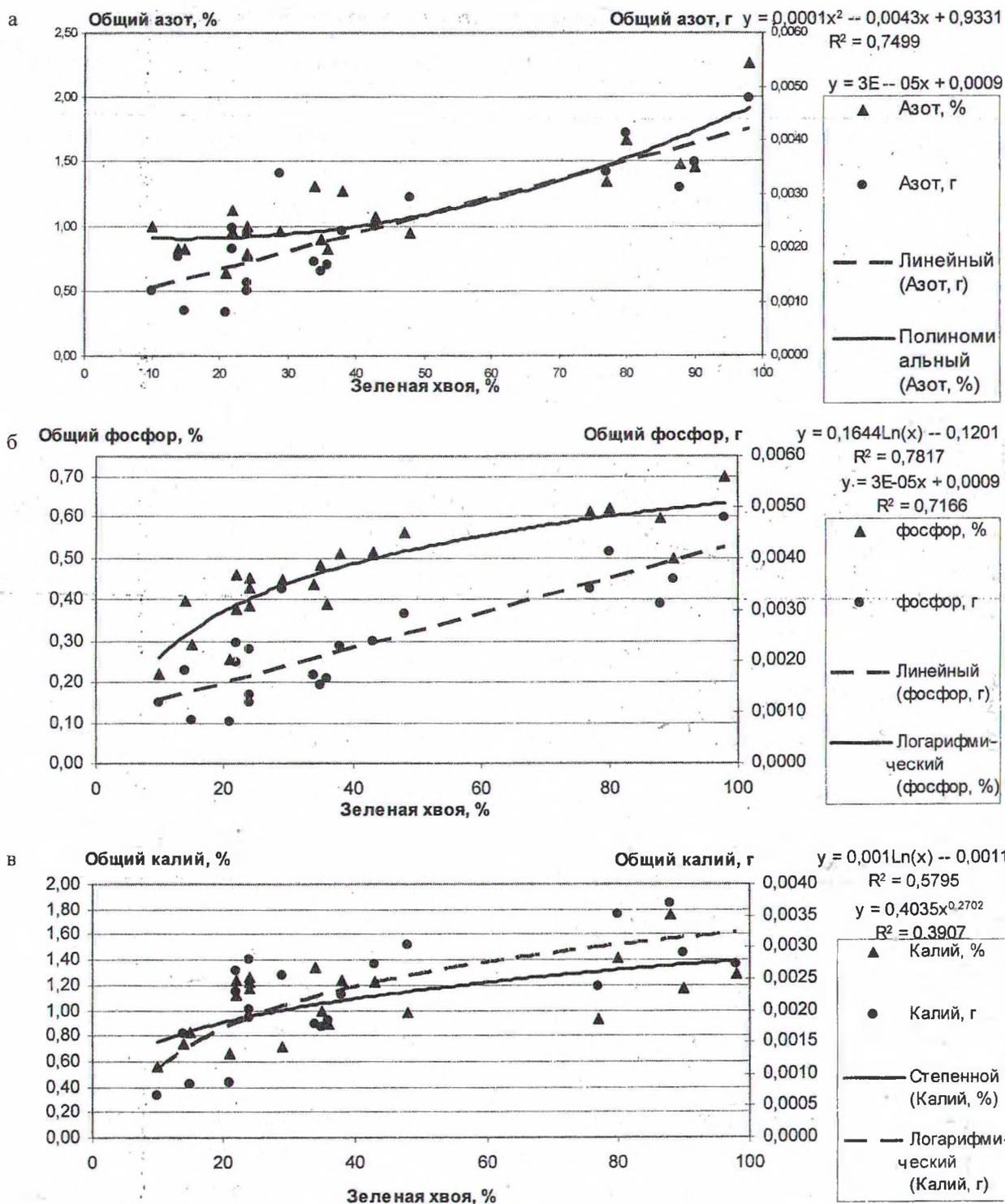


Рис. 1. Зависимость количества зеленой хвои от содержания в ней: а) азота; б) фосфора; в) калия

В контрольных вариантах содержание калия варьирует в пределах 0,56–0,82%. Наименьшее содержание калия отмечено в контроле, где вносился мел, а наибольшее в варианте с известью. В опытных вариантах с применением минеральных удобрений содержание калия в хвое однолетних сеянцев сосны выше, чем в контроле. Отмечается достаточно высокое содержание калия в хвое в вариантах с применением мела, где оно варьирует от 0,93% до 1,76%. В вариантах с применением доломитовой муки и различных доз удобрений, содержание калия колеблется в пределах 0,72–1,42%. Анализ полученных данных по-

казывает, что нет достоверной взаимосвязи между количеством внесенного калийного удобрения и содержанием калия в хвое однолетних сеянцев сосны. По содержанию калия в хвое сеянцев сосны отмечается средняя или оптимальная обеспеченность данным элементом питания.

Во всех вариантах хвоя сеянцев приобретает фиолетово-бурый цвет в конце вегетационного периода. Большинство исследователей связывают это с недостатком фосфора [3, 4].

На рис. 1 приведены графики взаимосвязи между содержанием элементов питания в хвое сеянцев в процентах и граммах на сухое вещество с количеством зеленой хвои, выраженной в процентах. Зависимость количества зеленой хвои от содержания в ней азота в процентах на достоверном уровне описывается параболой второго порядка ( $R^2 = 0,75$ ), а с общим содержанием азота в граммах – прямолинейной зависимостью ( $R^2 = 0,72$ ). Достоверная и достаточно тесная зависимость количества зеленой хвои в процентах выявлена и в отношении содержания в ней фосфора. Взаимосвязь между количеством зеленой хвои и содержанием в ней фосфора в процентах описывается логарифмической кривой ( $R^2 = 0,78$ ), а взаимосвязь с содержанием фосфора в граммах описывается линейным уравнением ( $R^2 = 0,72$ ). Слабая взаимосвязь выявлена между количеством зеленой хвои и содержанием в ней калия в процентах и граммах. Снижается уровень взаимосвязи между количеством зеленой хвои и суммарным содержанием азота, фосфора и калия в процентах и граммах, которые описываются линейным и логарифмическим уравнением соответственно. Коэффициенты множественной регрессии несколько ниже, чем во взаимосвязи между количеством зеленой хвои и содержанием в ней азота и фосфора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, – 1970. – 487 с.
2. Фоменко К.П., Нестеров И.Н. Методика определения N, P, K в растениях из одной навески // Химия в сельском хозяйстве. – 1970. № 10.
3. Справочник по применению минеральных удобрений в лесном хозяйстве / В.С. Победов и др. – М., 1977. – 184 с.
4. Стратанович А.И., Дмитриева А.А. и др. Система удобрений в крупных постоянных питомниках: Практические рекомендации. – Л., 1974. – 48 с.