

УДК 631.821.1:631.41:631.445.24:631.582:631.83:631.84:631.421.1

## ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ АЗОТНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ

© 2019 г. Н. А. Кирпичников<sup>1</sup>, С. П. Бижан<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова  
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

\*E-mail: bighan1@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.11.2018 г.

После доработки 21.12.2018 г.

Принята к публикации 13.05.2019 г.

В 50-летнем полевом опыте исследовано влияние доз извести на изменение физико-химических свойств дерново-подзолистой суглинистой почвы и продуктивность севооборота в ротациях.

**Ключевые слова:** известкование, физико-химические свойства почвы, дерново-подзолистая почва, продуктивность, полевой севооборот, систематическое применение удобрений, азотные и калийные удобрения, длительный опыт.

DOI: 10.1134/S0002188119080064

### ВВЕДЕНИЕ

Уровень кислотности – один из основных показателей окультуренности дерново-подзолистых почв. В настоящее время больше половины пахотных почв Центрального Нечерноземья имеет избыточную кислотность ( $\text{pH} < 5.5$ ), причем площади кислых почв вследствие крайне низкого уровня известкования и резко отрицательного баланса кальция постоянно возрастают [1].

Одним из основных факторов, определяющих отрицательное влияние кислотности на растения, является наличие высокого содержания алюминия в почве [2, 3]. Большое его количество в кислых почвах связано как с природными факторами почвообразования, так и с систематическим применением физиологически кислых минеральных удобрений, особенно азотных и калийных [4–7].

Однако влияние различных доз извести в связи с систематическим применением азотных и калийных удобрений на физико-химические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и продуктивность культур полевого севооборота в условиях длительного полевого опыта изучено недостаточно. Цель работы – изучение влияния различного уровня известкования на физико-химические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и продуктивность севооборота в условиях систематического применения азотных и калийных удобрений в длительном полевом опыте.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевой опыт проводили с 1966 г. на Центральной опытной станции ВНИИА (Московская обл.). Почва – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, слабоокультуренная:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  3.9–4.4, сумма обменных оснований – 8.2–9.5, гидролитическая кислотность – 4.4–5.0, обменная – 0.55–0.57 мг-экв/100 г, содержание подвижного алюминия (по Соколову) – 45–54 мг/кг; содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 29–70 и 112–115 мг/кг соответственно, гумус (по Тюрину) – 1.56–1.67%.

Изучали 3 дозы извести: 1.5 г.к. (по 0.5 г.к. в первые 3 ротации), 2.5 г.к. (по 1.0 г.к. в 1-й и 3-й ротациях и 0.5 г.к. – в 8-й), 3.0 г.к. (по 1.0 г.к. в 1-й ротации и по 2.0 г.к. – в 3-й ротации). Известь вносили в форме известняковой муки тонкого помола. В качестве общего фона вносили азотные и калийные удобрения в форме  $\text{N}_{\text{aa}}$  и  $\text{K}_{\text{x}}$ .

Чередование культур в севообороте было следующим: озимая пшеница–картофель–ячмень + клевер–клевер 2-х лет пользования, а начиная с 6-й ротации: озимая пшеница–ячмень + клевер–клевер 2-х лет пользования.

Дозы удобрений: под озимую пшеницу – N120K120, ячмень – N90K90, под клевер применяли подкормку K60, под озимую пшеницу – N90.

На зерновых культурах применяли гербициды, ретарданты и фунгициды. Использовали сорта, районированные в Московской обл.

**Таблица 1.** Влияние извести на физико-химические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы в длительном (50 лет) полевом опыте

Вариант	Ротации севооборота								
	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я	11-я
$pH_{KCl}$									
Без удобрений	4.2	4.0	4.0	4.3	4.1	4.0	4.1	4.0	4.0
NK	4.2	4.0	4.1	4.1	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9
NK+ известь 1.5 г.к.	5.4	5.0	4.9	4.6	4.6	4.5	4.6	4.5	4.5
NK+ известь 2.5 г.к.	6.0	5.8	5.8	5.6	5.6	5.5	5.5	5.3	5.1
NK+ известь 3.0 г.к.	6.4	6.3	6.2	6.0	5.7	5.7	5.5	5.3	5.2
$H_r$ , мг-экв/100 г									
Без удобрений	4.7	4.4	5.0	5.3	5.2	4.9	4.9	5.0	5.0
NK	5.2	4.8	5.0	5.5	5.5	6.0	5.7	6.0	6.2
NK+ известь 1.5 г.к.	2.8	3.0	3.0	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.7
NK+ известь 2.5 г.к.	1.6	1.5	1.8	1.9	1.9	2.3	2.3	2.4	2.4
NK+ известь 3.0 г.к.	0.8	0.9	1.2	1.3	1.6	1.7	2.0	2.1	2.2
$S$ , мг-экв/100 г									
Без удобрений	7.2	7.2	8.2	7.9	7.9	7.5	7.3	7.3	6.8
NK	7.2	7.5	8.0	7.2	6.9	6.6	6.5	6.0	5.5
NK+ известь 1.5 г.к.	12.5	10.6	10.6	9.2	8.6	8.5	8.0	8.0	7.8
NK+ известь 2.5 г.к.	13.0	12.0	11.6	11.2	11.0	10.6	10.2	10.0	10.0
NK+ известь 3.0 г.к.	15.0	14.7	14.2	13.2	12.0	11.6	11.0	10.7	10.5
$Al_{подв}$ , мг/кг									
Без удобрений	46.0	45.0	45.0	47.0	53.0	58.0	63.0	67.0	68.0
NK	47.0	47.0	48.0	52.0	76.0	80.0	106	112	126
NK+ известь 1.5 г.к.	18.0	18.0	19.0	23.0	30.0	33.0	36.0	36.0	34.0
NK+ известь 2.5 г.к.	6.0	8.0	9.0	11.0	12.0	16.0	18.0	17.0	18.0
NK+ известь 3.0 г.к.	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	7.0	8.0	8.0	10.0

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известкование, проведенное в первых 3-х ротациях, оказало существенное влияние на физико-химические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы, которые зависели от дозы извести и времени ее действия (табл. 1).

Показано, что  $pH_{KCl}$  при внесении высокой дозы извести (3.0 г.к.) в первый период после известкования (3-я и 4-я ротации) повышалась с 4.0–4.2 до 6.3–6.4 ед., т.е. почва из группы сильнонокислых перешла в группу к близко нейтральным. При известковании дозой 1.5 г.к. (по 0.5 г.к. в первые 3 ротации), почва в этот период относилась к группе слабокислых. В последующие ротации происходило снижение этого показателя: известкованная по 2.5 и 3.0 г.к. почва в 11-й ротации перешла в группу слабокислых, по 1.5 г.к. – в группу сильнонокислых. Наблюдали некоторое снижение величин  $pH_{KCl}$  при внесении азотных и калийных удобрений (вариант NK).

Более значительное влияние оказало известкование на гидролитическую кислотность, кото-

рая при внесении извести в дозе 3.0 г.к. в 3-й ротации снизилась по сравнению с вариантом контроля почти в 6 раз. Даже небольшая доза извести (1.5 г.к.) снижала гидролитическую кислотность почвы в 1.7 раза. Более высокими темпами, чем реакция почвенной среды, изменялась гидролитическая кислотность в зависимости от времени действия извести, особенно высокой ее дозы.

В 11-й ротации она повышалась по сравнению с 3-й в известкованной почве по 3.0 г.к. почти в 3 раза. Существенное увеличение гидролитической кислотности во времени наблюдали в варианте с применением азотных и калийных удобрений (NK), в 11-й ротации этот показатель кислотности почвы составил 6.2 вместо 5.2 мг-экв/100 г в 3-й ротации. Отмечена тенденция к повышению гидролитической кислотности и в контроле без удобрений.

При известковании высокими дозами извести в 2 раза повысилось содержание суммы обменных оснований (с 7.2 до 15.0 мг-экв/100 г). Изменение этого показателя во времени происходило меньши-

**Таблица 2.** Продуктивность севооборота в зависимости от дозы извести и времени ее действия, ц з.е./га

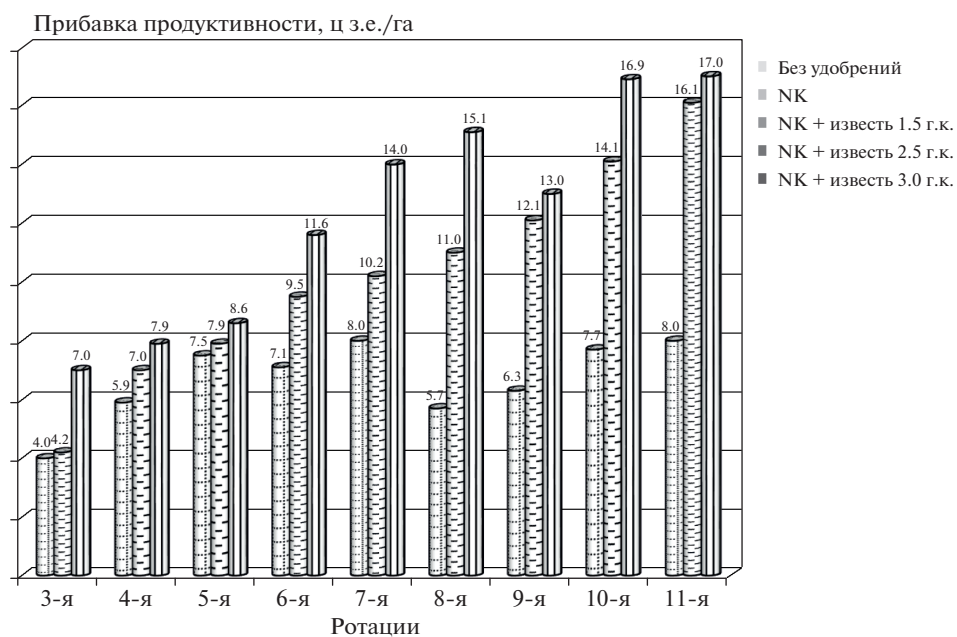
Вариант	Ротации севооборота								
	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я	11-я
Без удобрений	21.4	35.8	34.3	15.5	23.0	23.5	24.2	24.4	25.4
NK	23.9	46.9	43.1	20.7	23.7	27.0	29.0	24.9	26.9
NK+ известь 1.5 г.к.	27.9	52.8	50.6	27.8	31.7	32.7	35.3	32.6	34.9
NK+ известь 2.5 г.к.	28.1	53.9	51.0	30.2	33.9	38.0	41.1	39.0	43.6
NK+ известь 3.0 г.к.	30.9	54.8	51.7	32.3	37.7	42.1	42.0	41.8	43.9

ми темпами, чем изменение гидролитической кислотности. При известковании дозой 1.5 г.к. содержание суммы обменных оснований к 11-й ротации мало отличалось от исходного показателя (8.0 и 7.2 мг-экв/100 г соответственно). Но в известкованной большими дозами почве этот показатель значительно превосходил исходный уровень и составлял в последней ротации 10.0–10.5 мг-экв/100 г.

Особенно сильное и длительное влияние оказала известь на содержание подвижного алюминия в почве. При известковании высокими дозами оно было очень низким не только в первые, но и в последние ротации севооборота и составляло 10.0–18.0 мг/кг, что было ниже исходного уровня в 3–4 раза. Даже небольшая доза извести 1.5 г.к. действовала длительное время на этот показатель, который составил в 11-й ротации 34 мг/кг при исходном уровне 46 мг/кг почвы.

Изменения физико-химических свойств дерново-подзолистой почвы под влиянием известкования сказались на продуктивности культур

полевого севооборота, которая повышалась с увеличением дозы извести. Например, высокая доза извести (3.0 г.к.) обеспечивала продуктивность севооборота в некоторых ротациях до 50 ц з.е./га и более. Эффективность известкования зависела также от времени действия мелиоранта (табл. 2, рис. 1). В первых изученных ротациях (3 и 4-я) прибавки продуктивности были относительно невысокими и составляли в варианте с известкованием по 3.0 г.к. 20–29% по сравнению с вариантом НК. В последние 2 ротации (10-я и 11-я) известкование обеспечивало более высокую эффективность – прибавка достигала 63–70%. Даже небольшая доза извести (по 1.5 г.к.) в этот период повышала продуктивность севооборота на 42%. Повышение эффективности известкования во времени при ослабленном его действии на физико-химические свойства почвы было связано с уменьшением продуктивности варианта сравнения НК на фоне систематического (50 лет) применения физиологически кислых азотных и калийных удобрений. В этом варианте все виды кислотности во времени повышались, особенно

**Рис. 1.** Влияние известкования на изменение прибавок продуктивности севооборота (по сравнению с вариантом НК) в ротациях в зависимости от доз извести, ц з.е./га.

содержание подвижного алюминия, связанного с обменной кислотностью почвы. При содержании алюминия 46 мг/кг в 3-й ротации оно увеличилось до 126 мг/кг в 11-й ротации, или в 3 раза. Известно [7–10], что наличие большого количества подвижного алюминия в почве является одним из основных факторов, определяющих отрицательное влияние кислотности на растения. О факте вредного действия алюминия на продуктивность культур полевого севооборота в настоящем опыте можно судить, сравнивая вариант НК с контролем без удобрений. В последние 2 ротации продуктивность в этих вариантах была практически равной и составляла 24.4–26.9 ц з.е./га, прибавки продуктивности от известкования повысились в 3.0–3.5 раза.

Установлена высокая корреляционная зависимость между прибавками продуктивности севооборота от известкования (ц з.е./га) и содержанием в почве подвижного алюминия (мг/кг) в варианте НК – коэффициент корреляции  $r$  в варианте НК + известь 2.5 г.к. составил 0.96. Такая же высокая корреляция ( $r=0.98$ ) отмечена и с величиной гидролитической кислотности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В длительном 50-летнем полевом опыте показано значительное действие известкования на повышение плодородия сильнокислых дерново-подзолистых почв на фоне систематического применения физиологически кислых минеральных удобрений. В результате известкования, проведенного в первых 3-х ротациях полевого севооборота, существенно улучшились физико-химические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы, причем его влияние зависело от дозы извести и времени ее действия. Наиболее положительное и длительное действие оказало известкование на такие показатели как гидролитическая кислотность и содержание подвижного алюминия в почве, которые при систематическом применении физиологически кислых азотных и калийных удобрений (вариант НК) увеличивались во времени в большей степени, чем другие показатели (реакция почвенной среды, содержание суммы

обменных оснований). Даже небольшая доза извести (1.5 г.к. в сумме за первые 3 ротации) длительное время положительно влияла на уменьшение содержания подвижного алюминия в почве. Продуктивность полевого севооборота находилась в прямой зависимости от дозы извести и времени ее действия. Повышение эффективности известкования во времени было обусловлено увеличением показателя гидролитической кислотности и особенно содержания подвижного алюминия в варианте сравнения НК с применением физиологически кислых азотных и калийных удобрений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленев Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. М.: ВНИИА, 2008. 340 с.
2. Карпинский Н.П. Об эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Центральной части Нечерноземной зоны // Агрохимическая характеристика почв СССР. М., 1972. С. 120–144.
3. Авдонин Н.С. Известкование кислых почв, М.: Колос, 1976. 220 с.
4. Добровольский Г.В., Левин Ф.И. Вопросы рационального использования почв Нечерноземной зоны, М.: Изд-во МГУ, 1978. 200 с.
5. Палавеев Г., Тотев Т. Кислотность почвы и методы ее устранения. М.: Колос, 1983. С. 30–52.
6. Гомонова Н.Ф. Влияние 30-летнего применения минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы // Химия в сел. хоз-ве. 1984. № 1. С. 8–11.
7. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 110 с.
8. Небольсин Н.А., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. СПб.: ЛНИИСХ, 2005. С. 90–118.
9. Кирпичников Н.А. Влияние извести на фосфатный режим слабокультуренной дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия. 2016. № 12. С. 3–9.
10. White R.E. The enigma of pH–P solubility relationships in soil / Intern. Congr. on. Phosphorus Compounds. Brussel, 1983. P. 2–26.

## Influence of Lime on the Physical and Chemical Properties of Sod-Podzolic Soil and the Productivity of Field Crop Rotation with the Systematic Use of Nitrogen and Potash Fertilizers in Long-Term Experience

N. A. Kirpichnikov<sup>a</sup> and S. P. Bizshan<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> All Scientific Research Institute of Agrochemistry named D.N. Pryanishnikov  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia

<sup>#</sup> E-mail: bighan1@yandex.ru

In the 50-year field experiment the influence of lime doses on the change of physical and chemical properties of sod-podzolic loamy soil and crop rotation productivity in rotations was studied.

**Key words:** lime, physical and chemical properties of soil, sod-podzolic soil, productivity, field crop rotation, systematic application of fertilizers, nitrogen and potash fertilizers, long-term experience