

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОЗ И СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ

Ю.Я. Емельянов, А.Н. Копылов, к.с.-х.н., О.В. Волынкина, к.с.-х.н., Е.В. Кириллова,
Курганский НИИСХ

Изучена в условиях стационарного эксперимента сравнительная эффективность различных доз и способов внесения двойного суперфосфата на фоне азотного удобрения в севообороте кукуруза – яровая пшеница. Установлено, что при ежегодном применении фосфорного удобрения его влияние изменялось за счет последствий остаточных фосфатов: потребность во вновь вносимом фосфоре снижалась. Оптimum доз фосфора для яровой пшеницы находится в пределах 15-30 кг д.в./га в припосевном удобрении.

Ключевые слова: севооборот, пшеница, дозы и способы внесения суперфосфата, аммиачная селитра, подвижный фосфор, гербициды, последствие, урожайность.

Для пашни Курганской области характерно низкое содержание подвижного фосфора в почве. На 01.01 2010 г. к группам очень низкого и низкого содержания P_2O_5 было отнесено 58,2 % пашни [9]. Содержание валовой фосфорной кислоты составляет 0,08-0,15%. Почвы с таким небольшим валовым содержанием фосфора слабо закрепляют фосфаты удобрений в недоступные соединения. Для выщелоченных черноземов Западной Сибири некоторые авторы называют optimum фосфора 150-200 мг/кг почвы (по Чирикову) [2]. В исследованиях, проведенных в Курганском НИИСХ, оптимальный фосфатный уровень составил 60-70 мг/кг почвы (по Чирикову) и на выщелоченном черноземе достигался на 2-5-й год ежегодным внесением высоких доз фосфора – (90 и 60 кг д.в./га) [8].

На полях с низким содержанием подвижных фосфатов в пахотном слое повышение урожайности культуры зачастую не обеспечивается одним улучшением азотного питания, введением в севооборот пара, бобовых культур или внесением азотных удобрений. Нашей задачей было разработать научно обоснованную систему совместного применения азотных и фосфорных удобрений. По данным многолетних исследований института, при хорошей обеспеченности азотом в разных зонах Курганской области фосфорное удобрение повышает урожайность пшеницы в среднем на 0,3-0,6 т/га [3, 7]. Тем не менее, известно, что действие фосфорного удобрения не ограничивается только годом внесения и может проявляться на протяжении ряда последующих лет [6]. Роль остаточных количеств фосфора удобрений в питании культуры особенно возрастает при систематическом их применении [1, 4].

Цель исследований на начальном этапе – изучить эффективность доз и способов внесения гранулированного двойного суперфосфата при возделывании яровой пшеницы по кукурузе при ежегодной вспашке.

В новых экономических условиях, когда цены на топливо, удобрения по отношению к ценам на зерно повысились в несколько раз, для практики сельскохозяйственного производства возросло значение разработки ресурсосберегающих технологических приемов использования удобрений. Поэтому с 2001 г. исследования вели при минимальной обработке.

Методика. Длительный стационарный опыт был заложен в 1978 г. в Курганском НИИСХ с испытанием доз двойного гранулированного суперфосфата – 15, 30, 60 и 90 кг д.в./га в севообороте кукуруза – пшеница. Изучали три способа ежегодного внесения: вразброс под предпосевную культивацию, локально до посева и в рядки при посеве пшеницы на фоне N_{60} (аммиачная селитра). Начиная с 2000 г. фосфор не применяли в вариантах с разбросным и локальным допосевными способами внесения и начали изучать его последствие. Припосевное внесение фосфора продолжали применять. В

севообороте до 1998 г. ежегодно фоном вели обработку растений гербицидом 2,4-Д. С образованием свободных делянок для вычленения роли гербицида в 1999-2010 гг. появились варианты с опрыскиванием и без него. Применяли баковую смесь эланта и пумы Супер 100 на фоне последствия локального допосевного внесения фосфора, а на фоне бывших вариантов с разбросным внесением гербицидов не было. Азот, по-прежнему, вносили фоном.

Почва – чернозем выщелоченный маломощный малогумусный среднесуглинистый. Агрохимические показатели пахотного горизонта при закладке опыта: pH_{KCl} – 6,3 (в настоящее время на контроле 5,32), гидролитическая кислотность – 3,5 мг-экв/100 г почвы, гумус (по Тюрину) 4,54 %, общий азот (по Кьельдалю) 0,22%, общий фосфор 0,086%, P_2O_5 (по Чирикову) 20–35 мг/кг, обменный калий (по Чирикову) 290–310 мг/кг. Если низкая исходная обеспеченность почвы подвижным фосфором свидетельствовала об удачном подборе участка для исследования эффективности фосфорного удобрения, то содержание обменного калия по шкале Чирикова более 180 мг/кг считается очень высоким. Тем не менее, первые 15 лет, учитывая потребность кукурузы в калии, под эту культуру применяли азотно-калийный фон – $N_{120}K_{60}$, хотя в других опытах КНИИСХ прибавки от внесения калия на фоне NP наблюдались не всегда [5].

Расположение вариантов на участке систематическое, повторность трехкратная. Общая площадь делянки – 105 м² (4,2×25). Учетная площадь для пшеницы – 50 м² (2,0×25).

Действие фосфорного удобрения на посеве пшеницы изучали с 1978 по 1998 г. при ежегодной вспашке, затем – при отвальной минимальной обработке (БДТ ежегодно на 6-8 см) до 2011 г. При ежегодной вспашке испытывали следующие способы применения фосфорного удобрения: 1) вразброс под предпосевную культивацию сеялкой СЗ-3,6 через вынутые из сошников тукопроводы; 2) врезание локально до посева сеялкой СЗ-3,6; 3) в рядки при посеве СЗ-3,6. Во всех вариантах четыре дозы суперфосфата ($P_{15-30-60-90}$) вносили с использованием тукового аппарата сеялки на фоне N_{60} и применения 2,4-Д.

На фоне минимальной обработки с 1999 г. схема опыта была видоизменена: изучение доз фосфора сохранилось только в вариантах припосевного способа как более экономичного. На фоне двух других способов стало очевидным нивелирование различий, стали изучать последствие удобрения. Учитывая то, что эти варианты равноценны как по содержанию фосфора в почве, так и по влиянию на урожайность, было введено еще одно отличие: только на фоне последствия локального до посева способа с 2001 г. применяли гербицид (баковую смесь пумы Супер 100 и эланта).

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что ежегодное применение двойного суперфосфата улучшило фосфатный режим выщелоченного чернозема. Анализы почвы на делянках на протяжении всего периода эксперимента указывали на прямую зависимость между дозами фосфорных удобрений и увеличением содержания подвижных фосфатов в пахотном горизонте (табл. 1). Уровень P_2O_5 в почве повышался даже при внесении небольших доз фосфорных удобрений (15 и 30 кг д.в./га), а при их увеличении степень обеспеченности подвижным фосфором резко возрастала. В результате 32-летнего внесения P_{60} и P_{90} содержание P_2O_5 в среднем за 2008-2010 гг. возросло по отношению к контролю, соответственно, на 37 и 63 мг/кг почвы.

1. Содержание P_2O_5 в слое почвы 0–20 см (по методу Чирикова) в зависимости от дозы внесения суперфосфата в разные периоды стационарных исследований, мг/кг

Вариант опыта	1978-1980 гг.	1984-1986 гг.	1993-1995 гг.	2002 г.	2008-2010 гг.
Контроль	34	43	39	38	52
N_{60} -фон	38	48	37	35	43
Фон + P_{15} в рядки	47	44	47	52	56
Фон + P_{30} в рядки	51	57	52	58	64
Фон + P_{60} в рядки	57	77	81	86	89
Фон + P_{90} в рядки	68	92	110	126	115

Примечания. 1. Здесь и далее данные за 1978-1988 гг. Л.Д. Рыбиной. 2. С 2000 г. фосфор в севообороте кукуруза-пшеница вносили только на пшенице в рядки при посеве.

Время, необходимое для перевода почвы из группы с низким содержанием подвижного фосфора в группы со средним и повышенным содержанием, находилось в прямой зависимости от суммарной дозы вносимого фосфорного удобрения. Средний уровень содержания P_2O_5 при внесении P_{90} достигался уже на 2-3-й, а при внесении P_{60} – на 4-5-й год. При использовании более низких доз удобрений средние показатели были достигнуты намного позже: на 21-й год применения фосфорных удобрений при дозе 30 кг/га и на 27-й – при дозе 15 кг/га. Переход в группу с повышенным содержанием фосфора в почве при внесении P_{90} произошел уже на 15-й год исследований. К 2008-2010 гг. к этой группе приблизился вариант с дозой P_{60} .

Наблюдаемое небольшое увеличение содержания фосфора в почве контрольного варианта можно объяснить пополнением его подвижных форм из запасов органических веществ, что отмечается и в литературе [10]. Отсутствие этого повышения в варианте с применением одного азотного удобрения связано, вероятно, с более высоким выносом питательных веществ из почвы при большей урожайности.

На делянках, где фосфор вносили вразброс в 1978-1998 гг., анализ почвы, проведенный в 2010 г., показал, что за 12 лет после прекращения применения фосфора его содержание в почве поддерживалось на уровне 55; 75 и 87 мг/кг соответственно вариантам последствие P_{30} , P_{60} и P_{90} . Здесь, по обновленной схеме опыта, гербицид не применяли. На гербицидном фоне в вариантах с последствием тех же доз при локальном допосевном способе внесения удобрений содержание подвижного P_2O_5 было близким: 58; 79; 91 мг/кг, соответственно дозам. В вариантах, где продолжали вносить разные дозы фосфора, эти показатели были выше (см. табл. 1).

На первом этапе эксперимента, в 1978–1980 гг., отмечено высокое положительное действие суперфосфата на урожайность культур. Величина прибавок зависела от способа внесения, дозы и изменялась во времени (табл. 2).

Способ внесения суперфосфата в дозе P_{30} в рядки при посеве имел существенное преимущество перед разбросным. При дозе P_{30} , внесенной вразброс, уровень прибавок урожая был в 2,4 раза меньше, чем в вариантах внесения этой же дозы в рядки при посеве, и уступал даже внесению P_{15} в рядки. С повышением дозы до P_{60} преимущество припосевного фосфорного удобрения снижалось, а в вариантах с внесением P_{90} оно не проявлялось.

В последующие 3 года (1981-1983), по мере накопления в почве остаточных фосфатов удобрений в доступной для растений форме, эффективность доз вновь вносимых фосфорных удобрений ослабевала. Для достижения максимальной урожайности пшеницы потребовалась в 1,5 раза меньшая доза (P_{60}). При дозе P_{60} разница между прибавками при разных способах внесения снизилась, а при P_{30} – уменьшилась до минимума, так как даже при разбросном внесении суперфосфата удалось постепенно повысить содержание P_2O_5 в почве. При внесении P_{90} стала даже снижаться урожайность по от-

ношению к дозе P_{60} , особенно на фоне припосевного удобрения.

Различия между способами внесения дозы P_{30} нивелировались окончательно в 1984–1986 гг., одновременно уменьшилась разница в урожайности в вариантах с высокими и низкими дозами удобрения. В последующие 11 лет (1987–1997) при дозах фосфора выше P_{15} различия между способами внесения суперфосфата и его дозами находились в пределах ошибки опыта.

2. Влияние доз и способов внесения суперфосфата и его последствия на урожайность яровой пшеницы при различных уровнях интенсификации технологии возделывания по периодам стационарных исследований, т/га

Вариант опыта	1978-1980 гг.	1981-1983 гг.	1984-1986 гг.	1987-1997 гг.	1978-1997 гг.	Гербицид	2001-2010 гг.
<i>Урожайность без фосфорного удобрения</i>							
Контроль	2,62	1,79	1,55	1,51	1,81	Γ_0	1,27
N_{60} -фон	3,16	1,87	2,14	1,67	2,09	Γ_0	1,54
<i>Прибавки от внесения фосфорного удобрения</i>							
Фон + P_{15} в рядки	0,27	0,35	0,38	0,27	0,32	Γ_0	0,23
Фон + P_{30} вразброс*	0,15	0,33	0,45	0,26	0,33	Γ_0	0,29
Фон + P_{30} локально*	0,29	0,45	0,46	0,22	0,33	Γ	0,69
Фон + P_{30} в рядки	0,36	0,38	0,52	0,23	0,34	Γ_0	0,28
Фон + P_{60} вразброс*	0,39	0,57	0,48	0,30	0,41	Γ_0	0,29
Фон + P_{60} локально*	0,54	0,50	0,51	0,29	0,42	Γ	0,80
Фон + P_{60} в рядки	0,51	0,49	0,47	0,25	0,39	Γ_0	0,32
Фон + P_{90} вразброс*	0,56	0,33	0,48	0,25	0,37	Γ_0	0,32
Фон + P_{90} локально*	0,62	0,42	0,46	0,30	0,42	Γ	0,80
Фон + P_{90} в рядки	0,55	0,23	0,41	0,28	0,36	Γ_0	0,29
$НСП_{0,5}$ дозы	0,17-0,29	0,11-0,33	0,20-0,25	0,15-0,20	0,11-0,30		0,10
способы	0,15-0,26	0,08-0,28	0,15-0,20	0,17-0,19	0,08-0,28		-

*С 1999 г. фосфор не вносили (изучали последствие).

Примечание. Γ_0 – без гербицида *С 1999 г. фосфор не вносили (изучали последствие).

На следующем этапе (2001–2010 гг.), при переходе к минимальной обработке почвы и прекращению внесения фосфорных удобрений вразброс и локально до посева, в этих вариантах последствие фосфорного удобрения было не ниже, чем в вариантах, где фосфорное удобрение продолжали вносить в рядки при посеве в дозах $P_{15-30-60-90}$. Однако при этом возрастала засоренность посевов, что могло привести к снижению эффективности удобрений. Применение гербицидов повышало в 2,5 раза прибавки от последствие одних и тех же доз фосфора (см. табл. 2).

Таким образом, при систематическом применении гранулированного двойного суперфосфата, наряду с существенным повышением урожайности пшеницы, увеличивалось содержание подвижных форм фосфора в почве. Наблюдался переход почвы из группы с низкой обеспеченностью фосфором в группы со средней и повышенной обеспеченностью. Среднее содержание P_2O_5 обеспечивалось внесением P_{90} уже на 2-3-й год, P_{60} – на 3-4-й, P_{30} – на 8-9-й и P_{15} – только на 27-й год. Полученные данные свидетельствуют, что при низком содержании P_2O_5 в почве лучшие результаты отмечены при припосевном внесении P_{15-60} . По достижении среднего и повышенного содержания подвижного фосфора не наблюдались различия влияния способов внесения удобрений на урожайность культуры, а увеличение дозы фосфора свыше 15 кг д.в./га не давало дополнительного роста прибавок урожая. При достаточно высоком содержании P_2O_5 (свыше 58 мг/кг) послед-

ствие фосфора не уступало прямому действию удобрения в испытываемых дозах, а применение гербицида увеличивало прибавку в 2,5 раза.

Литература

1. Берхин Ю.И. Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ.- Новосибирск, 1978. Вып. 29.- С. 3.
2. Берхин Ю.И., Яковлева Л.В. Содержание подвижного фосфора в почвах Юго-Западной Сибири. // Сиб. вест. с.-х. науки.- 1982. -№2. - С.17-21.
3. Волынкин В.И. Изменение агрохимических свойств почвы и эффективность фосфорных удобрений при систематическом внесении в севообороте / Тез. докл. регионал. совещ. Челябинск.- М., 1977.- С. 20-22.
4. Волынкин В.И. Интенсификация степного земледелия в Сибири и Зауралье / Тр. СибНИИХима.- Новосибирск, 1984.- С. 38.
5. Волынкин В.И., Волынкина О.В. Действие состава удобрения и доз азота при систематическом применении в севообороте и на монокультуре пшеницы // Плодородие.- 2013. -№2. С.20-22.
6. Волынкин В.И., Волынкина О.В., Данилова Л.Ф. и др. Научные основы системы удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте / Волынкин В.И., 7. Волынкина О.В., Данилова Л.Ф., Новоселов В.П., Попова Л.П., Емельянов Ю.Я., Притчин А.Н. Рекомендации.- Курган, 2001. -С. 62-100.
7. Емельянов Ю.Я., Волынкин В.И. Ресурсосберегающие технологические приёмы использования фосфорных удобрений / Наука – сельскому хозяйству. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 60-летию со дня образования Курганской обл. и 90-летию сельскохозяйственной науки Зауралья.- Курган, 2003. -С. 123-126.
8. Рыбина Л.Д. Способы внесения различных доз гранулированного суперфосфата при ежегодном применении в севообороте // Агрохимия.- 1986. -№3. -С. 22-27.
9. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области/ Под ред. А.Л. Иванова. Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2012.- 494 с.
10. Соколов Н.С. Влияние антропогенных природных факторов на содержание подвижного фосфора в пахотных почвах юго-западной части ЦЧЗ // Агрохимия. -2006.- № 11.- С. 66-73.

EFFICIENCY OF APPLICATION RATES AND METHODS OF PHOSPHORUS FERTILIZER AT THE REGULAR USE FOR SPRING WHEAT

Yu.Ya. Emelyanov, A.N. Kopylov, O.V. Volynkina, E.V. Kirillova
Kurgan Research Institute of Agriculture, Russian Academy of Sciences,
ul. Lenina 9. Sadovoe, Ketovo raion, Kurgan oblast, 641325 Russia E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

The comparative efficiency of different rates and methods of superphosphate application on the background of nitrogen fertilizer in the corn-spring wheat rotation has been studied under conditions of a stationary experiment. It has been established that, at the annual application of phosphorus fertilizer, its effect varied due to the aftereffect of residual phosphate: the need for phosphorus addition decreased. Optimum rates of phosphorus for spring wheat are between 15 and 30 kg a.i./ha at the pre-sowing fertilization.

Keywords: crop rotation, wheat, rates and methods of superphosphate application, ammonium nitrate, available phosphorus, herbicides, aftereffect, yield.