

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА АГРОЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВООБОРОТЕ

Н.А. Кирпичников, д.с.-х.н., С.П. Бижан, И.В. Тованчев

ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: bighan1@yandex.ru

В полевых опытах установлена высокая агроэкономическая эффективность применения фосфорных удобрений на слабооккультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве (pH_{KCl} 3,9-4,2; P_2O_5 35-60 мг/кг) с низким содержанием подвижного алюминия (40-48 мг/кг). На окультуренной почве (pH_{KCl} 5,1-5,7; P_2O_5 95-140 мг/кг) с низким содержанием подвижного алюминия (13-19 мг/кг) наибольшие показатели достигаются при меньшей дозе фосфорных удобрений, чем на слабооккультуренной. На слабооккультуренной почве с высоким содержанием подвижного алюминия (около 130 мг/кг), обусловленного систематическим применением азотных и калийных удобрений, эффективность фосфорных удобрений повышается при известковании.

Ключевые слова: окультуренная и слабооккультуренная дерново-подзолистая почва, фосфорные удобрения, яровой ячмень, урожайность, окупаемость.

INFLUENCE OF AGROCHEMICAL PARAMETERS OF SODDY-PODZOLIC SOIL ON AGROECONOMIC EFFICIENCY OF THE PHOSPHOROUS FERTILIZERS FOR SPRING BARLEY CULTIVATION AT CROP ROTATION

Dr. Sci. N.A. Kirpichnikov, S.P. Bighan, I.V. Tovanchev

ARSRI for Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, e-mail: bighan1@yandex.ru

In field experiments, a high agroeconomic efficiency of the use of phosphate fertilizers on poorly cultivated sod-podzolic loamy soil (pH_{KCl} 3.9-4.2; P_2O_5 35-60 mg/kg) with low content of mobile aluminum (40-48 mg/kg) was established. On cultivated soil (pH_{KCl} 5.1-5.7; P_2O_5 95-140 mg/kg) with a low content of mobile aluminum (13-19 mg/kg), the highest rates are achieved with a lower dose of phosphate fertilizers than on poorly cultivated. On poorly cultivated soil with a high content of mobile aluminum (about 130 mg/kg), due to the systematic use of nitrogen and potash fertilizers, the effectiveness of phosphate fertilizers increases with liming.

Keywords: cultivated and poorly cultivated soddy-podzolic soil, phosphorous fertilizers, spring barley, yield, profitability.

В условиях диспаритета цен на средства химизации и продукцию растениеводства важно рационально использовать минеральные удобрения. Особенно это относится к дерново-подзолистым почвам Центрального Нечерноземья, которые в силу различного уровня известкования и применения фосфорных удобрений в прошлые годы в значительной мере различаются по степени окультуренности. Так, слабооккультуренные почвы, которые требуют первоочередного известкования и внесения фосфорных удобрений, составляют около 60% площадей земель, занятых в сельском хозяйстве [1]. Яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) относится к культурам, требовательным к плодородию почвы и минеральному питанию [2]. Однако эффективность фосфорных удобрений при возделывании высокопродуктивных современных сортов ячменя в зависимости от агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы изучена недостаточно.

Цель исследований – изучить эффективность фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя высокопродуктивного сорта Нур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с разной степенью окультуренности.

Методика. Исследования проводили в двух полевых опытах, заложенных на Центральной опытной станции ВНИИА (Московская область). Почвы дерново-подзолистые тяжелосуглинистые на покровном суглинке. Исходная почва длительного полевого опыта СШ-27 слабооккультуренная: pH_{KCl} 3,9-4,2; гумус 1,56-1,60%; сумма оснований 7,5-8,2; гидролитическая кислотность 4,9-5,2; обменная кислотность 0,55-0,57 ммоль-экв/100 г; степень насыщенности основаниями 57-63%. Содержание подвижного фосфора и калия в почве 30-70 и 112-115 мг/кг соответственно. Краткосрочный полевой опыт заложен на двух участках, различающихся по степени окультуренности, в основном по кислотности и

обеспеченности подвижными фосфатами. Слабо-окультуренная почва характеризовалась примерно такими же агрохимическими показателями, как и почва длительного полевого опыта: pH_{KCl} 4,2-4,7; степень насыщенности основаниями около 60%; подвижные формы фосфора и калия (по Кирсанову) 35-60 и 90-120 мг/кг соответственно. Окультуренная почва имела следующие показатели: pH_{KCl} 5,1-5,7; степень насыщенности основаниями 85%; содержание подвижного фосфора и калия 95-140 и 135-150 мг/кг соответственно. Содержание гумуса в почвах всех опытов существенно не отличалось и составляло 1,65-1,75%. Содержание подвижного алюминия в почвах было низкое (13-45 мг/кг).

Удобрения под яровой ячмень применяли в форме аммиачной селитры (N 34,6%), двойного суперфосфата (P_2O_5 42%) и хлористого калия (K_2O 56%). В длительном опыте по изучению эффективности фосфорных удобрений в условиях известкования известь вносили в дозах 1,5 г.к. (по 0,5 г.к. в течение первых трех ротаций) и 2,5 г.к. (по 1,0 г.к. в первой и третьей и 0,5 г.к. в восьмой ротации).

Севооборот длительного опыта зернотравяной: озимая пшеница, ячмень + клевер, клевер двух лет пользования. Севооборот двенадцатой ротации включал: озимая пшеница, ячмень, горох. Такой же севооборот был и в краткосрочном опыте.

Минеральные удобрения ($N_{90}P_{60}K_{90}$) вносили вручную под предпосевную культивацию. Площадь делянок в краткосрочном опыте составляла 66 м² и 100 м² – в длительном, повторность четырехкратная.

Экономическую эффективность рассчитывали в ценах 2018 г., затраты – согласно нормативам [3].

Анализ почвы проводили по ГОСТ. Технология выращивания культур – принятая в Московской области с использованием средств защиты растений. Уборку урожая ячменя проводили комбайном Сампо. При статистической обработке данных использовали дисперсионный анализ.

Результаты. На слабоокультуренной почве при низком содержании подвижного алюминия (40-48 мг/кг) в краткосрочном полевым опыте отмечалась высокая эффективность фосфорных удобрений. Урожайность ярового ячменя при этом повышалась с увеличением дозы фосфорных удобрений (с 30 до 120 кг/га P_2O_5) и достигала наибольшей величины при внесении дозы P_{120} , что превышало уровень фона NK на 59% (табл. 1).

Окупаемость 1 кг P_2O_5 прибавкой зерна по мере увеличения дозы фосфорных удобрений снижалась при существенном (более чем в 2 раза) повышении условно-чистого дохода в расчете на единицу площади. С увеличением дозы фосфорных удобрений окупаемость затрат, выраженная в рублях, на прибавку урожая ярового ячменя снижалась почти в 2 раза.

1. Зависимость агроэкономической эффективности применения фосфорных удобрений от дозы фосфора при выращивании ярового ячменя на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве (средние данные краткосрочного полевого опыта за 2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка от P_2O_5 к фону, т/га	Окупаемость P_2O_5 зерном, кг/кг	Стоимость прибавки, руб/га	Затраты от применения P_2O_5 на получение прибавки, руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб/га	Окупаемость P_2O_5 , руб/руб.
Без удобрений	2,77	-	-	-	-	-	-
$N_{60}K_{60}$ – фон	3,44	-	-	-	-	-	-
Фон + P_{30}	4,23	0,79	26,3	6794	1554	5,2	3,37
Фон + P_{60}	4,88	1,41	23,5	12126	3108	9,0	2,90
Фон + P_{90}	5,32	1,83	20,33	15738	4662	11,1	2,37
Фон + P_{120}	5,48	2,04	17,0	17544	6216	11,3	1,82

Примечание. Значения HCP_{05} составили: по фактору удобрения 2,4-3,2 ц/га; по фактору почва – 1,8-2,3 ц/га.

2. Зависимость агроэкономической эффективности применения фосфорных удобрений от дозы фосфора при выращивании ярового ячменя на окультуренной дерново-подзолистой почве (средние данные краткосрочного полевого опыта за 2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка от P_2O_5 к фону, т/га	Окупаемость P_2O_5 зерном, кг/кг	Стоимость прибавки, руб/га	Затраты от применения P_2O_5 на получение прибавки, руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб/га	Окупаемость P_2O_5 , руб/руб.
Без удобрений	3,43	-	-	-	-	-	-
$N_{60}K_{60}$ – фон	4,55	-	-	-	-	-	-
Фон + P_{30}	5,07	0,52	17,3	4472	1554	2,9	1,87
Фон + P_{60}	5,70	1,15	19,2	9890	3108	6,8	2,18
Фон + P_{90}	5,77	1,22	13,55	10492	4662	5,8	1,25
Фон + P_{120}	5,78	1,23	10,25	10578	6216	4,4	0,7

Примечание. Значения HCP_{05} составили: по фактору удобрения 2,4-3,2 ц/га; по фактору почва – 1,8-2,3 ц/га.

На окультуренной почве опыта фосфорные удобрения проявили меньшую эффективность, чем на слабоокультуренной почве. Данные таблицы 2 показывают, что максимальная урожайность формировалась при меньшей дозе фосфорных удобрений (60 кг/га P_2O_5), повышенные дозы (90 и 120 кг/га P_2O_5) не приводили к росту урожайности. Существенно при этом снижалась окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая ярового ячменя, а также затраты на их применение в рублях.

Положительное влияние окультуренности на урожайность ячменя наиболее сильно проявилось в варианте без фосфорных удобрений ($N_{60}K_{60}$), а также в вариантах с небольшими дозами фосфора (P_{30} и P_{60}). Прибавки урожайности за счет окультуренности почвы в данном случае достигали 30%. При внесении более высоких доз (P_{90} и P_{120}) влияние окультуренности сглаживалось – прибавки составляли 6-10%. Если на окультуренной почве наибольшая окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая и окупаемость затрат достигались при внесении P_{60} , то на слабоокультуренной почве примерно такие же показатели эффективности фосфорных удобрений были при внесении P_{90} . Следует отметить и тот факт, что высокая эффективность применения фосфорных удобрений на слабоокультуренной почве обусловлена прежде всего слабой обеспеченностью ее подвижными фосфатами, хотя она обладала повышенной кислотностью (значения pH_{KCl} составляли 4,2-4,7), но с низким содержанием подвижного алюминия (35-45 мг/кг). Такое низкое содержание подвижного алюминия не может оказывать отрицательного влияния на растения при достаточной обеспеченности фосфорным питанием, что было показано и другими исследованиями [4-6]. К тому же фосфорные удобрения ослабляют отрицательное влияние кислотности на растения.

Высокое содержание подвижного алюминия на слабоокультуренных дерново-подзолистых почвах обусловлено систематическим применением физиологически кислых азотных и калийных удобрений, что показывают результаты длительного полевого опыта СШ-27. Для сравнения эффективности фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя в этом опыте использовали данные последних лет (как и в краткосрочном опыте). Известкование, проведенное в первых трех ротациях и дополнительное в восьмой, оказало длительное положительное влияние на агрохимические свойства почвы. Так, значение pH_{KCl} известкованной почвы по 1,5 г.к. составило 4,7; по 2,5 г.к. – 5,4. Соответственно повысилась степень насыщенности основаниями на 75 и 84%. Неизвесткованная почва оставалась сильнокислой (pH_{KCl} 4,0) со степенью насыщенности основаниями 62%. В известкованной почве подвижный алюминий практически отсутствовал, в неизвесткованной (контроль) его уровень составлял около 55 мг/кг. При систематическом внесении азотных и калийных удобрений (фон НК) содержание подвижного алюминия в почве повысилось до 130 мг/кг, что отрицательно сказалось на растениях – урожайность ярового ячменя в контроле и на фоне $N_{60}K_{90}$ была практически равная (табл. 3).

Эффективность систематического применения фосфорных удобрений на известкованной почве не только не снижалась, как это отмечалось на окультуренной почве краткосрочного опыта, но несколько повышалась. Наибольшая урожайность ярового ячменя формировалась при сочетании фосфорных и известковых удобрений и была выше фона в 2,2 раза. Окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая на известкованной почве (pH_{KCl} 5,4) превысила таковую на неизвесткованной (pH_{KCl} 4,0 и Al 130 мг/кг) на 8%. Окупаемость затрат возросла

3. Зависимость агроэкономической эффективности применения фосфорных удобрений от кислотности дерново-подзолистой почвы при выращивании ярового ячменя (средние данные длительного полевого опыта СШ-27 за 2015-2018 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка от P_2O_5 к фону, т/га	Окупаемость P_2O_5 зерном, кг/кг	Стоимость прибавки, руб/га	Затраты от применения P_2O_5 на получение прибавки, руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб/га	Окупаемость P_2O_5 , руб/руб.
Без известки (pH_{KCl} 4,0)							
Без удобрений	2,62	-	-	-	-	-	-
$N_{90}K_{90}$ – фон	2,70	-	-	-	-	-	-
Фон + P_{60}	3,78	1,08	18,0	9288	3108	6,2	1,98
Известь 1,5 г.к. (pH_{KCl} 4,7)							
Фон	3,60	-	-	-	-	-	-
Фон + P_{60}	4,73	1,13	18,8	9718	3108	6,6	2,12
Известь 2,5 г.к. (pH_{KCl} 5,4)							
Фон	4,45	-	-	-	-	-	-
Фон + P_{60}	5,62	1,17	19,5	10062	3108	7,0	2,23
Примечание. Значение HCP_{05} составило 3,5 ц/га; 2015-2016 гг. – 11-я ротация, 2018 г. – 12-я ротация.							

соответственно на 13%. Фосфорные удобрения несколько снижали содержание подвижного алюминия в почве, ослаблялось при этом отрицательное влияние алюминия на растения [7-8].

Таким образом, при низком (13-48 мг/кг) содержании подвижного алюминия в дерново-подзолистых суглинистых почвах эффективность фосфорных удобрений в посевах ярового ячменя зависит от обеспеченности подвижными фосфатами. На слабоокультуренной сильноокислой почве с низким содержанием подвижного фосфора (35-60 мг/кг, pH_{KCl} 4,1-4,7) фосфорные удобрения повышают урожайность ярового ячменя по мере увеличения дозы (с 30 до 120 кг/га). На окультуренной почве с повышенным содержанием по-

движного фосфора (95-140 мг/кг) и слабоокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,1-5,7) наиболее эффективной была доза P_2O_5 60 кг/га. Если на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве лучшие показатели достигаются при дозе фосфорных удобрений 90 кг/га, то на окультуренной – при дозе 60 кг/га. На слабоокультуренной почве с высоким содержанием подвижного алюминия (около 130 мг/кг), обусловленного систематическим применением азотных и калийных удобрений, эффективность фосфорных удобрений повышается при известковании.

Работа выполнена по государственному заданию на 2019 г. № 0572-2019-0011.

Литература

1. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.
2. Кутровский В.Н., Сандухадзе Б.И., Кирдин В.Ф. Инновационные селекционные и технологические разработки – основа развития сельскохозяйственного производства / Материалы научно-практической конференции. – М.: Росинформагротех, 2007. – С. 56-58.
3. Справочник экономиста сельскохозяйственных организаций. – М.: Росинформагротех, 2012. – 270 с.
4. Кирпичников Н.А. Влияние извести на фосфатный режим слабоокультуренной дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия, 2016, № 12. – С. 3-9.
5. Глазунова Н.М. Действие фосфора и извести на фосфатный режим сильноокислых дерново-подзолистых почв и урожай растений // Агрохимия, 1983, № 10. – С. 70-78.
6. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. – С.-Пб.: ЛНИИСХ, 2005. – С. 90-118.
7. Amarasinghe S.L., Olsen S.R. Liming as related to solubility of Plant and plant growth in an acid tropical soil // Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 1973, v. 37, № 5. – P. 716-721.
8. White R.E. The enigma of PH-P solubility relationships in Soil / Proc. 3rd Intern. Congr. On Phosphorus Compounds. – Brussel, 1983. – P. 2-26.

УДК 633.84:633.1

DOI 10.24411/0235-2516-2019-10020

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Н.С. Матюк, д.с.-х.н., В.А. Николаев, к.с.-х.н., Л.И. Щигрова

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, e-mail: vladimir_nikolaev0202@mail.ru

Рассмотрены закономерности изменения агрохимических показателей плодородия при разных технологиях обработки почвы. Установлено, что как при вспашке, так и при минимальной обработке почвы содержание общего азота на 0,03-0,06 мг/кг к концу вегетации увеличилось по сравнению с ее началом. По содержанию подвижного фосфора отмечено, что в фазе кущения ячменя в слое почвы 0-20 см оно было выше (154,5 мг/кг почвы) при традиционной обработке по сравнению с точной, где оно составило 136 мг/кг почвы. К концу вегетации уровень обеспеченности данным элементом составил 124-180 мг/кг почвы. Содержание обменного калия в слое 0-20 снижалось по мере накопления растениями ячменя компонентов биомассы. Так, в начале вегетации оно составило 232,5 мг/кг почвы при вспашке, а при минимальной обработке – 228,5 мг/кг почвы, а к концу вегетации до 52,5 и 96 мг/кг, соответственно.

Ключевые слова: почва, плодородие, отвальная обработка, минимальная обработка.