

летний люпин и он же в сочетании с минеральными удобрениями повышают биологическую активность подстилки и активизируют процессы происходящие в ней.

#### ЛИТЕРАТУРА

Жилкин Б. Д. 1965. Повышение продуктивности лесов культурой люпина. Минск. Жилкин Б. Д., Лахтанова Л. И. 1968. Изменение биологической активности почвы в культурах сосны под влиянием многолетнего люпина многолистного. ДАН БССР, т. 12, в. 6. Жилкин Б. Д., Рожков Л. Н., Рихтер И. Э. 1972. Влияние многолетнего люпина на микрофлору почвы еловых культурбиогенозов. Ботаника, в. 14. Мина В. Н. 1960. Интенсивность образования углекислоты и ее распределение в почвенном воздухе в выщелоченных черноземах в зависимости от состава лесной растительности. Тр. Лаб. лесоведения АН СССР, т. 1. М. Мироненко А. Я., Гуринович Е. С. 1963. Влияние промежуточной культуры люпинов и сплошной вспашки на микрофлору почвы сосняка-брусничника. Ботаника, в. 5. Минск. Морозова Р. М., Куликова В. К., Данилович В. М. 1971. Влияние удобрений на изменение химических свойств почв ельника черничного. Сб. Удобрения и гербициды в лесном хозяйстве Европейского Севера СССР. Л. Разумовская Э. Г., Чижик Г. Я., Громов Б. В. 1960. Лабораторные занятия по почвенной микробиологии, Л. Рунов Е. В., Мишустина И. Е. 1960. Влияние лесных насаждений разного состава на микробиологические процессы в выщелоченном черноземе. Тр. Лаб. лесоведения АН СССР, т. 1. М.

### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ФОСФОРНО-КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

В. П. ГРИГОРЬЕВ, Л. И. ЛАХТАНОВА

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

В Белорусском технологическом институте разработан новый способ получения метафосфата калия (Воробьев, Печковский, Пташкова, 1972), который, по мнению авторов, позволит резко удешевить его стоимость и в силу этого способствовать широкому применению метафосфата в сельском, а возможно, и в лесном хозяйстве. Суммарное содержание окислов фосфора и калия в чистом продукте составляет 100% ( $60\text{P}_2\text{O}_5$  и  $40\% \text{K}_2\text{O}$ ), т. е. балласт отсутствует.

При средней влажности воздуха метафосфат калия не гигроскопичен и не слеживается, что позволяет применять его в смесях с азотными удобрениями. С. И. Вольфович с сотр. (1965) разработал условия получения  $\text{KPO}_3$  с различным значением растворимости в воде (до 100%), обычный же продукт растворим в 2%-ной лимонной кислоте. Это дает возможность получать удобрения различной длительности действия, что особенно важно для применения  $\text{KPO}_3$  в лесу.

Первые сообщения о пригодности метафосфата калия в качестве удобрения относятся к 1892—1895 гг., а в России агрохимические опыты с  $\text{KPO}_3$  впервые были поставлены в лаборатории Д. Н. Прянишникова.

По данным Т. Д. Корицкой (1969), метафосфаты легкоусвояемы для растений и по действию не уступают ортофосфатам. По мнению многих зарубежных исследователей (цит. по Бектурову и др., 1967), на кислых и нейтральных почвах метафосфаты K и Ca оказались эффективнее двойного суперфосфата. В настоящее время ведутся довольно широкие испытания метафосфата калия, приготовленного по технологии С. И. Вольфовича. Опыты, проведенные по удобрению метафосфатом ячменя, льна долгунца и пшеницы, показали, что он в разных условиях действует не хуже стандартных удобрений — суперфосфата и сернистого калия, а в отдельных случаях, лучше (Булаев и др., 1969, 1970, 1971).

За рубежом в последнее время исследуется эффективность метафосфата калия как удобрения для древесных растений.

В Финляндии (Paarlahti Kimmo, Karsisto Kalevi, 1970) метафосфат калия испытывался в качестве удобрения для лесов на торфяниках. Его действие оказалось положительным. В Англии (Benzian B, Bolton I., Matingly W., 1970) влияние метафосфата калия на рост елей (ситхинской и обыкновенной) в питомниках на песчаных почвах верещатника было не хуже, чем действие суперфосфата и хлористого калия, а на легком суглинке даже эффективнее.

Из краткого обзора, имеющихся в нашем распоряжении литературных данных видно, что метафосфат калия в случае его доступности (А. В. Петербургский, 1971) может стать одним из основных удобрений в лесу. Особенно перспективно, на наш взгляд, сочетание медленно растворимых форм  $KPO_3$  и междурядной культуры люпина, как источника «биологического азота».

Влияние метафосфата калия на рост и физиологические функции сосны обыкновенной изучалось нами в вегетационном опыте. Опыт ставился в песчаных культурах. Объектами исследования служили растения сосны 3-летнего возраста. Исследования проводились в течение 2-летнего периода (1969—1970 гг.).

С этой целью ранней весной 1969 г. в вегетационные сосуды, емкостью по 10 кг каждый, были высажены однолетние сеянцы сосны. В каждый сосуд высаживалось по 4 сеянца. Для закладки опыта растения тщательно отбирались по одинаковому развитию надземной и подземной частей. У отобранных сеянцев измерялись высота, диаметр корневой шейки, длина корневой системы. Кроме того, определялся сухой вес растений и их частей.

Песок для набивки сосудов брался речной, предварительно хорошо промытый. В вегетационных сосудах поддерживалась влажность 60% от полной влагоемкости. Первый год растения выращивались на полной норме питательной смеси Прянишникова. Для достижения равномерности в подкормке растений в течение вегетационного периода питательная смесь вносилась в сосуды в виде водного раствора через каждые 10 дней (по 0,1 нормы).

На следующий 1970 г., после того, как подопытные растения хорошо прижились и начали нормально расти, был поставлен опыт по влиянию различных форм фосфорно-калийных удобрений.

Была применена 5-вариантная схема (А. В. Соколов, 1960), в которой концентрации питательных веществ условно приняты в пересчете на  $P_2O_5$  и  $K_2O$  на 1 га пахотного слоя: 1 — контроль; 2 —  $K_m 90P_m 135$  (метафосфат калия); 3 —  $K 90P_c 135$  (смесь суперфосфата и хлористого калия); 4 —  $K_{m+x} 90P_m 60$  (смесь метафосфата калия с хлористым калием); 5 —  $K_x 90P_c 60$  (смесь суперфосфата и хлористого калия).

Эта 5-вариантная схема позволяет не только сравнить эффект сложного удобрения с эффективностью простых удобрений, но и установить целесообразность имеющегося в удобрении соотношения питательных веществ.

С весны 1970 г., чтобы более четко проследить влияние применяемых удобрений, растения были переведены на 1/2 нормы питательной смеси Прянишникова.

Метафосфат калия, хлористый калий и двойной суперфосфат вносились в растворенном виде через каждые 10 дней по 0,1 нормы. Всего за вегетационный период удобрения были внесены 10 раз с 20 мая по 30 августа.

По истечении двухлетнего срока с момента посадки сеянцев в сосуды в конце вегетационного периода 1970 г. опыт был ликвидирован.

Все растения осторожно извлекались из сосудов, тщательно отмывалась корневая система, замерялись основные показатели их роста: высота, прирост по высоте за 1970 г., диаметр у корневой шейки, длина корневой системы, затем учитывался вес отдельных частей опытных растений. Для этой цели они расчленялись на части: хвоя, ветви, стволы, крупные и мелкие корни. Отдельные части растений высушивались в термостате при  $t=105^{\circ}$  до абсолютно сухого веса.

Кроме этого, определялись содержание хлорофилла в хвое сосны, накопление NPK в хвое сосны, влажность и вес единицы поверхности хвои.

Основные показатели опыта были обработаны с помощью дисперсионного и ковариационного анализов по методу Снедекора (1961) и Пирса (1969).

Были приняты следующие обозначения статистических показателей:  $f$  — число степеней свободы;  $\Sigma x^2$  — сумма квадратов отклонений;  $\sigma$  — средний квадрат;  $F_{\Phi}$  — фактический показатель достоверности;  $F_{01}$ ,  $F_1$ ,  $F_5$  — табличные показатели достоверности при  $P=0.999$ ;  $0,99$ ;  $0,95$ ;  $D_5$  — средняя достоверная разница между двумя вариантами при  $P=0,95$  определялась по способу Тьюки.

В табл. 1 приводятся биометрические показатели средних размеров сосенок по вариантам опыта, а также данные о приросте по высоте этих растений за год, предшествующий опыту (1969). Из числа первоначальных признаков (в год закладки опыта) он оказал наибольшее влияние на прирост последующего года.

Таблица 1

Линейные показатели роста сеянцев сосны

| Варианты опыта      |     | Средняя высота, см | Прирост по высоте за 1969 г., см | Прирост по высоте за 1970 г., см | Диаметр корневой шейки, мм | Длина корневой системы, см |
|---------------------|-----|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Контроль<br>О       | ср. | 14,73              | 3,53                             | 3,98                             | 3,45                       | 39,6                       |
|                     | %   | 100,0              | 100,0                            | 100,0                            | 100,0                      | 100,0                      |
| $K_M 90 P_M 135$    | ср. | 16,48              | 4,20                             | 7,23                             | 4,43                       | 54,5                       |
|                     | %   | 111,80             | 118,6                            | 181,7                            | 128,4                      | 137,6                      |
| $K_X 90 P_C 135$    | ср. | 18,5               | 4,00                             | 7,45                             | 3,70                       | 44,2                       |
|                     | %   | 125,8              | 113,0                            | 186,0                            | 107,2                      | 116,2                      |
| $K_{M+X} 90 P_M 60$ | ср. | 16,5               | 3,18                             | 4,70                             | 4,00                       | 46,5                       |
|                     | %   | 112,7              | 89,8                             | 108,0                            | 113,3                      | 114,4                      |
| $K_X 90 P_C 60$     | ср. | 17,48              | 4,62                             | 5,84                             | 3,67                       | 43,7                       |
|                     | %   | 118,70             | 130,5                            | 146,7                            | 106,4                      | 110,4                      |

Из табл. 1 видно, что наибольшим изменениям подвергся прирост в высоту за 1970 г., достигая максимального значения в варианте  $K_X 90 P_C 135$  — 186% от контроля. В меньшей степени изменились под влиянием удобрений остальные показатели роста.

Поскольку изменения признаков были существенными и по повторностям, необходимо рассмотреть результаты дисперсионных анализов основных показателей опыта.

Дисперсионный анализ приростов 1970 г. показывает, что влияние удобрений на этот показатель было существенным ( $F_{\Phi} > F_{01}$ ) с весьма высокой вероятностью. В связи с большой изменчивостью высот, достоверная разница ( $D_5$ ) между двумя любыми вариантами с вероятностью 0,95 составляет 2,04, или 36% от общей средней величины прироста опыта. Таким образом, достоверно отличаются от контроля приросты во всех вариантах за исключением  $K_{M+X} 90 P_C 60$ .

Влияние удобрений на диаметр корневой шейки было также существенно с высокой степенью вероятности. Достоверная разница составляет 0,124 мм. Таким образом, все варианты опыта дали существенную прибавку по диаметру.

Поскольку на результаты опыта влияет исходное состояние объектов, была сделана попытка количественного определения степени влияния путем ковариационного анализа приростов в высоту 1969 и 1970 г. Оказалось, что прирост 1969 г. слабо влиял на последующий прирост (коэффициент корреляции  $r=0,35$ ), а эффективность ковариации по Снедекору оказалась всего лишь 110%, поэтому данные ковариационного анализа здесь не приводятся.

Средняя высота сосенок и длина их корневых систем в вариантах с удобрением были выше, чем эти же показатели на контроле.

Наиболее важным показателем влияния удобрений является общий вес сосенок и их частей (табл. 2).

Таблица 2

Весовые показатели сосенок в воздушно-сухом состоянии, г

| Варианты опыта     |    | Надземная часть |       |      |       | Корни |      |       | Общий вес |
|--------------------|----|-----------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-----------|
|                    |    | ствол           | ветви | хвоя | всего | 1 мм  | 1 мм | всего |           |
| Контроль           | г. | 0,70            | 0,02  | 1,38 | 2,10  | 0,20  | 1,32 | 1,52  | 3,62      |
| О                  | %  | 100             | 100   | 100  | 100   | 100   | 100  | 100   | 100       |
| $K_M 90P_M 135$    | г. | 0,96            | 0,20  | 2,43 | 3,59  | 0,44  | 2,13 | 2,57  | 6,16      |
|                    | %  | 137             | 100   | 176  | 171   | 220   | 161  | 169   | 170       |
| $K_X 90P_C 135$    | г. | 0,90            | 0,12  | 2,00 | 3,02  | 0,33  | 1,74 | 2,17  | 5,18      |
|                    | %  | 129             | 600   | 125  | 144   | 165   | 132  | 143   | 143       |
| $K_{M+X} 90P_M 60$ | г. | 0,82            | 0,02  | 1,87 | 2,71  | 0,33  | 1,68 | 2,01  | 4,72      |
|                    | %  | 117             | 100   | 136  | 129   | 165   | 127  | 132   | 130       |
| $K_X 90P_C 60$     | г. | 0,76            | 0,06  | 1,89 | 2,71  | 0,26  | 1,94 | 2,20  | 4,91      |
|                    | %  | 109             | 300   | 137  | 129   | 130   | 147  | 145   | 136       |

Анализ весовых показателей сосенок свидетельствует о том, что повышение дозы  $KPO_3$  (вариант  $K_M 90P_M 135$ ) существенно повлияло на прибавку общего веса (табл. 3) даже по сравнению с эквивалентной смесью суперфосфата и хлористого калия. В. Е. Булаев, А. А. Павлюченко, В. Г. Булаева (1971) склонны считать, что преимущество метафосфата калия перед смесью суперфосфата и хлористого калия заключается в отсутствии в его составе иона хлора, который, по их мнению, является ингибитором. Имеются также сведения, что хлористый калий отрицательно влияет на рост сосны (А. П. Сляднев, 1971).

Таблица 3

Дисперсионный анализ общего веса сосенок

| Варьирующее | $J$ | $\Sigma x^2$ | $\sigma x^2$ | $F_{\text{ф}}$ | $F_{01}$ | $F_1$ | $F_5$ |
|-------------|-----|--------------|--------------|----------------|----------|-------|-------|
| Общее       | 59  | 110,52       |              |                |          |       |       |
| Варианты    | 4   | 39,58        | 9,90         | 7,67           | 5,4      | 3,7   | 2,5   |
| Случайное   | 55  | 70,94        | 1,29         |                |          |       |       |

$D_5=0,93$  г. по общему весу

Как видно из табл. 2, высокие дозы хлористого калия действуют угнетающе на рост сосны обыкновенной. Так, при одинаковом количест-

Таблица 4

## Содержание основных элементов питания и компонентов хлорофилла в хвое сосны

| Вариант опыта                        | Фосфор<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | мг/1 г абс. сух. вещества |       |       | Влажность<br>хвои, % | Хлорофилл, мг/1 г абс. сух. хвои |       |      |               | $\frac{a+b}{c}$ |
|--------------------------------------|---|---------------------------|-------|-------|----------------------|----------------------------------|-------|------|---------------|-----------------|
|                                      |   | Калий K <sub>2</sub> O    | Азот  | a     |                      | b                                | a+b   | c    | $\frac{a}{b}$ |                 |
|                                      |   |                           |       |       |                      |                                  |       |      |               |                 |
| Контроль                             | 4,95                                    | 4,90                      | 15,31 | 0,586 | 0,613                | 1,199                            | 1,081 | 0,96 | 1,109         |                 |
| K <sub>м</sub> 90P <sub>м</sub> 135  | 8,62                                    | 5,57                      | 16,48 | 0,771 | 0,855                | 1,626                            | 1,380 | 0,90 | 1,178         |                 |
| K <sub>х</sub> 90P <sub>с</sub> 135  | 8,34                                    | 5,40                      | 15,87 | 0,795 | 0,832                | 1,627                            | 1,365 | 0,96 | 1,190         |                 |
| K <sub>м+x</sub> 90P <sub>м</sub> 60 | 5,92                                    | 5,10                      | 15,08 | 0,907 | 0,751                | 1,558                            | 1,341 | 1,07 | 1,161         |                 |
| K <sub>х</sub> 90P <sub>с</sub> 60   | 5,42                                    | 5,05                      | 15,75 | 0,718 | 0,745                | 1,463                            | 1,240 | 1,01 | 1,208         |                 |

ве  $P_2O_5$  — 135 кг/га вариант с хлористым калием дает худшие показатели.

Одним из важнейших показателей улучшения минерального питания является определение содержания основных элементов в листовом аппарате. В табл. 4 приводятся данные, из которых видно, что изменение содержания  $P_2O_5$  в хвое сосны находится почти в прямой зависимости от вариантов опыта. Содержание N и  $K_2O$  по вариантам опыта изменяется слабее.

Обращает на себя внимание повышенное содержание азота в хвое сосны в варианте с высокой дозой метафосфата. Однако это превышение не велико, особенно в сравнении с эквивалентным удобрением и вряд ли может быть признано существенным, хотя и могло быть объяснено лучшим физиологическим состоянием растений в этом варианте. Это подтверждается, в частности, данными о содержании хлорофилла в хвое сосны.

Из табл. 4 также видно, что удобрения оказали положительное влияние как на общее содержание хлорофилла, так и на его компоненты. Это подтверждается данными дисперсионного анализа.

Под влиянием удобрений несколько увеличилась влажность хвои сосны.

Проведенные опыты показали следующее:

1. Метафосфат калия оказался весьма эффективным удобрением для сосны в условиях песчаных культур, превосходящим по действию эквивалентную смесь суперфосфата и хлористого калия.

2. Под влиянием  $KPO_3$ , особенно в высоких дозах, улучшался рост сосны, повышалось накопление сухого вещества во всех частях растений. Полученные прибавки в росте достоверны, что доказано дисперсионным анализом.

Есть косвенные основания полагать, что преимущество  $KPO_3$  перед эквивалентной смесью суперфосфата и хлористого калия возможно объясняется ингибирующим свойством хлор-иона, что, однако, требует дополнительной проверки, тем более, что в состав суперфосфата входят катион Ca и анион  $SO_3$ . Если полагать, что роль кальция могла быть положительной, то о влиянии  $SO_3$  нельзя сказать ничего определенного.

Следует иметь в виду, что опыт, проведенный в песчаных культурах, далеко не раскрывает всех возможностей и недостатков удобрений. Ранее отмечалось (Соколов, 1950), что фосфорная кислота суперфосфата может связываться с почвенным комплексом в труднорастворимые соединения. С этой точки зрения метафосфаты практически не изучены.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бектуров А. Б., Тихонов В. В., Эсик В. К., 1967. Тр. Ин-та хим. АН Казахской ССР, т. 16. Булаев В. Е., Павлюченко А. А., Булаева В. Г. 1969. «Агрохимия», № 1. Булаев В. Е., Булаева В. Г., Филатова Л. М. 1970. «Химия в сельском х-ве», № 6. Булаев В. Е., Павлюченко А. А., Булаева В. Г., Филатова Л. М. 1971. «Химия в сельском х-ве», № 1. Вольфович С. И., Лыков М. В., Череганова А. С., Козлов З. А., Полуектов Э. Г. 1965. «Прикладная химия», т. 38, № 9. Нестерович Н. Д., Иванов А. Ф. 1966. Сб. Пути повышения продуктивности лесов. Минск. Кармышев В. Ф. 1970. «Химия в сельском х-ве», № 2. Корицкая Т. Д. 1969. «Агрохимия», № 9. Петербургский А. В. Удобрения в 2000 году. «Агрохимия», № 1. Воробьев Н. И., Печковский В. В., Пташкова Г. В. 1972. Сб. Исследования в области неорганической технологии. Соли, окислы, кислоты. Л. Пирс. С. 1969. Полевые опыты с плодовыми деревьями. М. Победов В. С. 1969. Применение удобрений в лесном хозяйстве. М. Снедекор Лж. У. 1961. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М. Соколов А. В. 1950. Агрохимия фосфора. М., 1960. Агрохимические методы исследования почв. М. Сляднев А. В. 1971. Комплексный способ выращивания сосно-

## ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ И ЕЛИ

Т. А. РИХТЕР, И. Э. РИХТЕР

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

При изучении влияния многолетнего люпина на химические свойства почвы, биологический круговорот веществ и показатели роста сосны ели до настоящего времени мало внимания уделялось скорости разложения органического вещества подстилок, скорости высвобождения азота и зольных элементов из них в ходе разложения, содержанию обменных катионов и обменной кислотности.

Учитывая важность этого вопроса, мы на постоянных пробных площадях, заложенных в культурах сосны и ели Негорельского учебно-опытного и Молодечненского лесхозов, в 1970 и 1971 гг. взяли смешанные образцы подстилки и определили их химические свойства по общепринятым методикам. Характеристика пробных площадей, на которых проводились исследования, приведена в табл. 1. Она показывает, что многолетний люпин, примесь березы и ольхи положительно влияют на запас древесины, увеличивают поступление опада и способствуют более быстрому разложению подстилки.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей

| Станция        | Секция                             | Тип леса               | Состав            | Возраст, лет | Срок действия люпина | Запас, м <sup>3</sup> | Вес, кг/га |           |
|----------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------------|-----------------------|------------|-----------|
|                |                                    |                        |                   |              |                      |                       | опада      | подстилки |
| 1              | 2                                  | 3                      | 4                 | 5            | 6                    | 7                     | 8          | 9         |
| 8 <sup>к</sup> | Контроль<br>С люпином              | С. орляково-брусничный | 10Сед.Б           | 22           | —                    | 72                    | 2804       | 13304     |
|                |                                    |                        | 10Сед.Б           | 22           | 18                   | 129                   | 3519       | 16566     |
| 8 <sup>а</sup> | Контроль<br>С люпином<br>и березой | С. орляково-черничный  | 8С2Б              | 22           | 18                   | 143                   | 3886       | 13680     |
|                |                                    |                        | 10С+Б             | 20           | 17                   | 99                    | 4074       | 14142     |
| 8 <sup>б</sup> | Контроль<br>С люпином              | Е. орляково-черничный  | 10Е               | 18           | —                    | 12                    | 4808       | 14349     |
|                |                                    |                        | 10Е               | 18           | 11                   | 38                    | 726        | 5381      |
| 1              | Контроль<br>С люпином<br>и ольхой  | Е. кисличный           | 10Е               | 18           | —                    | 45                    | 1039       | 5949      |
|                |                                    |                        | 10Е               | 18           | 10                   | 70                    | 2077       | 6081      |
|                |                                    |                        | 7Е30л<br>ед.Б, Ос | 18           | 10                   | 74                    | 2978       | 8942      |
|                |                                    |                        |                   |              |                      |                       | 3292       | 7810      |

Исследования показывают (табл. 2), что в культурах сосны и ели подстилка имеет низкую рН в суспензии КСl и относится к кислой. На меньшим значением рН отличаются верхний (А'₀) и нижний (А'''₀) подгоризонты подстилки. Подстилка сосняков на сравниваемых секциях имеет более кислую реакцию, чем подстилка ельников, что объясняется меньшим содержанием оснований в опаде и в ней. Б. Д. Зайцев (1956) указывал, что в сформировавшихся еловых насаждениях подстилка более кислая, чем в сосновых. Многолетний люпин, примесь бе-