

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ  
НА ДИНАМИКУ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ  
ПРИ ВВЕДЕНИИ ИХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ**

*Н.П. Попова, к.с.-х.н., В.А. Шевченко, чл.-корр. РАН, А.М. Соловьёв, д.с.-х.н.,  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»  
127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44*

*Важным фактором, ограничивающим использование земель для производства продукции растениеводства является кислотность почвенного раствора, обусловленная высокой концентрацией в нём ионов водорода и алюминия. Высокая кислотность отрицательно воздействует как на сельскохозяйственные растения, так и на весь комплекс химических, физико-химических и биологических процессов в почве.*

*Возделывание ячменя на минеральной системе удобрения на малопродуктивных землях усугубляет кислотность почвенного раствора, повышая её в среднем по всем предшественникам на 0,2-0,3 ед. рН. Существенное значение в снижении кислотности имеет внесение органических удобрений в виде твердой фракции навоза, выделенной из жидких стоков животноводческих комплексов, в сочетании с использованием в качестве предшественника ярового рапса. В данном случае за семилетний период исследований снижение кислотности малопродуктивных мелиорированных земель составило 0,42-0,48 ед. рН при НСР<sub>0,5</sub> = 0,41-0,45 ед. рН. По другим видам органических удобрений и предшественникам отмечена лишь положительная тенденция к раскислению, поскольку разница между исходными и конечными значениями находилась в пределах ошибки опыта.*

*Ключевые слова: малопродуктивные мелиорированные земли, кислотность, система удобрения, предшественники, жидкие стоки, твердая фракция навоза.*

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.01

Одним из основных ограничительных показателей почвенного плодородия, оказывающих непосредственное влияние как на растение, так и на все физико-химические и биологические процессы в почве, определяющих в итоге урожайность сельскохозяйственных культур, является кислотность почвенного раствора. Высокая кислотность почвы в подавляющем большинстве случаев выступает как главный фактор, ограничивающий урожай [1, 2].

Внесение извести на вновь вводимых в оборот мелиорированных и малопродуктивных землях оказывает положительное многостороннее действие на их плодородие, поскольку оно устраняет почвенную кислотность, повышает степень насыщенности почвы основаниями до оптимального уровня, улучшает доступность посевам азота, фосфора и молибдена, обогащает корнеобитаемую среду растений кальцием и магнием, снижает подвижность и негативное действие на растение алюминия и марганца, повышает биологическую активность почвы, улучшает её агрофизические, агрохимические и биологические свойства, что в итоге обуславливает более высокую урожайность, лучшее качество продукции, эффективность минеральных удобрений, а также оптимизирует экологическое состояние агроландшафта [3, 4].

Кислые почвы обладают рядом неблагоприятных свойств, которые следует учитывать отдельно для каждой почвенной зоны. Однако в подавляющем большинстве случаев именно реакция почвенного раствора в совокупности с дефицитом элементов минерального питания или их недоступностью выступает как главный фактор, ограничивающий уровень урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Для дерново-подзолистых почв высокое содержание в почвенном растворе водорода и алюминия служит важнейшей причиной их известкования. Алюминий не

является жизненно необходимым элементом для растений, и его токсичность значительно снижается на почвах с высоким содержанием гумуса по сравнению с малогумусными.

Существенный фактор, определяющий отрицательное воздействие кислотности на продуктивность сельскохозяйственных растений, – избыточное накопление в почве подвижных форм марганца и железа, поглощение которых особенно усиливается растениями при дефиците содержания кальция и магния. Следует отметить, что при избыточном увлажнении почвы содержание легкоподвижных форм марганца и железа возрастает в несколько раз, что резко ухудшает качество этих почв. Известно, что наименьшее содержание обменных форм кальция и магния характерно для сильноокислых почв легкого гранулометрического состава (песчаных, супесчаных, легкосуглинистых), которые следует известковать в первую очередь [6].

Цель наших исследований – изучить динамику кислотного состояния малопродуктивных легкосуглинистых почв в зависимости от системы удобрения и предшественников при их введении в сельскохозяйственный оборот в условиях Северо-Западного региона России.

**Методика.** Исследования по изучению влияния системы удобрения и предшественников на динамику кислотности легкосуглинистой почвы при введении в оборот малопродуктивных деградированных земель Северо-Западного региона РФ проведены в ООО «Ручьёвское –1» Ржевского района Тверской области с 2012 по 2018 гг.

На территории хозяйства расположен свиноводческий комплекс на 109 тыс. голов, поэтому в качестве органических удобрений использовали жидкие стоки и твердую фракцию навоза, выделенную из стоков с помощью винтового сепаратора.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легко-суглинистая, мощность пахотного слоя 16-18 см; осушена открытым дренажом. Исходное содержание в почве (2012 г.): гумуса – 1,69-1,83 % – очень низкое, легкогидролизуемого азота – 74,8-77,2 мг/кг – очень низкое,  $P_2O_5$  – 106-109 мг/кг – повышенное,  $K_2O$  – 90-100 мг/кг – среднее;  $pH_{KCl}$  4,78-4,83 – реакция почвенного раствора среднекислая.

Метеорологические условия в годы проведения экспериментальной работы существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков и их распределению по декадам и месяцам. Однако это не являлось лимитирующей причиной для выращивания программируемой урожайности зерна ярового ячменя стандартной влажности 40 ц/га. Для посева использовали сорт ячменя немецкой селекции Саншайн, допущенный к использованию по Нечерноземной зоне Российской Федерации.

Площадь учетной делянки 140 м<sup>2</sup>, посевной делянки – 280 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов – методом рендомизированных повторений, повторность 4-кратная. Посев проводили в оптимальные сроки семенами 1-го класса посевного стандарта на глубину 4-5 см.

Внесение твёрдой фракции навоза осуществляли разбрасывателями органических удобрений. Жидкие стоки животноводческих комплексов равномерно распределяли по полю с помощью технологии гибких шланговых систем, которая обеспечивает также одновременную заделку их в почву, что исключает потери газообразных форм азота [7].

Усредненная влажность твердой фракции навоза за годы проведения исследований составляла 61%, в котором содержалось: N – 0,63%,  $P_2O_5$  – 0,47 и  $K_2O$  – 0,80% при  $pH_{KCl}$  7,9 ед.

Влажность жидких стоков в среднем равна 97%. При этом они содержали: N – 0,10%,  $P_2O_5$  – 0,03,  $K_2O$  – 0,13%;  $pH_{KCl}$  7,3 ед. Таким образом, оба вида органических удобрений имеют щелочную реакцию, поэтому их целесообразно вносить в первую очередь на почвах с кислой реакцией почвенного раствора.

Исследования динамики кислотности почвы проведены общепринятым методом (ГОСТ 26483-85) в соответствии с Федеральным законом «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» сотрудниками ФГБУ «Станция агрохимической службы «Нелидовская».

**Результаты и их обсуждение.** Различные системы удобрения при возделывании ярового ячменя на вновь вводимых в оборот мелиорированных землях неодинаково влияют на динамику кислотности почвы. Так, в контрольном варианте без внесения удобрений за семилетний период наблюдений она снизилась на 0,05 ед. при использовании в качестве предшественника яровых зерновых и на 0,08 ед. при посеве ячменя после озимых зерновых. В этом же варианте выращивание ячменя после рапса обеспечило промежуточное уменьшение кислотности почвы на 0,06 ед. Полагаем, что положительная тенденция к снижению кислотности в контрольном варианте обеспечивается накоплением в качестве органической массы пожнивно-корневых остатков, которые при урожайности зерна ячменя 10,4-12,2 ц/га составляют 15,7-16,6 ц/га. После минерализации остатков отмечено их положительное влияние на реакцию почвенного раствора, что обеспечивает стабилизацию кислотного состояния агроландшафта.

Возделывание ячменя на минеральной системе удобрения под запланированную урожайность 40 ц/га зерна, напротив, способствует по всем предшественникам увеличению кислотности почвы на 0,3-0,6 ед. Следовательно, в тех хозяйствах, где при освоении выбывших из оборота мелиорированных земель имеется возможность вносить высокие дозы минеральных удобрений и получать программируемые урожаи, следует обязательно проводить известкование земель. Это связано с тем, что высокие урожаи на фоне сбалансированной минеральной системы удобрения обеспечивают значительный вынос кальция и магния урожаем. При этом существенная часть этих элементов расходуется также на нейтрализацию физиологически кислых азотных удобрений, которые в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации определяют уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

Установлено, что при внесении твёрдой фракции навоза в дозе 40 т/га под основную обработку почвы снизилась кислотность почвы за период наблюдений на 0,42 ед. при  $НСР_{05} = 0,29$  ед.  $pH$ . Дальнейшее увеличение дозы твердой фракции до 60 и 80 т/га обеспечивает равное уменьшение кислотности почвы на 0,48 ед.  $pH$  (табл.).

Кроме того, отмечено положительное влияние жидких стоков на раскисление почвы, которое обеспечило одинаковое снижение кислотности как при внесении 100 т/га, так и при заделке в качестве основного удобрения 120 т/га, равное 0,40 ед.  $pH$ .

Различные предшественники при возделывании ячменя оказывают влияние на кислотный режим почвы. Так, при использовании в качестве предшественника ярового рапса на семена, концентрация ионов водорода снизилась в среднем по опыту на 0,13 ед. При посеве ячменя после яровых зерновых культур (яровая пшеница, овёс) кислотность снизилась на 0,08 ед., а после озимых зерновых (озимая пшеница, озимая рожь) – на 0,14 ед. при  $НСР_{05}$  по фактору В = 0,28 ед.  $pH$ .

Следовательно, из всех изученных предшественников лучшими при возделывании ячменя являются озимые хлеба и яровой рапс на семена, которые одинаково влияют на снижение кислотности почвы. Однако, учитывая то, что различия между ними несущественны, предпочтительнее выбрать яровой рапс, так как он не имеет общих болезней и вредителей с зерновыми культурами, что обеспечивает фитопатологическое и энтомологическое оздоровление почвы.

Минеральная система удобрения при возделывании ячменя отрицательно сказалась на уровне кислотности, повысив ее в среднем по всем предшественникам на 0,2-0,3 ед.  $pH$ .

Для нейтрализации увеличения кислотности почвы при возделывании сельскохозяйственных культур на минеральной системе удобрения следует использовать поправочные коэффициенты при определении доз известки в следующих пропорциях: на 1 ц аммиачной селитры дополнительно нужно вносить 0,75 ц  $CaCO_3$ ; на 1 ц сульфата аммония – 1,25 ц; на 1 ц аммиачной воды – 0,5 ц и на 1 ц хлористого аммония – 1,4 ц  $CaCO_3$ .

Минеральные удобрения в год внесения используются на кислых почвах менее эффективно, чем на слабокислых и нейтральных, поэтому для получения запрограммированных урожаев их необходимо применять в повышенных дозах. Поправочные коэффициенты при внесении минеральных удобрений в зависимости от

кислотности почвы составляют: при рН до 4,0–1,13, при рН 4,1–4,5–1,11, при рН 4,6–5,0–1,09, при рН 5,1–5,5–1,06, при рН 5,6 и более – 1,0.

Оценивая комплексное воздействие удобрений и предшественников на кислотный режим вновь вводимых в оборот мелиорированных земель, следует отме-

тить, что максимальное раскисление наблюдается при возделывании ярового ячменя по рапсу, которое составило: при внесении твердой фракции навоза – 0,42-0,48 ед. рН, при внесении жидких стоков животноводческих комплексов – 0,38-0,40 ед. рН.

**Динамика кислотности (рН<sub>ккл</sub>) на посевах ячменя в зависимости от системы удобрения и предшественников при вовлечении в оборот малопродуктивных мелиорированных земель**

N п/п	Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)											
		рапс				яровые зерновые				озимые зерновые			
		2012 г.	2015 г.	2018 г.	в среднем	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в среднем	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в среднем
1	Контроль (без удобрений)	4,91	4,94	4,97	4,94	4,91	4,93	4,96	4,93	5,02	5,06	5,10	5,06
2	Минеральная система: N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,83	4,80	4,78	4,80	4,78	4,76	4,75	4,76	4,83	4,80	4,77	4,80
3	Навоз (т.ф.), 40 т/га + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,76	4,82	5,18	4,92	4,80	4,88	4,97	4,88	4,97	5,09	5,18	5,08
4	Навоз (т.ф.), 60 т/га + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,72	4,84	5,20	4,92	4,73	4,83	4,94	4,83	4,74	4,97	5,09	4,93
5	Навоз (т.ф.), 80 т/га + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,75	4,86	5,23	4,95	4,74	4,84	4,96	4,85	4,75	4,99	5,12	4,95
6	Жидкие стоки, 100 т/га + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,77	4,89	5,15	4,94	4,76	4,86	4,91	4,84	4,79	5,00	5,07	4,99
7	Жидкие стоки, 120 т/га + P <sub>10</sub> – при посеве; N <sub>30</sub> – при подкормке	4,79	4,92	5,19	4,97	4,76	4,89	4,95	4,87	4,70	5,00	5,08	4,93
В среднем		4,79	4,87	5,10	4,92	4,78	4,86	4,92	4,85	4,83	4,99	5,06	4,96
НСР <sub>0,5</sub>	для фактора А	0,29	0,30	0,31	0,29								
	для фактора В	0,30	0,29	0,30	0,28								
	Для взаимодействия АВ	0,41	0,44	0,45	0,43								

Использование в качестве предшественника яровых зерновых культур также обеспечивает положительную динамику раскисления земель в следующих интервалах: по навозу – на 0,17-0,22 ед. рН, по жидким стокам – на 0,15-0,19 ед. рН.

Выращивание ярового ячменя после озимых зерновых определяет среднее значение показателей улучшения кислотного режима почвы: по навозу – 0,21-0,37 ед. рН, по жидким стокам – 0,28-0,38 ед. рН. Однако достоверное снижение кислотности от взаимодействия систем удобрения и предшественников наблюдается только при внесении твердой фракции навоза по яровому рапсу (снижение кислотности составило 0,42-0,48 ед. рН при НСР<sub>0,5</sub>=0,41-0,45 ед. рН). По другим предшественникам и видам органических удобрений можно констатировать только положительную тенденцию к раскислению вовлекаемых в оборот мелиорированных земель, поскольку снижение кислотности находится в пределах ошибки опыта.

**Выводы.** 1. На вводимых в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных мелиорированных землях важнейшим экологическим фактором, ограничивающим их непосредственное использование в системе производства растениеводческой продукции, является кислотность почвенного раствора, обусловленная высокой концентрацией в нём ионов водорода и алюминия. Повышенная кислотность почвы оказывает отрицательное воздействие как на сельскохозяйственные растения, так и на весь комплекс химических, физико-химических и биологических процессов в почве, тем самым определяя необходимость осуществления широкомасштабного известкования.

2. Минеральная система удобрения при возделывании ярового ячменя на малопродуктивных землях усугубляет кислотность почвенного раствора, повышая её

в среднем по всем предшественникам на 0,2-0,3 ед. рН. Для нейтрализации кислотности физиологически кислых удобрений необходимо вносить повышенные дозы извести с учетом поправочных коэффициентов.

3. Существенное значение в снижении кислотности имеет внесение органических удобрений в виде твердой фракции навоза, выделенной из жидких стоков животноводческих комплексов, в сочетании с использованием в качестве предшественника ярового рапса. В данном случае за семилетний период исследований снижение кислотности малопродуктивных мелиорированных земель составило 0,42-0,48 ед. рН при НСР<sub>0,5</sub> = 0,41-0,45 ед. рН. По другим видам органических удобрений и предшественникам отмечена лишь положительная тенденция к раскислению, поскольку разница между исходными и конечными значениями находилась в пределах ошибки опыта.

#### Литература

1. Сычев, В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В.Г. Сычев. – М.: РАН, 2019. – С. 34-44.
2. Шевченко В.А. Особенности трансформации осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном сельскохозяйственном использовании / В.А. Шевченко, А.В. Нефедов, А.В. Ильинский, А.Е. Морозов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 25-28.
3. Новиков, С.А. Эффективные приемы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне / С.А. Новиков, В.А. Шевченко, А. М. Соловьев, И.П. Фирсов, И.Н. Гаспарян. – М.: ФГБНУ «Росинформротех», 2014. – 44 с.
4. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России / В.А. Шевченко.- М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2017.- 920 с.
5. Титова, В.И. Характеристика физико-химических свойств светлосерой лесной почвы при утилизации свиного навоза / В. И. Титова, Л. Д. Варламова, Р. Н. Рыбин, М. К. Малышева // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т.15. – №2. – С.14-18.

## INFLUENCE OF THE FERTILIZER SYSTEM AND FORECROPS ON THE DYNAMICS OF THE ACIDITY OF SODDY-PODZOLY SOILS WHEN INTRODUCING THEM INTO AGRICULTURAL TURNOVER

*N.P. Popova, V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Hydrotechnics and Melioration named after. A.N. Kostyakov, Bolshaya Akademicheskaya ul., 44, bldg. 2, 127550 Moscow, Russia*

*An important factor limiting the use of land for crop production is the acidity of the soil solution, due to the high concentration of hydrogen and aluminum ions in it. High acidity negatively affects both agricultural plants and the entire complex of chemical, physicochemical and biological processes in the soil.*

*The cultivation of barley under a mineral fertilizer system on unproductive lands aggravates the acidity of the soil solution, increasing it on average for all forecrops by 0.2-0.3 pH units.*

*The introduction of organic fertilizers in the form of solid fraction of manure isolated from liquid effluents of livestock complexes, in combination with the use of spring rape as a forecrop, is of significant importance in reducing acidity. In this case, over a seven-year of research, the decrease in the acidity of unproductive reclaimed lands was 0.42-0.48 pH units at HCP 0.5 = 0.41-0.45 pH units. For other types of organic fertilizers and forecrops, only a positive tendency towards deoxidation was noted, since the difference between the initial and final values was within the experimental error.*

*Key words: unproductive reclaimed land, acidity, fertilization system, forecrops, liquid runoff, solid fraction of manure.*

УДК:631.81.095.337

## ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ИННОВАЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

*О.А. Шаповал, д.с.-х.н., Т.Ю. Вознесенская, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»  
127550, Москва, ул.Прянишникова, 31А, Россия, [elgen@mail.ru](mailto:elgen@mail.ru)*

*Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0014*

*Изложены результаты исследований по применению различных комплексов (комплекс микроэлементов в виде органических солей, комплекс хелатов микроэлементов, комплекс аминокислот и микроэлементов и комплекс аминокислот) в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Краснодарского края в 2014-2017 гг. Показано, что при внесении  $N_{100}P_{100}K_{100}$  (без применения исследуемых комплексов) в среднем за 3 года урожайность повысилась на 6,9%, а при совместном применении фонового удобрения и комплексов прибавка составила 10,6-20,9% к контролю и 3,8-12,9% к фону, при урожайности 56,3 и 60,3 ц/га на контроле и фоне соответственно. Установлено, что максимальная прибавка урожая зерна высокого качества получена при внесении комплекса микроэлементов с аминокислотами в дозах 1,5 л/т + 1,5 л/га.*

*Ключевые слова: пшеница озимая, комплекс микроэлементов с аминокислотами, урожайность, качество урожая.*

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.02

Основным агрономическим показателем целесообразности и эффективности применения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы, того или иного приёма и способа является урожай. Один из основных регулируемых факторов, используемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений с целью создания высокого урожая хорошего качества, – минеральное питание.

Озимая пшеница больше других зерновых культур требовательна к условиям питания. Величина и качество урожая озимой пшеницы находятся в тесной зависимости от обеспеченности растений основными макроэлементами. Нормальному развитию растительного организма способствуют микроэлементы, участвующие в регулировании всех жизненных процессов, что приводит в итоге к повышению продуктивности растений [1-3].

В настоящее время особенно актуально применение комплекса микроэлементов с аминокислотами в системе других составляющих технологии возделывания озимой пшеницы: среди них наиболее эффективный прием возделывания – некорневые листовые подкормки специальными водорастворимыми комплексами удобрений, содержащих микроэлементы с аминокислотами – аминокислотами. Такие подкормки эффективны в критические периоды развития, когда потребность растений в микроэлементах высока [4-7]. Аминокислоты – одни из наиболее активных составляющих метаболизма, участвуя в самых разнообразных биохимических процессах, в синтезе белковых и ростовых веществ, они определяют скорость и интенсивность процессов роста растения [8]. Применение аминокислот в комплексных удобрениях – один из самых перспективных способов повышения полифункциональности удобрений и придания им свойства биостимулирующего потенциала,