

Г. Я. СОКОЛОВ,
заместитель директора по научной
части Иркутской опытной станции.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ САРМИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Как фосфорное удобрение фосфоритная мука в Иркутской области не применялась. Это было связано с ее особенностями. В фосфоритной муке окись фосфора (то есть то, что усваивается растениями) находится в труднорастворимой форме, и для того, чтобы получить высокую прибавку урожая, необходимо вносить этого удобрения больше, чем других. Если P_2O_5 в суперфосфате обычно вносится в количестве 45—60 кг действующего вещества на гектар или соответственно 250—330 кг тука, то в фосфоритной муке 90—120 кг или 500—650 кг удобрения.

Кроме того, раньше существовало мнение среди некоторых агрономов и научных сотрудников, что на почвах Иркутской области фосфоритная мука как фосфорное удобрение окажется неэффективным.

Несколько лет назад геологами Иркутского геологического управления были найдены залежи фосфоритов на территории Ольхонского района, Иркутской области. По своим размерам это месторождение имеет местное значение, фосфориты которого целесообразно использовать для удобрения в качестве фосфоритной муки, а не перерабатывать в другие формы фосфорных удобрений.

Удобрение фосфоритной мукой имеет свои преимущества: она дешевле, производство ее очень простое

(добыча и размол), можно использовать месторождения с невысоким содержанием P_2O_5 , она меньше вымывается, лучше связывается с почвой, и поступление фосфора из фосфоритной муки происходит постепенно, в течение нескольких лет. На почвах кислых фосфоритная мука благотворно влияет на реакцию почвенного раствора.

Однако фосфоритная мука имеет и ряд неблагоприятных особенностей. Фосфор в ее составе находится в труднорастворимом соединении, в виде трехкальциевого фосфата $Ca_3(PO_4)_2$. Доступность его растениям, по исследованиям Д. Н. Прянишникова, определяется рядом условий: химическими и физическими свойствами фосфоритной муки, свойствами почвы, биологическими особенностями растений, сопутствующими удобрениями.

Д. Н. Прянишников (1952 г.), Ф. В. Чириков (1956 г.), А. Н. Лебедев много лет посвятили изучению условий эффективного применения фосфоритной муки. Большие работы по этому вопросу были проведены в европейской части СССР и другими исследователями.

В ходе этих исследований установлено, что основным условием эффективного применения фосфоритной муки является возможность перевода труднорастворимой формы соединения фосфора — трехкальциевого фосфата — в растворимые соединения — однозамещенный фосфорнокислый кальций $Ca_3(PO_4)_2$ или двухзамещенный — $CaHPO_4$.

В зависимости от условий, обеспечивающих этот перевод, определяется и эффективность фосфоритной муки.

Степень усвояемости фосфоритной муки в зависимости от ее физических свойств связана, главным образом, с тониной помола. В настоящее время установлены государственные стандарты на тонину помола фосфоритов. Фосфоритная мука считается стандартной, если на сите с отверстиями 0,18 мм после просеивания остается не больше 20% тука.

Чем тоньше помол, тем больше площадь соприкосновения удобрения с почвой и больше возможностей их взаимодействия. В опытах Д. Н. Прянишникова тонкий помол позволял снизить дозу фосфорита вдвое, то есть «приближал действие фосфорита к действию суперфосфата».

На доступность фосфора фосфоритной муки большое

влияние оказывает почва и ее свойства. Фосфоритная мука как удобрение очень эффективно действует на кислых почвах при рН солевой вытяжки 4,5—5 и вполне может заменить суперфосфат. Многочисленные опыты, проведенные в нечерноземной полосе страны на кислых почвах, подтвердили это положение. Так по данным А. Н. Лебеядцева, обобщившего результаты 412 опытов с фосфоритной мукой на подзолистых почвах, прибавка составила 25—27% урожая.

На кислых почвах фосфоритная мука не только является хорошим источником фосфора, но и благотворно влияет на реакцию почвенного раствора, деятельность почвенных микроорганизмов.

В Иркутской области почв с кислой реакцией мало, встречаются они отдельными небольшими пятнами и представляют первый объект для удобрения фосфоритной мукой.

Академик К. К. Гедройц (1911 г.) установил, что если почву, не насыщенную основаниями (кальцием, калием, магнием), смешивать с фосфоритной мукой, то часть извести, которую имеет мука, перейдет в почву и растворимость фосфоритов повысится. Чем почва меньше насыщена основаниями, тем выше ее способность отнимать от фосфоритной муки кальций и переводить фосфорнокислые соединения в растворимые формы.

Почв, не насыщенных основаниями, в Иркутской области довольно много. К ним относятся широко распространенные серые лесные и выщелоченные черноземы. Эти почвы распространены в большинстве районов Иркутской области. По данным А. А. Ерохиной, О. В. Макеева и других (1960 г.), они составляют более 50% всей пашни области.

Установлена также зависимость между содержанием гумуса в почве и действием фосфоритной муки. Это явление связано с действием углекислоты, образующейся при разложении органического вещества на фосфориты и другие минеральные составные части почвы. А образование углекислоты связано, в свою очередь, с содержанием в почве органического вещества (гумуса), деятельностью почвенных микроорганизмов, обработкой почвы и т. д.

В Иркутской области встречается много почв с вы-

соким содержанием органического вещества. К ним относятся широко известные всем «пыхуны» — лугово-черноземные почвы, содержащие от 7 до 12 процентов гумуса. В пашни насчитывается 180 тысяч гектаров.

А. Н. Лебедянец, много работавший с фосфоритной мукой, установил, что азотная кислота, образовавшаяся при нитрификации, усиливает растворение фосфоритной муки. В благоприятных погодных условиях на лугово-черноземных и других почвах, богатых органическим веществом, процессы нитрификации идут очень активно и образуется значительное количество нитратов.

Растворимость фосфоритной муки в значительной степени повышается при внесении ее с другими удобрениями — органическими и минеральными. Особенно эффективно компостирование фосфоритной муки с навозом, торфом, землей. В лабораторных опытах, проведенных М. П. Паницкой на Иркутской опытной станции в 1961 году, установлено, что содержание усвояемого фосфора при компостировании увеличивается в 1,5—2 раза. Принято считать, что на почвах с реакцией почвенного раствора, равной 7 и больше, фосфоритная мука действует только при условии применения специальных приемов — компостирования с органическими удобрениями и в смеси с другими минеральными удобрениями. За период компостирования или под действием других минеральных удобрений происходит переход труднорастворимых соединений фосфора в легкорастворимые, и эффективность такого способа применения всегда бывает более высокой.

Различные растения по-разному отзывчивы на внесение фосфоритной муки. Это связано с различной способностью растений растворять соединения фосфора своими корневыми выделениями. В опытах, поставленных в лаборатории академика Д. Н. Прянишникова еще в 1911 году с песчаными культурами, было установлено, что люпин, гречиха, горох, горчица хорошо усваивают азот из фосфоритной муки, а ячмень, рожь, овес, просо не обладают такими качествами. Поэтому усвоение фосфора из фосфоритов в последнем случае зависит только от свойств почвы. Если почвы способствуют растворению фосфоритов, то и эти растения повышают урожай от внесения фосфоритной муки.

Таким образом, взаимодействие фосфоритной муки с почвой и растениями весьма многообразно, и только постановка специальных полевых опытов в конкретных почвенно-климатических условиях может ответить на вопрос о целесообразности применения фосфоритной муки как источника фосфорного удобрения.

Фосфориты Сарминского месторождения — это карстовые образования, залегающие неглубоко от поверхности почвы (1—1,5 метра). Добыча их не связана с большими затратами. В этих фосфоритах содержится от 8 до 22 процентов P_2O_5 . По предварительным подсчетам в Сарминском месторождении имеется свыше одного миллиона тонн фосфоритов с содержанием фосфорной кислоты свыше 18%, то есть вполне отвечающей установленному государственному стандарту.

Почв, на которые фосфоритная мука может оказать благотворное влияние, в Иркутской области не менее 500 тысяч гектаров. Это лугово-черноземные почвы, выщелоченные дерново-карбонатные, некоторые серые лесные. Если вносить на каждый гектар по 120 кг действующего вещества, то одним миллионом тонн фосфоритной муки можно удобрить около 1,5 миллионов гектаров. А это значит, что с учетом последствия сельское хозяйство Иркутской области может пользоваться этим месторождением в течение 12—15 лет. При использовании ее в компостах дозы внесения уменьшатся, а ареал применения может значительно расширяться.

На Иркутской областной сельскохозяйственной опытной станции испытание сарминских фосфоритов ведется с 1959 года. Опыты ставились на различных почвах: темно- и светло-серых лесных, дерново-карбонатных, лугово-черноземных и выщелоченных черноземах. Вносились удобрения под пшеницу, кукурузу и овес.

Эффективность фосфоритов на дерново-карбонатной почве

Дерново-карбонатные почвы по праву считаются самыми плодородными в Иркутской области. За высокое плодородие и устойчивые по годам урожаи среди местных жителей они получили название «столетних».

Они характеризуются реакцией, близкой к нейтральной, большим количеством гумуса (4—6%) и высокой емкостью поглощения.

Среди дерново-карбонатных почв значительное место принадлежит выщелоченным, карбонатный горизонт на которых залегает ниже пахотного, чаще всего не ближе 60—80 см. При своевременно проведенных обработках азотный режим на них складывается благоприятно. Николаев И. В. (1949 г.) и другие исследователи почв Иркутской области отмечают слабую обеспеченность их фосфором. Систематически проводя определение фосфатов в солянокислой вытяжке (по Кирсанову) на выщелоченных дерново-карбонатных почвах Баяндаевской опытной станции, мы очень редко обнаруживали даже незначительные количества фосфорной кислоты. Обычно наблюдались только следы этого важного элемента.

Безусловно, на подобных почвах фосфорные удобрения оказывались эффективными. Так, в одном из опытов 1954 года 2 ц суперфосфата были внесены как подкормка под люцерну первого года пользования (после первого укоса). Это дало возможность получить второй укос — 12 ц с гектара. На неудобренном поле второго укоса не было. Во второй год пользования с удобренного участка собрали сена на 14 ц с гектара больше, а пшеница, посеянная по пласту, удобренному суперфосфатом, увеличила урожай на 4,2 и по обороту пласта — на 2,1 ц с гектара. Таким образом, от внесения суперфосфата дополнительно получено за четыре года 20,5 ц с гектара кормовых единиц.

В связи с такой высокой эффективностью одного из видов фосфорных удобрений — суперфосфата — представляет большой интерес использование и других видов фосфорных удобрений. Особый интерес представляет фосфоритная мука как наиболее дешевое удобрение. Химические свойства дерново-карбонатных почв — выщелоченность пахотного горизонта, хорошая активность процессов нитрификации, плохая обеспеченность минеральным фосфором — дают основания предполагать о возможной эффективности фосфоритной муки на этих почвах.

Первые опыты, проведенные на Баяндаевской сельскохозяйственной опытной станции в 1960 году, пока-

за.ли высокую эффективность фосфоритной муки. В этих опытах фосфоритная мука вносилась весной вразброс и заделывалась дисковым лушильником на глубину 7—10 см. Удобрения вносились под пшеницу сорта Тулун 14. Урожай зерна в пересчете на 14% влажности составил без удобрений 24,6 ц с гектара, при внесении фосфоритной муки (52 кг действующего вещества на гектар) — 28 ц с гектара.

Прибавка урожая равнялась 3,4 ц с гектара, что составляет 14,5% от урожая на неудобренном, контрольном варианте.

Этот же опыт на делянке в один гектар был повторен там же Н. И. Васильевой в 1961 году. Опыт был заложен с пшеницей. Срок и способ внесения, как и в 1960 году.

Удобрения заметно повлияли на рост растений и темпы их развития, повысили полевую всхожесть семян на 8%, а к моменту уборки на одном квадратном метре на удобренной площади было на 96 стеблей (или на 12%) больше, чем там, где удобрения не вносились. Абсолютный вес зерна был выше, колосья озернены лучше. Все это сказалось на урожае — он был на 2,3 ц выше.

Следует отметить, что методика несколько не соответствовала обычно применяемой в опытах с фосфоритной мукой. Принято, что фосфоритная мука вносится осенью под вспашку зяби и в дозах в 2—3 раза больших, чем суперфосфат. Все это в значительной степени повышает эффективность ее. В наших опытах из-за трудности доставки фосфоритной муки мы были вынуждены отступить от принятой методики. Но даже и в этих, явно неблагоприятных условиях фосфориты зарекомендовали себя как достаточно эффективное удобрение. Применение более совершенных способов использования фосфоритной муки, безусловно, даст лучший результат.

Эффективность фосфоритов на лугово-черноземной почве

Это почвы с высоким содержанием гумуса, почти совершенно бесструктурные. Мощность гумусового горизонта — 40—60 см, иногда достигает и метра. Такие

почвы легкоусвояемого фосфора содержат очень мало, в солянокислой вытяжке нам удавалось обнаружить только следы фосфора. Этот тип почвы, как правило, располагается на пониженных элементах рельефа, где безморозный период на 25—35 дней короче, чем на склонах и водоразделах. Поэтому все культуры, имеющие период от всходов до созревания больше 65—70 дней, там не дают урожая. Вследствие этого опыты проводились с овсом.

В наших опытах на Баяндаевской опытной станции была установлена высокая эффективность фосфорных удобрений на «пыхунах», внесенных даже в небольших количествах. Так, в опытах, проведенных в 1957, 1959, 1960 годах, внесение 45 кг действующего вещества P_2O_5 в суперфосфате на гектар повысило урожай зерна в среднем за три года на 25%.

Установление высокой эффективности фосфорных удобрений открывает широкие перспективы для повышения производительности лугово-черноземных почв. В связи с этим значительный интерес представляет использование и фосфоритной муки.

Опыты были поставлены в 1960 и 1961 годах. Как и в предыдущих опытах фосфоритная мука вносилась весной под дисковый луцильник на глубину 7—10 см. Даже при таких условиях была получена хорошая прибавка урожая.

Т а б л и ц а

Влияние фосфорных удобрений на урожай (1960 год)

Варианты опыта	Урожай в ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Без удобрений	26,1	—	—
фосфоритная мука, 26 кг/га действующего вещества	27,9	1,8	6,8
фосфоритная мука, 52 кг/га	28,4	2,3	8,8
суперфосфат, 50 кг/га	29,9	3,8	14,5

Фосфоритная мука увеличила урожай на 1,8—2,3 ц с гектара. Это, правда, несколько меньше, чем суперфосфат в такой же дозе. Но это достаточно высокая прибавка в первый же год действия. Суперфосфат как более растворимая форма обеспечил более высокую прибавку. Безусловно, эффективность в значительной степени оказалась сниженной из-за весеннего срока внесения и низких доз фосфоритной муки. По содержанию P_2O_5 фосфоритная мука и суперфосфат были равны, тогда как считается, что, для того чтобы уравнять их действие, доза фосфоритной муки должна быть в 2—3 раза выше.

В опытах 1961 года дозы фосфоритной муки были увеличены до 90 и 120 кг на гектар действующего вещества. Это не замедлило сказаться на урожае, увеличило натуру зерна и ускорило созревание на 2—3 дня.

При внесении 120 кг действующего вещества фосфоритной муки урожай увеличился до 35 ц с гектара, при урожае на контроле 28,4.

Фосфорные удобрения, будучи внесенными в почву, претерпевают ряд изменений; часть их идет на питание растений, почвенных микроорганизмов, другая часть поглощается почвой и вступает в различные, по степени растворимости, соединения. Ф. В. Чириков в 1956 году установил, что превращение фосфоритов в углерастворимые фосфаты и основные фосфаты кальция способствует высокому последствию фосфорных удобрений. В истории агрохимии известно немало примеров многолетнего последствия фосфорных удобрений, в том числе и фосфоритной муки.

Более высокое последствие фосфоритной муки связано с тем, что фосфор в ее составе находится в труднорастворимой форме. С годами он постепенно переходит в легкодоступную форму под действием кислот, выделяемых самими растениями при участии почвенных микроорганизмов, тогда как суперфосфат значительно быстрее растворяется в почве и поступает в растения или поглощается почвой.

Наш опыт 1961 года показал, что даже при сравнительно невысоких дозах внесения фосфоритной муки в «пыхунах» можно получить высокий результат в последствии.

Внесение 52 кг на гектар действующего вещества фосфора в фосфоритной муке повышает урожай за два года на 6,1 ц зерна с гектара. Или, иначе говоря, на каждый центнер минерального тука (фосфоритной муки) получено по 2 ц прибавки зерна. Эта доза по своему действию немного уступает суперфосфату, в последствии даже несколько превосходит его. Следовательно, фосфоритная мука по своему действию и последствию является высокоэффективным удобрением на «пыхунах».

Эффективность фосфоритов на серой лесной почве

Серые лесные почвы — это один из основных видов почв Иркутской области. Встречаются они во многих районах. На Иркутской опытной станции опыты с фосфоритами проводились на темно-серой лесной почве с содержанием гумуса в пахотном слое 7,5—8%, рН солевой вытяжки — 5,0—5,2, водной — 5,8—6,1. Степень насыщенности основаниями высокая — 80—81,8. По механическому составу — тяжелый суглинок, хорошо окультуренная, гумусовый горизонт 25—29 см, воднорастворимого фосфора в ней содержится довольно много — 15—18 мг на 100 граммов почвы.

Такая сравнительно высокая степень эффективного плодородия обусловила сравнительно низкую эффективность фосфоритной муки и других минеральных удобрений. В опытах 1959 года и последующих лет фосфоритная мука испытывалась по неудобренному фону и по фону азотно-фосфорных удобрений (по 50 кг действующего вещества).

Дозы внесения фосфоритной муки были различны — от 40 до 120 кг на гектар. Сроки внесения испытывались разные — весной под культиватор или туковой сеялкой и осенью под плуг при зяблевой обработке. Но во всех случаях не получено устойчивой прибавки урожая. И в последствии фосфоритная мука тоже себя не проявила.

На светло-серых лесных почвах (Иркутский сортоучасток) с меньшим содержанием воднорастворимого фосфора — 10 мг на 100 г почвы — фосфоритная мука повысила урожай пшеницы на 2—2,3 ц с гектара при урожае на контроле 25,6 ц с гектара.

Что касается культур более требовательных к почвенному плодородию, то они более отзывчивы на внесение фосфоритной муки. Так на темно-серых лесных почвах кукуруза повысила урожай от внесения фосфоритной муки на 11—20%.

Ценность любого удобрения определяется в конечном итоге его экономической эффективностью. Расчеты, проведенные комплексной тематической экспедицией Иркутского геологического управления, показывают, что себестоимость одной тонны фосфоритной муки не будет превышать 8—10 рублей. При внесении на гектар 500 кг этого удобрения (90 кг на гектар P_2O_5) себестоимость составит 4—5 рублей, а с учетом дополнительных затрат на внесение и уборку дополнительного урожая, подвоз удобрений в поле — 6—7 рублей.

Стоимость прибавки зерна, по нашим опытам, составляет 10—12 рублей в существующих государственных закупочных ценах, а с учетом одного года последствия (как, например, на «пыхунах») — 15—17 рублей. Таким образом, экономическая эффективность достаточно высока и с лихвой покрывает все затраты. А если принять во внимание то, что можно дозы уменьшить за счет компостирования фосфоритной муки с другими удобрениями, длительное последствие, то экономическая эффективность ее будет еще выше.
