

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КИСЛОТНОСТИ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ И БИОДИАГНОСТИКА ЕЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ПОДКИСЛЕНИЮ

**Ф.Ю. Бобраков, Р.Н. Ушаков, д.с.-х.н.,  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева»  
390044, Рязань, ул. Костычева, д. 1, E-mail: [r.ushakov1971@mail.ru](mailto:r.ushakov1971@mail.ru)**

В настоящее время в Рязанской области на долю кислых почв ( $pH_{KCl}$  до 5,5 ед.) приходится около 77% почв при средневзвешенном значении  $pH_{KCl}$  5,2 ед. Близких к нейтральным ( $pH_{KCl}$  5,6-6,0) – всего 16% почв. На примере хозяйства установлено изменение почвенной кислотности в агросерой суглинистой почве с 2005 по 2015 г. Доля почв со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды уменьшилась на 32,1 % (абс.) – с 71,7 до 39,6 % и 5,4 % (абс.) – с 15,5 до 10,1 % соответственно. Ухудшение кислотности можно объяснить достоверным ( $p < 0,01$ ) снижением содержания обменного кальция за 10 лет – с 13,4 до 10,8 мг-экв/100 г. С повышением почвенной кислотности сопряжена проблема снижения устойчивости почвы к неблагоприятному воздействию. Использован биодиагностический подход. Установлено, что в слабоокультуренной агросерой почве (гумуса 2,2-2,4%) в интервале кислотной нагрузки от 0 до 0,121 мМ/л и соответствующем диапазоне значений актуальной кислотности от 6,4 до 4,1 общая численность микроорганизмов снизилась в 4 раза (с 44,412 до 11,438 КОЕ·10<sup>6</sup>/г). В окультуренной почве (гумуса не менее 2,7%) за счет не столь существенного эффекта подкисления (актуальная кислотность изменилась с 6,7 до 5,4) суммарное количество микроорганизмов уменьшилось незначительно – с 57,965 до 53,266 КОЕ·10<sup>6</sup>/г.

**Ключевые слова:** агросерая почва, почвенная кислотность, устойчивость, микробиологическая активность, биодиагностика.

Для цитирования: Бобраков Ф.Ю., Ушаков Р.Н. Мониторинг состояния кислотности агросерой почвы и биодиагностика ее устойчивости к подкислению// Плодородие. – 2024. – №2. – С. 31-35.  
DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.08.

Повышенная кислотность почвы – одна из самых острых проблем земледелия. На это указывают многочисленные научные публикации [3, 4, 7, 8, 11, 12]. По данным [11], для восстановления и повышения плодородия почв в Нечерноземной зоне необходимо на 64% пахотных почв снизить кислотность.

В 2002 г. на базе Почвенного института имени В.В. Докучаева состоялась Всероссийская конференция, посвященная устойчивости почв к естественным и антропогенным воздействиям. В настоящее время данная тематика не потеряла своей актуальности. Подкисление является одним из самых опасных неблагоприятных факторов, снижающих потенциал устойчивости почвенной системы. Кислотность почвы и ее устойчивость неразрывно связанные понятия. Это прослеживается в некоторых научных публикациях [2, 10]. С высокой почвенной кислотностью сопряжено развитие в почве негативных процессов, затрагивающих минеральный комплекс почвы, как следствие снижение ее устойчивости [13]. В итоге она зависит от плодородия почвы [6], поэтому его ухудшение влечет за собой повышение уязвимости почвы к неблагоприятным воздействиям.

Способов и методов оценки устойчивости почвы достаточно много [9]. Одним из самых трудоемких, но достаточно информативных является биодиагностика на основе определения микробиологической активности разных групп микроорганизмов методом посева. Здесь необходимо учитывать, что почва является средой обитания и чувствительный отклик микроорганизмов на неблагоприятные условия, связанные с кислотностью. Поэтому чем больше снижается активность микроорганизмов при подкислении (его можно имитировать в

лабораторных условиях), тем ниже устойчивость почвы. Существенным дополнением в изучении данного направления является сравнительный анализ микробиологической активности при подкислении почвы, различающейся по содержанию органического вещества, так как оно во многом создает средообразующий эффект.

**Цель исследований** – провести мониторинг состояния кислотности агросерой почвы и биодиагностики ее устойчивости к подкислению.

**Методика.** В основу интерпретации мониторинга кислотности агросерой почвы Рязанской области легли материалы, предоставленные региональным Министерством сельского хозяйства.

Анализ результатов мониторинга кислотности в хозяйстве выполнен по данным агрохимического обследования полей с агросерой тяжелосуглинистой почвой, проведенного ФГБУ ГЦАС «Московский» на общей площади около 4000 га. С каждого элементарного участка отбирали один смешанный почвенный образец, который состоял из 20–45 индивидуальных проб. В смешанных почвенных образцах определяли: кислотность в солевой вытяжке ( $pH_{KCl}$ ) (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность (Нг) – по Каппену, обменные формы кальция ( $Ca^{2+}$ ) – атомно-адсорбционным методом (ГОСТ 26487-85).

Для изучения устойчивости почвы к подкислению использовали биодиагностический метод с определением разных групп микроорганизмов на соответствующих питательных средах [5]. Имитировали разные уровни подкисления соляной кислотой с концентрацией 0,015, 0,049 и 0,121 мМ/л; контроль – без подкисления. Повторность трехкратная. Почвенные образцы в слое 0-20 см

отбирали с вариантов мелкоделяночного полевого опыта по окультуриванию агросерой почвы бесподстилочным навозом, вносимым ежегодно весной и после первого укоса в течение 4-х лет в посеvy костреца безостого. Предусматривался отбор почвенных проб в варианте без удобрения (контроль). За указанное время содержание гумуса в вариантах с органическим удобрением увеличилось на 0,3-0,5 % (абс) и составило 2,7%, подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову – на 8-10 мг/100 г – до 14-16 мг/100 г. В соответствии с зонально-провинциальными нормативами [1] исследуемую почву по органическому веществу можно расценить как окультуренную.

1. Актуальная кислотность почвы ( $pH_{H_2O}$ ) перед микробиологическими исследованиями

Вариант	Кислотная нагрузка, мМ/л			
	0	0,015	0,049	0,121
Без органического удобрения	6,4	5,5	4,6	4,1
С органическим удобрением	6,7	5,9	5,3	5,4

В таблице 1 показана актуальная кислотность почвенных образцов. В вариантах с внесением органического

удобрения ее значения при всех уровнях подкисления были выше. Это связано с адсорбцией ионов водорода отрицательно заряженными органическими коллоидами, содержание которых напрямую зависит от гумуса.

**Результаты и их обсуждение.** Почвенный мониторинг преследует, как минимум, две цели – оценить текущее состояние агропочв и выстроить пространственные и временные хроноряды для оценки динамики, вариации. На основе статистических данных основных почвенных показателей по совокупности всех типов и подтипов Рязанской области с последующей дифференциацией оценок по почвенной принадлежности с учетом временных отрезков можно представить некоторые промежуточные результаты. В настоящее время на долю кислых почв ( $pH_{KCl}$  до 5,5 ед.) приходится около 76% (рис.) почв при средневзвешенном значении  $pH_{KCl}$  5,2 ед. Близких к нейтральным ( $pH_{KCl}$  5,6-6,0) – всего 16% почв. Наименьшие средневзвешенные значения – 4,6-5,0  $pH_{KCl}$  отмечаются в дерново-подзолистых и агросветлых почвах, в агротемно-серых – около 5,2-5,4 ед. Для сравнения данные на 2002 г.: средневзвешенное состояние кислотности составляло 5,4 ед., общее количество кислых пахотных почв – 65 %, т.е. за 19 лет их доля увеличилась на 11%.

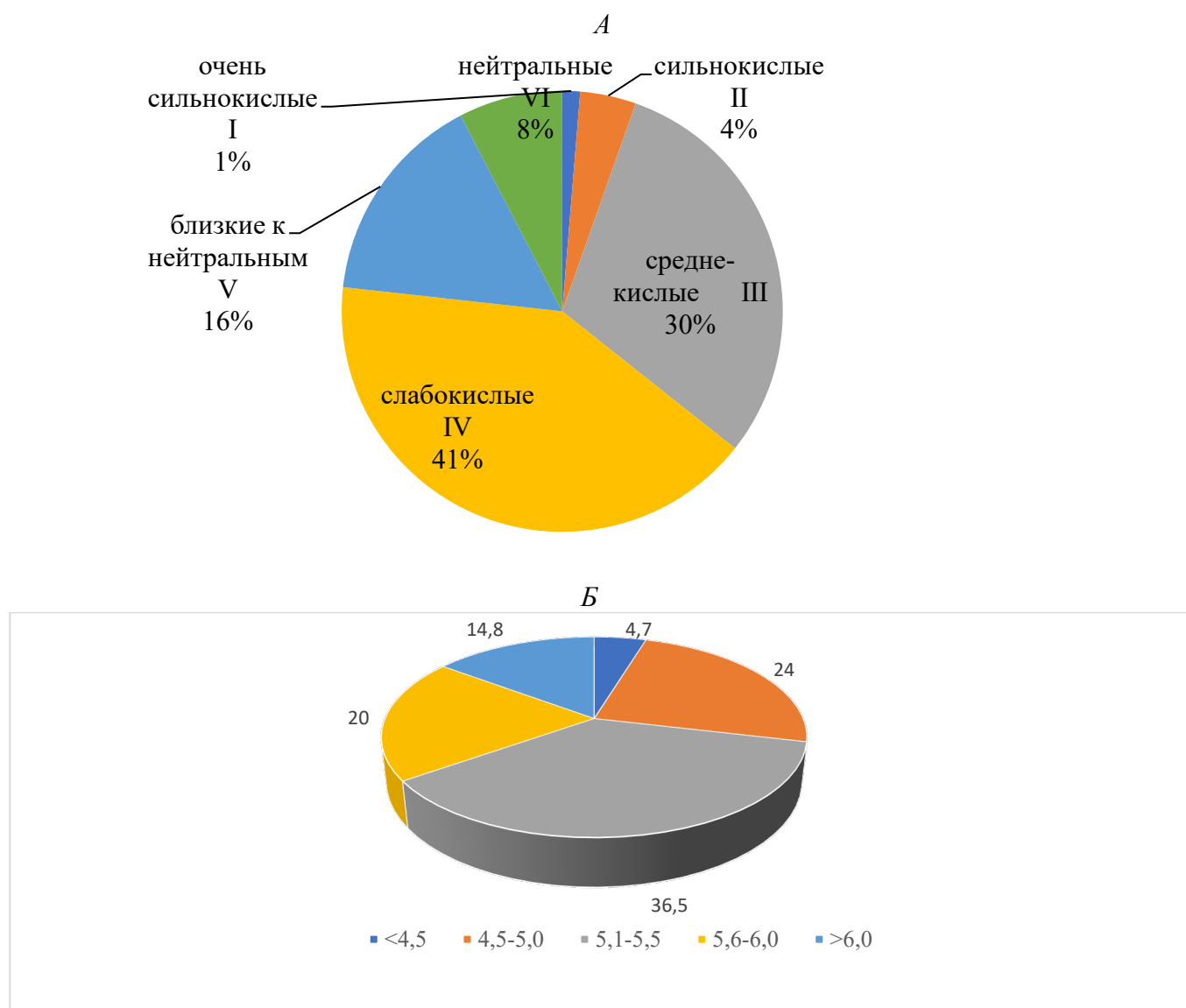


Рис. Распределение пахотных почв по кислотности: а – 2021 г., б – 2002 г.

Вызывает озабоченность относительно высокая доля слабокислых почв (около 41%, в 2002 г. их было 36%), так как кислотность в данном диапазоне можно расценивать как пограничную и наиболее динамичную при переходе в среднекислую группу при незначительных внешних воздействиях, например, при использовании физиологически кислых минеральных удобрений. Так, если в 2002 г. в структуре почвенной кислотности на долю среднекислых почв ( $pH_{KCl}$  4,6-5,0) приходилось 24%, то в настоящее время – 30%. Эти изменения происходили на фоне снижения почв с кислотностью, близкой к нейтральной (на 4%). Наблюдалось увеличение доли среднекислых почв за счет приращения к ним почв, ранее относившихся к слабокислым.

Таким образом, в целом можно констатировать ухудшение состояния кислотности в агропочвах Рязанской области.

Далее была изучена динамика кислотности в хозяйстве. Почвенный покров в хозяйстве по типовой принадлежности (агросерая почва), гранулометрическому составу (тяжелосуглинистая) был однородным. Кроме того, почвенные образцы в разные периоды обследования отбирали с одинаковых элементарных участков или с близкой привязкой к ним. За 15 лет использования агросерой почвы обменная кислотность достоверно (при  $p=0,033$ ) увеличилась на 0,3 ед. (табл. 2).

Незначительно повысилась доля сильнокислых почв, значительно – среднекислых, доля почв со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды уменьшилась (табл. 3). Аналогичная тенденция сохранилась и в отношении гидролитической кислотности: разница средних величин составила 0,5 мг-экв/100 г. Ухудшение кислотности можно объяснить достоверным ( $p=0,01$ ) снижением содержания обменного кальция за 15 лет, который, как известно, нейтрализует кислотность (см. табл. 2).

2. Динамика обменной ( $pH_{KCl}$ ), гидролитической (Нг, мг-экв/100 г) кислотности и обменного кальция ( $Ca^{2+}$ , мг-экв/100 г) в агросерой почве хозяйства

Параметр	$\bar{X}$	Sd	Cv	$S\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Уровень значимости (p)	Доверительный интервал разницы средних	
						-95%	+95%
$pH_{KCl}$ 2005 г.	5,5	0,15	23	0,3	0,033	0,028	0,669
$pH_{KCl}$ 2015 г.	5,2	0,05	8				
Нг 2005 г.	2,2	0,09	36	0,5	0,01	0,23	0,67
Нг 2015 г.	1,7	0,06	31				
$Ca^{2+}$ 2005 г.	13,4	0,16	10	1,3	0,01	2,28	2,93
$Ca^{2+}$ 2015 г.	10,8	0,12	9				

Примечание.  $\bar{X}$  – среднее значение, Sd – стандартная ошибка средней, Cv – коэффициент вариации,  $S\bar{X}_1 - \bar{X}_2$  – средняя ошибка разницы.

3. Распределение агросерой почвы по обменной кислотности в хозяйстве

Год обследования	Сильнокислые		Среднекислые		Слабокислые		Близкие к нейтральным		Нейтральные		Средневзвешенная	Средняя
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%		
2005	0	0	511	12,4	2948	71,7	638	15,5	15	0,4	5,4	5,5
2015	66,0	1,6	1826	44,4	1630	39,6	416	10,1	175	4,3	5,2	5,2
Изменение		1,6		32,0		-32,1		-5,4		3,9	-0,2	5,3 $p=0,033$

Таким образом, мониторинг показал ухудшение состояния кислотности агропочвы за последние 15 лет. При сохранении данной тенденции в условиях отсутствия известкования приращение почв с кислой реакцией почвенного раствора будет увеличиваться, кислотность повышаться. На этом фоне прогнозируемо ухудшение плодородия, так как повышенная кислотность негативно влияет на весь комплекс агрохимических, физико-химических и биологических почвенных свойств.

В научной литературе мало сведений о воздействии кислотности на полезную микрофлору. Это особенно важно в контексте изучения ее активности в качестве биодиагностики и оценки устойчивости почвы к подкислению.

Для рассмотрения данного вопроса был заложен опыт по моделированию трех уровней подкисления агросерой почвы.

В таблице 4 показана активность аммонификаторов в агросерой почве без внесения органического удобрения в отсутствие подкисления и  $pH_{H_2O}$  6,4, которая составила  $13,546 \text{ КОЕ} \cdot 10^6/\text{г}$ . При увеличении кислотной нагрузки до 0,015 мМ/л количество микроорганизмов уменьшилось на 11%. При кислотной нагрузке 0,049 мМ/л и  $pH_{H_2O}$  4,6 активность микроорганизмов была на 18,15 % меньше, чем при кислотной нагрузке 0,015 мМ/л и  $pH_{H_2O}$  5,5. При максимальной кислотной нагрузке (0,121 мМ/л) и pH 4,1 наблюдается максимальное снижение

численности микроорганизмов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при посеве аммонификаторов на агросерую почву без органического удобрения при увеличении кислотной нагрузки наблюдается уменьшение численности колоний микроорганизмов.

При внесении в почву органического удобрения активность аммонификаторов при кислотной нагрузке до 0,015 мМ/л была на 15,31% меньше, чем в отсутствие подкисления почвы. При кислотной нагрузке 0,049 мМ/л наблюдалось незначительное уменьшение числа колоний – на 2,56% по сравнению с кислотной нагрузкой 0,015 мМ/л. При максимальной кислотной нагрузке 0,121 мМ/л ( $pH_{H_2O}$  5,4) количество колоний было минимальным.

Сравнивая полученные результаты при посеве аммонификаторов на агросерую почву, можно сделать вывод о том, что увеличение кислотной нагрузки негативно влияет на рост микроорганизмов. Напротив, в окультуренной почве создается благоприятная среда для роста и развития бактерий.

При исследовании роста нитрификаторов в агросерой почве без органического удобрения в отсутствие кислотной нагрузки численность микроорганизмов составила  $7,253 \text{ КОЕ} \cdot 10^6/\text{г}$ . При максимальной кислотной нагрузке в рамках данного опыта количество бактерий резко снизилось – в 4,7 раза. Противоположная ситуация наблюдалась на окультуренной почве. В отсутствие

подкисления почвы количество микроорганизмов составило 1,465 КОЕ·10<sup>6</sup>/г. При кислотной нагрузке 0,121 мМ/л активность бактерий возросла в 2 раза. Аналогичная тенденция наблюдается в отношении бактерий, ассимилирующих азот минеральных солей.

#### 4. Активность микроорганизмов (КОЕ·10<sup>6</sup>/г) при подкислении (различия достоверны при $p < 0,05$ )

Параметр	Кислотная нагрузка, мМ/л	$\bar{x}$	S	Cv	Sd
<b>Грибы</b>					
Без органического удобрения	0	1,216	0,019	1,536	0,011
	0,015	0,456	0,020	4,380	0,012
	0,049	1,057	0,009	0,819	0,005
	0,121	1,506	0,018	1,212	0,011
С органическим удобрением	0	1,915	0,020	1,037	0,011
	0,015	1,983	0,010	0,512	0,006
	0,049	2,083	0,025	1,180	0,014
	0,121	4,202	0,027	0,648	0,016
<b>Аммонификаторы</b>					
Без органического удобрения	0	13,546	0,022	0,163	0,013
	0,015	12,141	0,012	0,095	0,007
	0,049	10,276	0,008	0,073	0,004
	0,121	6,502	0,037	0,562	0,021
С органическим удобрением	0	36,850	0,032	0,088	0,019
	0,015	31,958	0,033	0,103	0,019
	0,049	31,160	0,010	0,033	0,006
	0,121	27,883	0,010	0,035	0,006
<b>Бактерии, использующие органические азотсодержащие вещества</b>					
Без органического удобрения	0	8,928	0,006	0,062	0,003
	0,015	3,040	0,022	0,721	0,013
	0,049	1,027	0,006	0,592	0,004
	0,121	1,191	0,006	0,511	0,004
С органическим удобрением	0	4,742	0,022	0,460	0,013
	0,015	4,749	0,022	0,466	0,013
	0,049	4,852	0,017	0,343	0,010
	0,121	4,521	0,006	0,138	0,004
<b>Бактерии, ассимилирующие азот минеральных солей</b>					
Без органического удобрения	0	1,483	0,064	4,334	0,037
	0,015	0,705	0,009	1,237	0,005
	0,049	0,185	0,008	4,425	0,005
	0,121	0,086	0,008	9,645	0,005
С органическим удобрением	0	0,649	0,007	1,114	0,004
	0,015	1,484	0,006	0,375	0,003
	0,049	1,279	0,011	0,827	0,006
	0,121	1,905	0,009	0,476	0,005
<b>Нитрификаторы</b>					
Без органического удобрения	0	7,253	0,006	0,083	0,003
	0,015	2,801	0,009	0,327	0,005
	0,049	0,880	0,089	10,061	0,051
	0,121	0,648	0,006	0,849	0,003
С органическим удобрением	0	1,465	0,011	0,722	0,006
	0,015	2,674	0,008	0,297	0,005
	0,049	5,572	0,012	0,218	0,007
	0,121	3,318	0,007	0,211	0,004
<b>Целлюлозоразлагающие бактерии</b>					
Без органического удобрения	0	8,181	0,007	0,086	0,004
	0,015	2,251	0,007	0,308	0,004
	0,049	0,362	0,008	2,158	0,005
	0,121	0,219	0,015	6,726	0,009
С органическим удобрением	0	8,105	0,007	0,082	0,004
	0,015	6,372	0,006	0,095	0,004
	0,049	6,634	0,011	0,163	0,006
	0,121	7,118	0,004	0,061	0,003
<b>Актиномицеты</b>					
Без органического удобрения	0	3,808	0,009	0,229	0,005
	0,015	1,945	0,047	2,413	0,027
	0,049	1,654	0,006	0,378	0,004
	0,121	1,287	0,006	0,466	0,003
С органическим удобрением	0	4,239	0,007	0,170	0,004
	0,015	4,316	0,016	0,373	0,009
	0,049	3,837	0,012	0,317	0,007
	0,121	4,320	0,007	0,162	0,004

Примечание.  $\bar{x}$  – среднее значение, Sd – стандартная ошибка средней, Cv – коэффициент вариации, S – стандартное отклонение.

На основании данных таблицы 4 установлено, что активность грибов на агросерой почве без внесения удобрения в отсутствие подкисления и рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> 6,4 составила 1,216 КОЕ·10<sup>6</sup>/г. При кислотной нагрузке 0,121 мМ/л и рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> 4,1 рост грибов увеличился на 23,85%. При внесении в почву органического удобрения в отсутствие кислотной нагрузки и рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> 6,7 активность грибов составила 1,915 КОЕ·10<sup>6</sup>/г. При увеличении кислотной нагрузки до 0,121 мМ/л и снижении рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> до 5,4 активность грибов соответствовала трехкратному увеличению численности их колоний по сравнению с почвой без органического удобрения.

Кроме того, была установлена зависимость общей численности микроорганизмов от кислотной нагрузки. Коэффициент корреляции в вариантах без удобрения и с удобрением составил -0,8 и -0,6 ед. В неокультуренной почве ( $R^2=64\%$ ) снижение численности микроорганизмов связано с подкислением почвенного раствора, на окультуренной почве зависимость от подкисления ослабевает ( $R^2=36\%$ ). Можно предположить, что при увеличении кислотной нагрузки на единицу в варианте без удобрения снижение общей численности микроорганизмов по сравнению с удобрением составит 8 раз. Во многом это обусловлено лучшими средообразующими условиями для микроорганизмов, буферными свойствами новообразованного гумуса, а также микробиологической активностью применяемого органического удобрения.

**Выводы.** С подкислением агропочвы, которое проявляется практически повсеместно, в том числе в Рязанской области (доля почв со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды уменьшилась на 32,1 %), сопряжены процессы, затрагивающие такую важную с экологической и продовольственной точки зрения фундаментальную ее характеристику как устойчивость. Как вариант, предложено измерение устойчивости на основе биологической индикации – активности, жизнеспособности полезной микрофлоры. Установлено, что в слабокультуренной агросерой почве (гумуса 2,2-2,4%) в интервале кислотной нагрузки от 0 до 0,121 мМ/л и соответствующем диапазоне значений актуальной кислотности от 6,4 до 4,1 общая численность микроорганизмов снизилась в 4 раза (с 44,412 до 11,438 КОЕ·10<sup>6</sup>/г). В окультуренной почве (гумуса не менее 2,7%) за счет не столь существенного эффекта подкисления (актуальная кислотность изменилась с 6,7 до 5,4) суммарное количество микроорганизмов уменьшилось с 57,965 до 53,266 КОЕ·10<sup>6</sup>/г. Такой эффект наблюдался от компостированного птичьего помета.

#### Литература

1. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях / А.С. Фрид, И.В. Кузнецова, И.Е. Королева и др. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. – 174 с.
2. Копчик Г.Н. Принципы и методы оценки устойчивости почв к кислотным выпадениям / Г.Н. Копчик, М.И. Макаров, В.И. Киселев. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 96 с.
3. Красницкий В. М. Оценка состояния плодородия почв в Омской области / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт, О. Д. Шойкин // Плодородие. – 2017. – № 4(97). – С. 27-29.
4. Лукин С. В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С. 11-18.
5. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 343 с.



6. Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы / В.И. Никитишен; [отв. ред. В.Г. Минеев]. – М.: Наука, 2002. – 258 с.
7. Состояние плодородия пахотных почв Томской области / Е. А. Сиротина, А. И. Живаго, Н. В. Сазонова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2017. – № 2. – С. 2. – EDN YQOXFR.
8. Степанов, М. И. Мониторинг плодородия пахотных почв Новосибирской области / М. И. Степанов, Г. И. Ефимова, С. Ю. Есбатырова // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 16–20.
9. Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: Тез. докл. Всерос. конф., 24–25 апр. 2002 г., Москва / [Сост. Н.Б. Хитров]. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2002. – 489 с.
10. Устойчивость южно-таежных экосистем северо-восточной части Московской области к воздействию кислотных осадков / А. Н.

- Филаретова, П. П. Кречетов, Т. В. Королева, Т. М. Дианова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-3. – С. 542–547.
11. Фирсова, Е. А. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Тверской области по основным показателям плодородия: обоснование динамики и оценка потенциала / Е. А. Фирсова, С. С. Фирсов // Плодородие. – 2018. – № 6(105). – С. 39–44. – DOI 10.25680/S19948603.2018.105.13. – EDN SLRKWL.
12. Чекарев, П. А. Агрохимическое состояние пахотных почв ЦЧО России // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 9. – С. 17–20.
13. Чижикова Н.П. Необратимые изменения минералогического состава почв и проблемы их устойчивости к антропогенному воздействию / Н.П. Чижикова // Экология и почва: Избранные лекции 1-7 школ. – Пушкино, 1998. – С. 65 – 74.

#### MONITORING THE ACIDITY STATE OF AGRO-GRAY SOIL AND BIODIAGNOSTICS OF ITS STABILITY TO ACIDIFICATION

**F.Yu. Bobrakov, graduate student, R.N. Ushakov, professor, doctor of agricultural sciences  
IFGBOU HE "Ryazan State Agrotechnological University named after  
P.A. Kostycheva", 390044, Ryazan, st. Kostycheva, 1, E-mail: [r.ushakov1971@mail.ru](mailto:r.ushakov1971@mail.ru)**

To date, in the Ryazan region, the share of acidic soils ( $pH_{KCl}$  up to 5.5 units) accounts for about 77% of soils with a weighted average  $pH_{KCl}$  value of 5.2 units. Close to neutral ( $pH_{KCl}$  5.6–6.0) – only 16% of soils. Using the example of a farm, the change in soil acidity in agro-gray loamy soil from 2005 to 2015 was established. The share of soils with a slightly acidic and close to neutral reaction environment decreased by 32.1% (absolute) – from 71.7 to 39.6% and 5.4% (absolute) – from 15.5 to 10.1%, respectively (Table 3). The deterioration in acidity can be explained by a significant ( $p < 0.01$ ) decrease in the content of exchangeable calcium over 10 years – from 13.4 to 10.8 mg-eq/100 g. An increase in soil acidity is associated with the problem of reducing the soil's resistance to adverse effects. A biodiagnostic approach was used. It was established that in poorly cultivated agro-gray soil (humus 2.2–2.4%) in the acid load range from 0 to 0.121 mmol/l and the corresponding range of actual acidity values from 6.4 to 4.1, the total number of microorganisms decreased by 4 times (from 44.412 to 11.438 CFU/106/g). In cultivated soil (humus content of at least 2.7%), due to the not so significant effect of acidification (actual acidity changed from 6.7 to 5.4), the total number of microorganisms decreased slightly – from 57.965 to 53.266 CFU/106/g. Key words: agro-gray soil, soil acidity, stability, microbiological activity.

УДК: 633:631.559:63186

DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.08

## ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА

**А.Ю. Кишев, к.с.-х.н., e-mail: [a.kish@mail.ru](mailto:a.kish@mail.ru), Scopus ID: 57221335709, ORCID ID: 0000-0003-2838-6876,  
Х.А. Битов, В.С. Бжеумыхов, д.с.-х.н., ORCID ID: 0009-0005-3047-8122,  
ФГБОУ «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова»  
Россия, 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, проспект Ленина, 1в**

Показано, что сидерация приближает агроценоз к биоценозу и оптимизирует условия минерального питания для растения, под которое запахивают зеленую массу. Влияние сидеральных культур на плодородие почвы и урожайность культуры севооборота изучали в 2019–2023 г. в звене севооборота: 1 – сидеральный пар; 2 – озимая пшеница; 3 – кукуруза на зерно; 4 – ячмень в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики с умеренно-теплым климатом и умеренным увлажнением. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднemocный. Сидеральные культуры (горох, яровая вика, горчица белая, суданская трава) запахивали в фазе цветения. В первый год использования сидератов урожайность озимой пшеницы сорта Алексеич в среднем за три года в гороховом сидеральном пару была выше на 0,50 т/га, или на 12%, при сидерации яровой викой и горчицей белой – на 0,37 и 0,29 т/га соответственно, чем в контрольном варианте (5,32 т/га). Сидерация суданской травой приводила к снижению урожайности озимой пшеницы сорта Алексеич в среднем за три года на 0,02 т/га относительно контрольного варианта. На второй культуре севооборота – кукурузе на зерно (гибрид Краснодарский 291 АМВ) в первый год последствия преимуществ сидерации более выражены. Максимально эффективными были варианты сидерации горчицей белой и горохом, где прибавка урожайности кукурузы на зерно относительно контроля составила 1,01–0,97 т/га, или 18–17% соответственно. Урожайность ячменя озимого сорта Достойный в вариантах сидерации в среднем за два года превышала контрольные значения на 0,39–0,54 т/га. Максимальная прибавка урожайности ячменя наблюдалась в вариантах сидерации яровой викой (28%) и горчицей белой (29%). Включение в севооборот горчичного сидерального пара обеспечило большую продуктивность севооборота в опыте (4,44 т/га), превысив контрольные значения на 23%. Севообороты с сидеральными парами увеличивали выход кормовых единиц на 7,5–21,8% в зависимости от сидеральной культуры. При заделке горчицы белой прибавка составила 1,48 т/га. Сидерация суданской травой была менее эффективной относительно сидерации как горчицей белой, так и горохом и яровой викой, но превышала контрольные значения на 0,51 т/га.

Ключевые слова: сидерация, горох, яровая вика, горчица белая, суданская трава, урожайность, продуктивность севооборота.