

А. Г. ШЕСТАКОВ и Е. М. НОЗДРУНОВА

ВЛИЯНИЕ РЯДКОВОГО УДОБРЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫМ СУПЕРФОСФАТОМ НА ОБМЕН ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 23 IV 1951)

Внесение гранулированного суперфосфата в небольшой дозе в рядки вместе с семенами обеспечивает еще не окрепшие проростки в начальные фазы их роста фосфором в легко усвояемой форме, что в свою очередь приводит к интенсивному росту растений и получению более высокого урожая (1, 2). Подтверждение сказанному дал проведенный нами полевой опыт с дозами гранулированного суперфосфата 4,8 и 16 кг P_2O_5 на га. Опыт проводился в учебном хозяйстве «Дубки», Московской обл., в полевом травопольном севообороте, с овсом, с подсевом многолетних трав (клевер + тимофеевка). Почва дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая, на легком покровном суглинке. С осени внесена фосфоритная мука 1 т/га.

Весной 1949 г. участок был дважды прокультивирован; под культиватор внесено азота 40 кг/га в виде $(NH_4)_2SO_4$ и K_2O 60 кг/га в виде KCl . Размер делянки 0,5 га. Посев проведен 6 V 1949 г. конной 10-рядной дисковой сеялкой. Овес сорт Победа. Норма высева 160 кг/га. Урожай убран 2 IX 1949 г. Схема опыта и урожайные данные представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что увеличение дозы гранулированного суперфосфата с 8 до 16 кг/га приводит к увеличению прибавки урожая зерна с 4,2 до 10,2 ц/га, а также к повышению «оплаты» 1 кг P_2O_5 с 52,5 до 63,7 кг. Рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом увеличило содержание белка с 11,13 до 13,4%.

В течение вегетации брались пробы растений, приуроченные к фазам развития: 30 V — полные всходы, 17 VI — кущение, 3 VIII — конец цветения, 2 IX — созревание. Проводились анализы на содержание общего фосфора и форм фосфорных соединений по методике А. В. Соколова (3). Анализировались отдельно листья, стебли, зерно. Процент P_2O_5 в листьях, стеблях и зерне по мере созревания растений снижается, оставаясь на более высоком уровне в варианте без рядкового удобрения. Абсолютное содержание P_2O_5 следует за урожаем. В литературе есть указания, что количество минеральной фосфорной кислоты находится в прямой зависимости от фосфатной обеспеченности растений (4). Наши данные не подтверждают этого положения. Процентное содержание минерального фосфора в листьях, стеблях и зерне ниже по рядковому удобрению, нежели по контролю. Это видно из табл. 3.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы

pH солевая	H ₂ O _{обм.}	H ₂ SO ₄	S	P_2O_5 по	K_2O по	Гумус в %
				Кирсанову	Пейве	
				в мг на 100 г почвы		
4,5	0,49 М-ЭКВ.	4,03 М-ЭКВ.	5,64 М-ЭКВ.	6,25	9	2,68

Влияние возрастающих доз гранулированного суперфосфата на урожай овса

Варианты	Схема опыта	Урожай в ц/га			При- бавка зерна в ц/га	% белков в зерне	P ₂ O ₅ , %		Прибавка урожая в кг на 1 кг	
		общий	зерно	солома			зерно	солома	общий урожай	зерно
I	НКР _ф , контроль .	40,6	17,1	23,5	—	10,9	1,10	0,43	—	—
II	НКР _ф + 4 кг P ₂ O ₅ (гранул. суперф.) в рядки	44,3	18,6	25,7	1,5	11,1	1,10	0,41	92,5	37,5
III	НКР _ф + 8 кг P ₂ O ₅	50,8	21,3	29,5	4,2	13,2	1,01	0,30	127,5	52,5
IV	НКР _ф + 16 кг P ₂ O ₅	60,4	27,3	33,1	10,2	13,4	1,02	0,30	128,5	63,7

Обеспечение растений фосфором с начала вегетации изменяет биохимические процессы, повышая синтез фосфорорганических соединений (1).

Таблица 3

Содержание минерального фосфора в растениях овса (в %)

Варианты	Всходы	Кущение	Цветение	Созревание
Л и с т ь я				
I	0,54	0,47	0,24	0,30
IV	0,47	0,30	0,21	0,12
С т е б л и				
I	—	0,20	0,29	0,16
IV	—	0,07	0,16	0,10
З е р н о				
I	—	—	0,28	0,10
IV	—	—	0,26	0,06

Лучшее обеспечение растений фосфором (рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом) приводит к увеличению в начальные фазы роста растений содержания фосфора нуклеопротеидов и фосфатидов. По мере развития растений по фосфатидам зависимость остается той же, содержание же нуклеопротеидов падает при внесении гранулированного суперфосфата. Вполне развившиеся листья в период цветения содержат максимальное количество фосфатидов, при дальнейшем развитии растения содержание фосфатидов в листьях (процентное и абсолютное) падает, но увеличивается удельный вес их по сравнению с другими формами фосфорных соединений. Содержание фосфатидов (к общему фосфору) составляло в варианте I 26%, в варианте IV 46%. Высокое содержание их в листе характеризует интенсивность развития листовой поверхности. Лучшее развитие листовой поверхности при хорошем снабжении фосфором способствует усилению синтетических процессов и особенно процессов фосфорилирования. Так, рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом приводит к повышению содержания фосфорных эфиров и к снижению содержания сахаров в листьях овса в фазе кущения.

Повышенное содержание сахарофосфатов в листьях овса III и IV вариантов является показателем усиления под влиянием гранулированного суперфосфата синтетических процессов, ускоряющих развитие растения, что в свою очередь приводит к усилению оттока пластических веществ в репродуктивные органы в последующие фазы (особенно цветения) и к усилению темпа старения листа после цветения. Отсутствие рядкового удобрения фосфором (I вариант) приводит к запаздыванию цветения на

5 дней и созревания на 10 дней. В стеблях овса в фазу кущения органические формы фосфора преобладают над минеральными.

Таблица 4

	Вар. I	Вар. III	Вар. IV
Сахарофосфаты в % от общего Р	34,4	38,9	45,2
Редуцирующие сахара в % на сух. в-во	5,6	3,9	3,9
Сахароза в % на сух. в-во	5,5	3,3	3,8

Таблица 5
Сахарофосфаты в % от общего Р

	Вар. I		Вар. IV	
	кущение	цветение	кущение	цветение
Листья	34	5	45	12
Стебли	5	14	12	37

В период цветения идет перераспределение фосфорсодержащих соединений между органами. Так например, имеет место передвижение сахарофосфатов как наиболее подвижных органических форм из листьев в стебли. В фазе цветения в листьях овса с рядковым удобрением гранулированным суперфосфатом (вар. IV) происходит значительное увеличение содержания сахаров, при довольно низком содержании сахарофосфатов и белкового фосфора; в то же время в листьях овса без рядкового удобрения (вар. I) снижается содержание растворимых сахаров, содержание же белкового фосфора и сахарофосфатов выше, чем в листьях IV варианта.

В листьях овса I варианта (без рядкового удобрения) имеет место некоторое усиление синтетических процессов,

что связано с образованием стадийно более молодых частей растения (подгон) за счет дополнительного кущения в последующие фенофазы.

Усиление синтетических процессов в листьях в период цветения приводит к замедлению оттока пластических веществ в репродуктивные органы, который

приводит к задержке созревания. На это указывает также и отношение белк. Р (в γ на 1 г сух. в-ва) белк. N (в мг на 1 г сух. в-ва) (см. табл. 7).

В варианте I в фазе цветения доля фосфора в белке довольно велика ($\frac{\text{белк. Р}}{\text{белк. N}} = 7,0$), т. е. листья являются стадийно более молодыми, чем в варианте IV ($\frac{\text{белк. Р}}{\text{белк. N}} = 5,2$). При внесении гранулированного суперфосфата отношение $\frac{\text{белк. Р}}{\text{белк. N}}$ падает, т. е. идет более быстрое созревание (овес IV варианта созрел на 10 дней раньше). В наших опытах изменения в урожае не сопровождаются изменениями в относительном содержании фосфора в зерне (табл. 2). Это связано с тем, что при рядковом удобрении гранулированным суперфосфатом повысились ростовые процессы и развитие растений и имело место не только накопление, но и более продуктивное использование фосфора.

Таблица 6

	Редуцирующие сахара	Сахароза	В % от общего Р	
	в % на сух. вещество		сахарофосфаты	белковый Р
1. Без рядкового удобрения	4,3	4,4	9,8	21,6
IV. 16 кг/га P_2O_5 (гранул. суперф.) в рядки	5,3	6,0	5,8	2,3

Характер обмена в вегетативных органах наложил отпечаток на обмен в репродуктивных органах. К созревающим семенам в первую очередь притекают углеводофосфаты, за счет которых образуется запасная фракция — фитин⁵⁾. Наши данные указывают на прямую связь между образованием фитина, содержанием сахарофосфатов и растворимых углеводов в зависимости от условий фосфатного питания. Чем лучше растения обеспечены фосфором в первый период, тем больше образуется сахарофосфатов, тем больше откладывается запасных форм фосфора в зерне в виде фитина. Если растения недостаточно обеспечены фосфатами в первый период, то они используют фосфор в первую очередь на построение белкового фосфора и фосфора фосфатидов. При этих условиях растения создают меньше запасных

Таблица 7

Сроки взятия проб	Вар.	
	I	IV
Всходы . . .	123	100
Кущение . . .	72	22
Цветение . . .	70	5,2

форм фосфора и не содержат в значительном количестве сахарофосфатов (I вар.), особенно в период вегетации. Зерно в этих случаях содержит относительно больше белкового фосфора, который откладывается, главным образом, в зародыше зерна, а именно (в % к общ. P): в I варианте 46,6, в IV — 20,9%. Рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом при одном и том же процентном содержании общего фосфора повышает содержание запасных форм фосфора в зерне.

Таблица 8

Варианты	Схема опыта	P ₂ O ₅ в зерне, %			В % от общего P ₂ O ₅		
		общий	фитин	фосфати-ды	фитин	фосфати-ды	сумма
I	NKP _ф , контроль	1,10	0,28	0,13	25,5	11,9	37,4
III	NKP _ф + 8 кг P ₂ O ₅ (гранул. суперф.) в рядки	1,01	0,38	0,15	37,6	14,8	52,4
IV	NKP _ф + 16 кг P ₂ O ₅	1,02	0,50	0,20	49,0	19,2	68,2

Изменение отношения $\frac{\text{белк. P (в } \gamma \text{ на } 1 \text{ г сух. в-ва)}}{\text{белк. N (в мг на } 1 \text{ г сух. в-ва)}}$ в зерне имеет тот же характер, что и в листьях; оно оказалось в I варианте 42, в IV — 16. При внесении гранулированного суперфосфата доля белкового фосфора в зерне понижается, снижается синтез сложных и повышается синтез простых белков, т. е. качество зерна повышается.

Изложенные результаты показывают, что путем правильного сочетания рядкового удобрения гранулированным суперфосфатом с основным удобрением можно создавать благоприятные условия роста и развития растений, изменять обмен веществ в растениях и тем самым значительно повышать урожай зерновых культур и одновременно улучшать его качество, увеличивая содержание в зерне белка и фитина.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
23 IV 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Г. Шестаков и Е. М. Ноздрунова, ДАН, 78, № 2 (1951).
² Н. С. Авдониин, Применение гранулированного суперфосфата, 1950. ³ А. В. Соколов, Химизация сел. хоз., № 10 (1940). ⁴ М. Н. Язвицкий, ДАН, 49, № 6 (1945). ⁵ А. А. Зуев и В. Н. Поручикова, ДАН, 70, № 3 (1950).