

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. Кирпичников¹, С. П. Бижан^{1,*}

¹Всероссийский 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: pH_{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 N_{aa} и K_{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 |
| НК | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.1 | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.9 |
| НК+ известь 1.5 г.к. | 5.4 | 5.0 | 4.9 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 4.6 | 4.5 | 4.5 |
| НК+ известь 2.5 г.к. | 6.0 | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.3 | 5.1 |
| НК+ 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 |
| НК | 5.2 | 4.8 | 5.0 | 5.5 | 5.5 | 6.0 | 5.7 | 6.0 | 6.2 |
| НК+ известь 1.5 г.к. | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.5 | 3.7 |
| НК+ известь 2.5 г.к. | 1.6 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.4 |
| НК+ 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 |
| НК | 7.2 | 7.5 | 8.0 | 7.2 | 6.9 | 6.6 | 6.5 | 6.0 | 5.5 |
| НК+ известь 1.5 г.к. | 12.5 | 10.6 | 10.6 | 9.2 | 8.6 | 8.5 | 8.0 | 8.0 | 7.8 |
| НК+ известь 2.5 г.к. | 13.0 | 12.0 | 11.6 | 11.2 | 11.0 | 10.6 | 10.2 | 10.0 | 10.0 |
| НК+ 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 |
| НК | 47.0 | 47.0 | 48.0 | 52.0 | 76.0 | 80.0 | 106 | 112 | 126 |
| НК+ известь 1.5 г.к. | 18.0 | 18.0 | 19.0 | 23.0 | 30.0 | 33.0 | 36.0 | 36.0 | 34.0 |
| НК+ известь 2.5 г.к. | 6.0 | 8.0 | 9.0 | 11.0 | 12.0 | 16.0 | 18.0 | 17.0 | 18.0 |
| НК+ 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 слабонокислых. В последующие ротации происходило снижение этого показателя: известкованная по 2.5 и 3.0 г.к. почва в 11-й ротации перешла в группу слабонокислых, по 1.5 г.к. – в группу сильнонокислых. Наблюдали некоторое снижение величин pH_{KCl} при внесении азотных и калийных удобрений (вариант НК).

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 (НК), 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

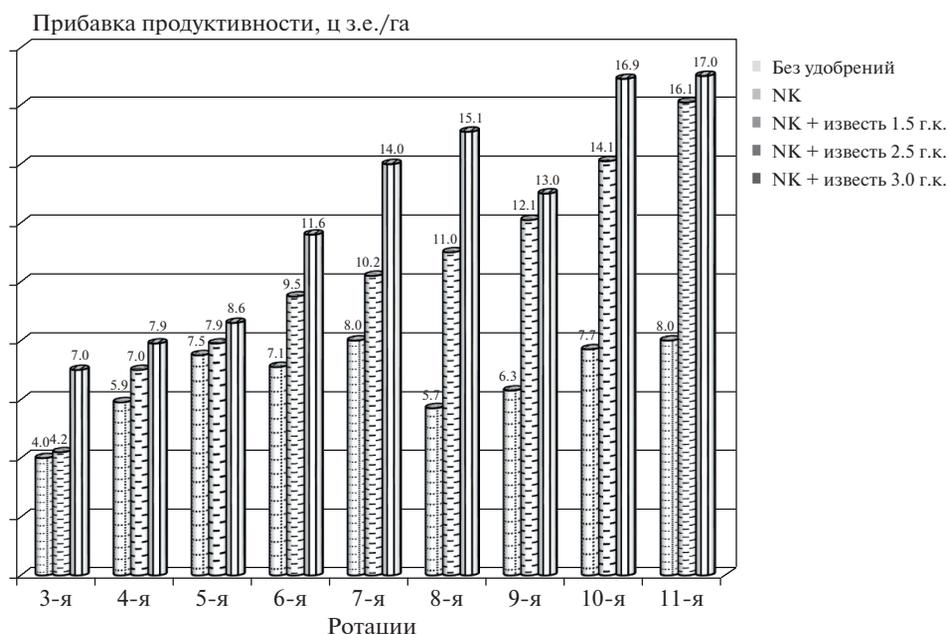
| Вариант | Ротации севооборота | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 3-я | 4-я | 5-я | 6-я | 7-я | 8-я | 9-я | 10-я | 11-я |
| Без удобрений | 21.4 | 35.8 | 34.3 | 15.5 | 23.0 | 23.5 | 24.2 | 24.4 | 25.4 |
| NK | 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^a and S. P. Bizshan^{a, #}

^a All Scientific Research Institute of Agrochemistry named D.N. Pryanishnikov
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia

[#] 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