

И. Г. КОВШИК, Е. Т. НАУМЧЕНКО

УСВОЕНИЕ СОЕЙ ФОСФОРА ИЗ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ

В Амурской области ежегодно применяется более 165 тыс. т фосфоритной муки. Около 60% ее вносится под сою в дозе 1–1,5 т/га. Это практически единственное фосфорное удобрение, которое вносится под сою в качестве основного удобрения. Следовательно, оно ежегодно применяется на ограниченной площади, не превышающей 25% общей площади посевов этой культуры. Кроме того, в связи с усилением темпов известкования почв значительная часть фосфоритной муки применяется совместно с известью или на ранее произвесткованных почвах, что может существенно повлиять на ее использование растениями и привести к снижению эффективности.

Исследований по этому вопросу в регионе проведено мало, что послужило поводом для настоящей работы.

Как известно, сельскохозяйственные культуры существенно различаются усваивающей способностью корневой системы. Согласно исследованиям [1], в фазу цветения в золе растений, хорошо усваивающих труднорастворимые фосфаты кальция, весовое отношение CaO и P_2O_5 более 1,3.

Обобщение имеющихся данных по районированным в разные годы на Дальнем Востоке сортам сои показало, что соотношение CaO и P_2O_5 в растениях в фазу цветения всегда значительно выше 1,3. Применение минеральных удобрений повышает содержание в растениях как P_2O_5 , так и CaO , причем P_2O_5 повышается в большей степени, что снижает $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$; но и в этом случае оно остается выше 1,3 (табл. 1).

На более бедной элементами питания бурой лесной почве содержание CaO и P_2O_5 в растениях ниже, однако $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$ как в целых растениях, так и в отдельных органах было выше 1,8 (табл. 2).

Кальция в растениях сои в фазу цветения значительно боль-

Таблица I

Влияние удобрений на содержание CaO и P₂O₅ и их соотношение в растениях на лугово-черноземной почве [2]

| Вариант | 1969 г. | 1970 г. | 1971 г. | 1972 г. | Среднее |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| CaO | | | | | |
| Контроль | 1,17 | 1,31 | 1,50 | 1,53 | 1,38 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 1,19 | 1,33 | 1,64 | 1,50 | 1,42 |
| N ₃₀ P ₆₀ S ₁₀₀ | 1,22 | 1,38 | 1,68 | 1,45 | 1,43 |
| P ₂ O ₅ | | | | | |
| Контроль | 0,47 | 0,64 | 0,56 | 0,71 | 0,60 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 0,50 | 0,70 | 0,62 | 0,72 | 0,64 |
| N ₃₀ P ₆₀ S ₁₀₀ | 0,62 | 0,81 | 0,71 | 0,74 | 0,72 |
| CaO:P ₂ O ₅ | | | | | |
| Контроль | 2,49 | 2,05 | 2,68 | 2,16 | 2,30 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 2,38 | 1,90 | 2,65 | 2,08 | 2,22 |
| N ₃₀ P ₆₀ S ₁₀₀ | 1,97 | 1,70 | 2,37 | 1,96 | 1,99 |

ше, чем фосфора, что дает основание считать сою культурой, хорошо усваивающей труднорастворимые фосфаты.

А. Т. Грицун считает, что, благодаря корневым выделениям, соя способствует разложению трехкальциевого фосфата с образованием одно- и двухзамещенных фосфатов. В результате этого она, обладая высокой усваивающей способностью, хорошо использует для своего питания фосфор из фосфоритной муки, высокоэффективной под эту культуру в качестве основного удобрения [3, 4]. К такому же выводу пришли и другие авторы [5]. Они считают, что главный прием улучшения фосфатного режима кислых почв Приамурья - использование фосфоритной муки, значение которой возрастает при известковании почв. Вместе с тем многочисленные опыты показывают, что эффективность фосфоритной муки зачастую значительно ниже сульфата, а на слабокислых почвах отстутствует [6-8].

Таблица 2

Соотношение CaO и P₂O₅ в растениях сои на бурой
лесной почве

| Вариант | Надземная масса | | | Листья | | | Стебли | | |
|---|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------|---------------------------------------|
| | CaO | P ₂ O ₅ | CaO: P ₂ O ₅ | CaO | P ₂ O ₅ | CaO: P ₂ O ₅ | CaO | P ₂ O ₅ | CaO: P ₂ O ₅ |
| Контроль | 0,93 | 0,39 | 2,38 | 1,24 | 0,44 | 2,82 | 0,88 | 0,32 | 2,75 |
| N ₃₀ | 1,00 | 0,40 | 2,50 | 1,27 | 0,46 | 2,76 | 0,83 | 0,35 | 2,37 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 1,09 | 0,58 | 1,88 | 1,45 | 0,58 | 2,50 | 0,82 | 0,42 | 1,95 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 1,12 | 0,53 | 2,11 | 1,37 | 0,61 | 2,25 | 0,91 | 0,40 | 2,27 |
| N ₃₀ P ₉₀ | 1,19 | 0,62 | 1,92 | 1,49 | 0,61 | 2,44 | 0,86 | 0,42 | 2,05 |
| N ₃₀ P ₁₂₀ | 1,25 | 0,64 | 1,95 | 1,61 | 0,67 | 2,40 | 0,90 | 0,49 | 1,84 |

В связи с этим мы изучали факторы эффективного применения фосфоритной муки в условиях вегетационного и полевого опытов. Вегетационные опыты проведены с лугово-черноземовидной, бурой лесной глеевой почвами и песчаной культурой на питательной смеси Гельригеля. Фосфор во всех опытах применяли в форме суперфосфата и фосфоритной муки. Полевые опыты проводили на тех же почвах. Повторность опытов 3-, 4-кратная. Площадь делянки 90-100 м². Семена сои как в вегетационных, так и в полевых опытах перед посевом обрабатывали молибденом. Агротехника возделывания в полевых опытах была общепринятой.

В вегетационном опыте в песчаной культуре урожай семян сои при внесении суперфосфата повышался в 2,3-8,9 раза (табл. 3).

Фосфоритная мука не повлияла на развитие растений и формирование урожая семян. В 1974 г. увеличение урожая семян в варианте с фосфоритной мукой составило всего 8,8% от эффективности суперфосфата, а в 1983 г. оно было еще меньше - 0,6%.

На слабокислой лугово-черноземовидной почве эффективность фосфоритной муки составила 29,3% от эффективности суперфосфата, а на сильнокислой бурой лесной глеевой она повысилась до 52,2-83,7% (табл. 4).

Таблица 3

Влияние форм фосфорных удобрений на урожайность сои
(песчаная культура), г на сосуд

| Вариант | 1974 г. | | 1983 г. | |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | урожайн. | прибавка | урожайн. | прибавка |
| Без фосфора | 4,5 | - | 2,0 | - |
| $P_{сг}$ | 10,2 | 5,7 | 17,9 | 15,9 |
| $P_{сг}$ | 5,0 | 0,5 | 2,1 | 0,1 |
| $НСР_{05}$, г на сосуд | | 4,8 | | 2,9 |

Эффективность суперфосфата была высокой на обоих типах почв, и так же, как в пелчаной культуре, суперфосфат существенно повлиял на изменение таких важных элементов структуры урожая, как число бобов и семян, масса семян на одно растение и масса 1000 семян. Фосфоритная мука только на сильно-кислой бурой лесной глеевой почве способствовала увеличению массы 1000 семян, причем не только по отношению к контролю, но и к варианту с применением суперфосфата (табл. 5).

Результаты вегетационных опытов показывают, что доступность фосфора фосфоритной муки зависит от агрохимических свойств почвы и различных факторов, обусловленных агротехническими приемами применения этого удобрения.

Так, применение фосфоритной муки одновременно с известкованием почвы резко снижает ее эффективность. Даже при внесении двойной дозы фосфоритной муки (360 мг P_2O_5 на 1 кг почвы) в сочетании с известью по 1 г.к. прибавка была ниже, чем при внесении только фосфоритной муки в одинарной дозе (табл. 6).

Если порошковидный суперфосфат в сочетании с известью на фоне азотно-калийных удобрений обеспечивал прибавку по сравнению с вариантом без извести на 3,3 г, то применение извести в сочетании с фосфоритной мукой снижало урожай по сравнению с полным удобрением на 5,4 г.

Послойное применение извести и фосфорных удобрений существенно не влияло на эффективность суперфосфата и повлияло на доступность фосфора фосфоритной муки. Если совместное

Таблица 4

Влияние форм фосфорных удобрений на урожайность
сои на различных почвах, г на сосуд

| Вариант | Бурая лесная глеевая | | | | Лугово-черноземовид. | |
|-----------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------------------|----------|
| | 1974 г. | | 1983 г. | | 1974 г. | |
| | урожайн. | прибавка | урожайн. | прибавка | урожайн. | прибавка |
| Контроль | 18,5 | - | 5,8 | - | 13,5 | - |
| P ₀₅ | 31,9 | 13,4 | 21,1 | 15,3 | 32,6 | 19,1 |
| P _ф | 25,5 | 7,0 | 18,6 | 12,8 | 19,1 | 5,6 |
| НСП ₀₅ , г на сосуд | | 2,4 | | 11,5 | | 1,8 |

Таблица 5

Влияние форм фосфорных удобрений на структуру
урожаеи сои

| Вариант | Высота растения, см | Кол-во на 1 растение | | | Масса семян с 1 растения, г | Масса 1000 семян, г |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-------|-------|-----------------------------|---------------------|
| | | ветвей | бобов | семян | | |
| Лугово-черноземовидная почва | | | | | | |
| 1 | 55,2 | 3,2 | 21,7 | 56,0 | 6,8 | 121 |
| 2 | 58,2 | 3,0 | 49,2 | 119,0 | 16,3 | 137 |
| 3 | 58,7 | 3,0 | 31,3 | 77,3 | 9,5 | 122 |
| Бурая лесная глеевая | | | | | | |
| 1 | 64,5 | 3,0 | 27,3 | 70,0 | 9,2 | 131 |
| 2 | 70,0 | 3,0 | 46,3 | 109,3 | 16,0 | 146 |
| 3 | 67,2 | 3,0 | 38,5 | 79,7 | 12,8 | 160 |
| Песчаная культура | | | | | | |
| 1 | 34,8 | 0,8 | 7,5 | 17,0 | 2,3 | 135 |
| 2 | 43,8 | 1,5 | 12,5 | 32,7 | 5,1 | 156 |
| 3 | 34,7 | 0,7 | 8,0 | 18,7 | 2,5 | 134 |

Таблица 6

Влияние дозы фосфоритной муки на урожайность сои
(1974 г.), г на сосуд

| Вариант | Урожайность | Прибавка |
|---|-------------|----------|
| Л/К - фон | 18,5 | - |
| Фон + P _с 180 | 31,9 | 13,4 |
| Фон + P _с 360 | 32,0 | 13,5 |
| Фон + P _ф 180 | 25,5 | 7,0 |
| Фон + P _ф 360 | 30,2 | 11,7 |
| Фон + P _с 360 + известь I г.к. | 35,3 | 16,8 |
| Фон + P _ф 360 + известь I г.к. | 24,8 | 6,3 |
| НСР ₀₅ , г на сосуд | | 1,4 |

Таблица 7

Влияние способа внесения фосфорных удобрений и извести
на урожайность сои (1981 г.), г на сосуд

| Вариант | Семена | | Солома | |
|--|----------|---------------|----------|---------------|
| | урожайн. | прибав- ка | урожайн. | при- бавка |
| Контроль | 11,0 | - | 8,7 | - |
| Известь 0,5 г.к. | 15,1 | 4,1 | 13,4 | 4,7 |
| P _с | 51,5 | 40,5 | 42,2 | 33,5 |
| P _ф | 43,9 | 32,9 | 34,1 | 26,1 |
| P _с + известь 0,5 г.к. | 43,3 | 36,3 | 42,6 | 33,9 |
| P _ф + известь 0,5 г.к. | 14,1 | 3,1 | 11,3 | 2,6 |
| I/2 сосуда P _с + I/2 со- суда известь 0,5 г.к. | 45,7 | 34,6 | 39,7 | 31,0 |
| I/2 сосуда P _ф + I/2 со- суда известь 0,5 г.к. | 26,5 | 15,5 | 18,8 | 10,1 |
| НСР _{0,5} , г на сосуд | | 4,7 | | |

Таблица 8

Влияние доз фосфорных удобрений на урожайность сои на различных почвах, ц/га

| Вариант | Лугово-черноземовидная | | | | Бурая лесная глеевая | | | |
|----------------------|------------------------|------|-----------|----------|----------------------|------|-----------|----------|
| | 1979 | 1981 | средняя | | 1979 | 1981 | средняя | |
| | | | уро-жайн. | при-бав. | | | уро-жайн. | при-бав. |
| Контроль | 20,3 | 15,4 | 17,9 | - | 2,1 | 2,4 | 2,3 | - |
| N_{30} - фон | 22,3 | 15,9 | 19,1 | 1,2 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 0,1 |
| Фон + P_{090} | 21,8 | 17,3 | 19,6 | 1,7 | 4,4 | 3,8 | 4,1 | 1,8 |
| Фон + $P_{\phi 90}$ | 22,0 | 16,3 | 19,2 | 1,3 | 3,9 | 3,1 | 3,5 | 1,2 |
| Фон + $P_{с240}$ | 23,1 | 17,7 | 20,4 | 2,5 | 4,9 | 5,1 | 5,0 | 2,7 |
| Фон + $P_{\phi 240}$ | 21,7 | 15,3 | 18,5 | 0,6 | 4,3 | 3,0 | 3,7 | 1,4 |
| Фон + $P_{с390}$ | 22,0 | 17,8 | 19,9 | 2,0 | 7,5 | 5,8 | 6,6 | 4,3 |
| Фон + $P_{\phi 390}$ | 22,8 | 17,0 | 19,9 | 2,0 | 4,7 | 3,7 | 4,2 | 1,9 |
| $НСР_{05}$, ц/га | 2,0 | 3,1 | | | 2,0 | 1,4 | | |

внесение извести и фосфоритной муки не повышало урожайность, то их послыное применение приводило к росту урожайности семян на 15,5 г на сосуд по сравнению с контролем и на 12,4 г по сравнению с вариантом совместного внесения удобрений (табл. 7). При внесении одной фосфоритной муки прибавка урожая семян оставила 81,2% от эффективности суперфосфата, внесенного в равной с фосфоритной мукой дозе P_{05} ; при послыном внесении эффективность снизилась до 44,8%, а при совместном применении была очень низкой - 8,5%.

В полевых опытах на лугово-черноземовидной почве при содержании подвижного фосфора по Кирсанову 3-3,5 мг/100 г почвы в среднем за вегетацию фосфорные удобрения не оказали существенного влияния на урожайность семян сои (табл. 8). На более бедной подвижным фосфором бурой лесной глеевой почве (0,9-1,4 мг/100 г почвы) суперфосфат повышал урожайность сои в зависимости от дозы P_2O_5 на 2,1-5,2 ц/га в 1979 г. и на 1,4-3,4 в 1981 г. В среднем

за два года прибавка урожая семян сои от фосфоритной муки составляла 41,9–64,7% от эффективности эквивалентных доз двойного суперфосфата.

Таким образом, обобщение данных химического состава растений сои показало, что весовое соотношение CaO и P_2O_5 в фазе цветения выше 1,3 и составляет 1,88–2,68, однако при выращивании сои в песчаной культуре она слабо использует фосфор фосфоритной муки, о чем свидетельствуют приведенные данные урожайности семян.

При выращивании сои на почве эффективность фосфоритной муки зависит от ее агрохимических свойств, водно-воздушного режима и ряда агротехнических факторов, некоторые из которых требуют дальнейшего более глубокого изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч и р и к о в В. Ф. Агрохимия калия и фосфора. - М.: Сельхозгиз, 1956, с. 43–54.
2. С а л т а н о в М. Д., Ц е л к о в с к и й Г. А., Н е р о б е л о в а С. С. Влияние элементарной серы на химический состав растений и урожайность сои на лугово-черноземовидных почвах Амурской области. - В кн.: Некоторые вопросы селекции и биологии сои. Благовещенск, 1975, с. 110–114.
3. Г р и ц у н А. Т. Применение удобрений в Приморском крае. - Владивосток, 1964. - 439 с.
4. Г р и ц у н А. Т. Система удобрений под сою в Приморском крае. - В кн.: Биология, селекция и возделывание сои. Благовещенск, 1971, с. 93–104.
5. К у р д и н Д. А., П а в л о в Н. В. Применение удобрений и извести на кислых почвах Приамурья. - Благовещенск, 1975. - 22 с.
6. К у р к а е в В. Т. Применение удобрений в Приамурье. - Хабаровск: кн. изд-во, 1965. - 70 с.
7. К у р к а е в В. Т. Агрохимические основы применения удобрений в Амурской области: Автореф. дис.... д-ра с.-х. наук. - Воронеж, 1972. - 38 с.
8. П е н ч у к о в а Н. А., Т а р а н у х а В. М., Б е л н ы й Н. И. Эффективность известкования, вопросы возделывания основных сельскохозяйственных культур в Амурской области. Новосибирск, 1976, с. 157–164.