

УДК 631.41

UDC 631.41

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**МАТРИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВ
РИСОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ КУБАНИ***

**MATRIX ORGANIZATION OF SOILS OF RICE
AGROLANDSCAPES***

Зубкова Татьяна Александровна¹
д.б.н., с.н.с., SPIN-код (РИНЦ): 7076-7213

Zubkova Tatyana Aleksandrovna¹
Dr.Sci.Biol., senior Researcher, SPIN-code: 7076-7213

Гуторова Оксана Александровна²
к.б.н., в.н.с., SPIN-код (РИНЦ): 3443-8774

Gutorova Oksana Aleksandrovna³
Cand.Biol.Sci., leading Researcher, SPIN-code: 3443-8774

Шеуджен Асхад Хазретович^{2,3}
д.б.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой агрохимии, зав. отделом прецизионных технологий, SPIN-код (РИНЦ): 9370-9411
1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
2 - Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар, п. Белозерный, Россия
3 - Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Sheudzhen Askhad Khazretovich^{2,3}
Dr.Sci.Biol., professor, academician of the Russian Academy of Sciences, head of agrochemistry department, head of Precision Technologies department, SPIN-code: 9370-9411
1 - Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
2 - All Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia
3 - Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia

Кислотные свойства минеральной матрицы лугово-черноземных и лугово-болотных почв Краснодарского края характеризуются общей адсорбционной ёмкостью по аммиаку в диапазоне 32-61 мкмоль/г. Самая низкая кислотность матрицы отмечена в условиях бессменного выращивания риса в течение 80 лет (32-33 мкмоль NH₃/г). Минеральная матрица рисовых почв зависит от мелиоративного состояния и гранулометрического их состава. На низких чеках лугово-болотных почв, более тяжелых по гранулометрическому составу, общая кислотность минеральной матрицы составляет 51-53 мкмоль NH₃/г, на высоких чеках более легких лугово-черноземных почв – 34-45 мкмоль NH₃/г. В почве повышений, с менее кислой матрицей, увеличивается содержание Fe³⁺ и снижается количество Fe²⁺. Обратная закономерность обнаружена в почве понижений с более выраженными кислотными свойствами матрицы. Установлена пропорциональная связь между содержанием гумуса с кислотными свойствами минеральной матрицы. Наибольший урожай риса формируется на лугово-черноземных почвах с менее кислой минеральной матрицей

Acidic properties of the mineral matrix of meadow chernozem and meadow-boggy soils of Krasnodar region are characterized by a total adsorption capacity of ammonia in the range of 32-61 μmol / g. The lowest acidity of the matrix was observed under conditions of permanent rice cultivation for 80 years (32-33 μmol NH₃/g). The mineral matrix of rice soils depends on the meliorative state and the granulometric composition of these soils. At low fields of meadow-boggy soils, heavier in granulometric composition, the total acidity of the mineral matrix is 51-53 μmol NH₃/g on high checks of lighter meadow chernozem soils – 34-45 μmol NH₃/g. In the upper soil, with a less acidic matrix, the Fe³⁺ content increases and the amount of Fe²⁺ decreases. The reverse pattern is found in the lower soil with more pronounced acidic properties of the matrix. A proportional relationship between the humus content and the acidic properties of the mineral matrix is found. The highest yield of rice is formed on meadow chernozem soils with a less acidic mineral matrix

Ключевые слова: РИСОВЫЕ ПОЧВЫ, МИНЕРАЛЬНАЯ МАТРИЦА, ГУМУС, ЖЕЛЕЗО,

Keywords: RICE SOILS, MINERAL MATRIX, HUMUS, IRON, GRANULOMETRIC

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и министерства образования, науки и молодёжной политики Краснодарского края в рамках научного проекта № 16-44-230473

Doi: 10.21515/1990-4665-133-069

ВВЕДЕНИЕ

Рисовые почвы встречаются в широком географическом диапазоне и сформированы сложной системой специфических мероприятий, как из гидроморфных, так и автоморфных почв [1]. Любые почвы, измененные периодическим затоплением и агротехническими приемами, необходимыми при выращивании риса, традиционно называют рисовыми (*paddy soils*), акваризёмами [2], аквазёмами [2, 3]. В Краснодарском крае зона рисосеяния расположена на пойменных и плавневых землях в низовьях реки Кубани. Основными типами почв рисовых агроландшафтов являются лугово-черноземные, аллювиально-луговые, луговые, лугово-болотные. Рисовые почвы образовались в результате трансформации полнопрофильных почв, но чаще сформировались на месте почв, частично или полностью нарушенных при планировке и конструировании рисовых чеков. Вследствие искусственного создания выровненного рельефа путем перемещения значительных масс почвогрунтов при строительстве рисовой системы и нивелировки поверхности, произошли значительные изменения в исходном морфологическом строении большинства почв. Однако использование почв более 20 лет в рисовом севообороте нивелировало их свойства. Одним из ведущих факторов, влияющих на морфологические, физические и физико-химические показатели почв, является длительное затопление в течение 4-5 месяцев. На фоне специфического окислительно-восстановительного режима трансформация железа из одних форм в другие происходит очень быстро [4-7], причем процесс зависит от кислотности среды. Восстановление Fe^{3+} до Fe^{2+} в почве начинается при $pH=6,0$ на фоне снижения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) до 220 мВ, а также при кислотности $pH=7,0$ и ОВП 160 мВ [8].

Чередование окислительных и восстановительных условий, обусловленных спецификой возделывания риса, затрагивают изменения всей почвы. Однако, Иширо Канно, которого называют "отцом рисовых почв", считал, что они все же сохраняют в своей памяти основные черты гранулометрического и минералогического составов исходной почвы [1]. В настоящее время вопрос о неизменности почвенных алюмосиликатов до сих пор остается дискуссионным [9]. В связи с этим исследования по оценке свойств минеральной матрицы почв рисовых агроландшафтов являются актуальными.

Минеральная матрица представляет собой поверхность минеральных частиц почвы, которая характеризуется активными центрами: кислотной и основной природы. Причем, она имеет выраженный кислотный характер [10]. Вокруг неё формируются адсорбированные слои различной природы, включая гумусовые вещества и микроорганизмы. Матричные свойства почва наследует от почвообразующей породы, но в процессе почвообразования сама матрица тоже трансформируется [11].

Цель работы – определить свойства минеральной матрицы рисовых почв Кубани, выявить связи с содержанием гумуса, соединениями железа, гранулометрическим составом и урожаем риса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на рисовой оросительной системе ФГУ ЭСП "Красное" Красноармейского района Краснодарского края. В пределах землепользования хозяйства были заложены почвенные разрезы:

Разрез № 1. Вид угодий: высокий рисовый чек. Предшественник – рис по рису 2 года. Почва – лугово-черноземная среднесуглинистая.

Разрез № 3. Вид угодий: высокий рисовый чек. Предшественник – рис по рису 80 лет (бессменный посев риса с 1937 г.). Почва – лугово-черноземная тяжелосуглинистая.

Разрез № 4. Вид угодий: высокий рисовый чек. Предшественник – оборот пласта многолетних трав. Почва – лугово-черноземная среднесуглинистая.

Разрез № 5. Вид угодий: низкий рисовый чек. Предшественник – рис по рису 2 года. Почва – лугово-болотная среднеглинистая.

Разрез № 9. Вид угодий: низкий рисовый чек. Предшественник – рис по рису 3 года. Почва – лугово-болотная легкоглинистая.

Разрез № 11. Вид угодий: богарная пашня. Расположена в непосредственной близости от рисовой оросительной системы. Почва – лугово-черноземная тяжелосуглинистая.

Разрез № 12. Вид угодий: высокий рисовый чек. Предшественник – занятой пар. Почва – лугово-черноземная легкоглинистая.

Разрез № 14. Вид угодий: низкий рисовый чек. Предшественник – многолетние травы 2 года. Почва – лугово-болотная легкоглинистая.

Разрез № 15. Вид угодий: залежь, расположенная на рисовой оросительной системе. В рисовый севооборот ранее не вовлекалась. Почва – лугово-черноземная тяжелосуглинистая.

Разрез № 16. Вид угодий: высокий рисовый чек, выведенный из-под рисосеяния с 2007 г. Почва – лугово-черноземная легкоглинистая.

Морфологические, физические и физико-химические свойства лугово-черноземных и лугово-болотных почв были опубликованы ранее [5, 6, 12-14].

В качестве объекта исследования послужили почвенные образцы, отобранные из пахотного ($A_{\text{пах}}$) и подпахотного (A) горизонтов. В них определяли содержание подвижных форм соединений железа в 0,1 N растворе H_2SO_4 по методу Казариновой-Окиной в модификации Коптевой; аморфного железа в оксалатной вытяжке по Тамму; общего гумуса по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием. Гранулометрический

состав почвы определяли с раствором пиррофосфата натрия [15]. Для изучения кислотности минеральной матрицы исследуемых почв применяли метод термопрограммированной десорбции аммиака [10] с помощью прибора УСГА-101 (ООО «УНИСИТ», Россия). Аммиак адсорбируется на кислотных центрах, поэтому его используют в качестве теста на кислотные центры минеральных катализаторов.

Образец почвы (частицы с размером от 0,25 до 1,00 мм) помещался в кварцевый реактор, подвергался предварительной обработке в потоке гелия (20 мл/мин) со скоростью 20°С/мин до температуры 500°С, прокаливался при этой температуре в течение 1 ч, а затем охлаждался до 60°С. Насыщение почвы аммиаком из потока аммиачно-азотной смеси проводилось в течение 15 мин, после чего образец продувался в токе гелия (30 мл/мин) при температуре 100°С в течение 1 ч для удаления физически сорбированного аммиака. Далее температура реактора снижалась до 60°С, и начинался линейный нагрев образца со скоростью 8°С/мин до 500°С в потоке гелия (30 мл/мин). Выделяющийся аммиак регистрировался детектором по теплопроводности. Расчет количества десорбированного аммиака производился программой Results treatment. Кислотность почвенной минеральной матрицы (ПММ) выражали в адсорбционной ёмкости аммиака с погрешностью ± 3 мкмоль/г в соответствии с интервалом температуры его десорбции (табл.1).

Таблица 1 – Спектр кислотных центров почвенной минеральной матрицы

Интервал температур десорбции NH ₃ , °С	Интервал энергии активации десорбции NH ₃ , E _a , кДж/моль	Участки спектра кислотных центров (КЦ)
100-200	100-126	Средней силы
200-300	126-152	Сильные
100-300	100-152	Средней силы + сильные

300-500	152-206	Очень сильные
100-500	100-206	Общее число КЦ

Кислотные свойства минеральной части почвы характеризовали величиной адсорбционной ёмкости по аммиаку в мкмоль на 1 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности минеральной матрицы почв разного типа пользования.

На рисовой системе выделены следующие антропогенные элементы рельефа: низкие и высокие чеки. Адсорбционная ёмкость минеральной матрицы в пахотных горизонтах рисовых почв в зависимости от высотного их расположения варьирует в диапазоне от 33 до 51 мкмоль/г, в подпахотных – от 32 до 61 мкмоль/г (рис. 1). В условиях богары адсорбционная ёмкость NH_3 составляет соответственно 53 и 46, залежи – 38 и 44 мкмоль/г. В пахотных горизонтах низких чек общая кислотность минеральной матрицы гораздо выше (51-53 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$), чем на высоких (34-45 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$). Рисовое поле, выведенное из-под рисосеяния, занимает промежуточное положение по кислотным свойствам между высокими и низкими чеками – 42-43 мкмоль/г.

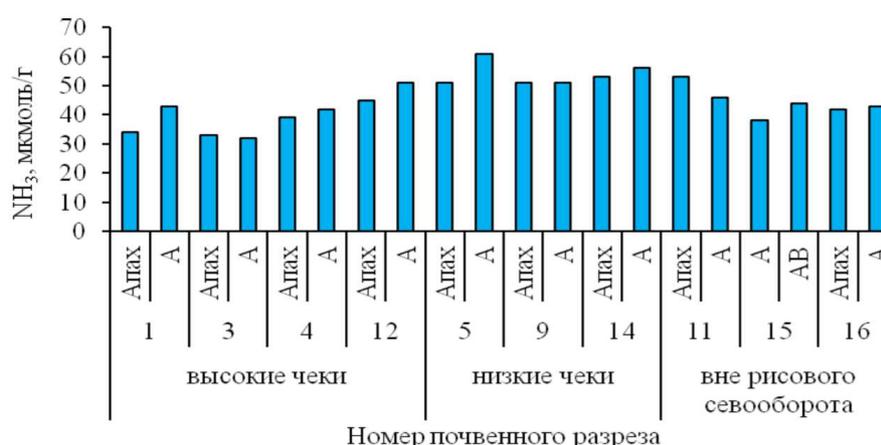


Рис. 1 Общая адсорбционная ёмкость по аммиаку минеральной матрицы лугово-черноземных и лугово-болотных почв

Дифференциация верхних горизонтов по кислотности ПММ. Почвенно-генетические горизонты рисовых почв различаются по кислотным свойствам минеральной матрицы. Наблюдается следующая особенность: в подпахотном горизонте А кислотных центров больше, чем в пахотном А_{пах}, частота встречаемости составляет 67 %. Причем, дифференциация горизонтов А_{пах} и А по кислотности минеральных матриц более выражена в почвах высоких рисовых чеков и менее заметна в низких чеках. Таким образом, кислотные свойства минеральной матрицы рисовых почв зависят от мелиоративного их состояния и горизонта – на низких чеках отмечается повышенная кислотность минеральной матрицы, на высоких чеках – пониженная.

Кислотность минеральной матрицы и гранулометрический состав почв. Свойства минеральной матрицы зависят от гранулометрического состава почвы. Как правило, с утяжелением гранулометрического состава или увеличением содержания ила и физической глины растёт общая удельная поверхность почвы и соответственно число активных центров. Однако, при одинаковом гранулометрическом составе число и сила кислотных центров могут варьировать в зависимости от химических свойств почвы [10]. В исследуемых рисовых почвах также отмечается общая тенденция роста кислотности минеральной матрицы с увеличением содержания фракций ила и физической глины (рис. 2).

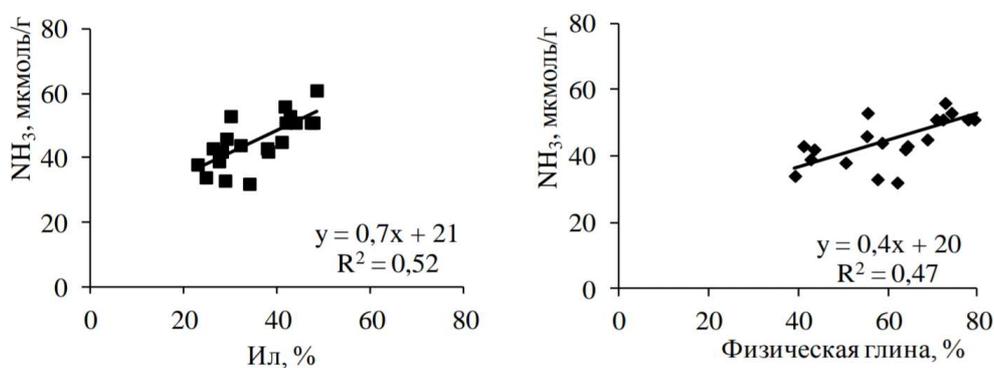


Рис. 2 Общая кислотность минеральной матрицы исследуемых почв в зависимости от содержания ила и физической глины

Для низких чеков лугово-болотных почв характерен более тяжелый гранулометрический состав с содержанием физической глины 72,2-77,8 % в пахотном и 72,7-80,3 % в подпахотном горизонтах, отличающихся более стабильной кислотной матрицей 51-53 и 51-61 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$ соответственно. На высоких чеках лугово-черноземных почв содержание физической глины сильно варьирует от 39,2 до 68,7 в горизонте $\text{A}_{\text{пах}}$ до 41,1-70,7 % в горизонте A . При таком существенном разбросе в содержании физической глины кислотность минеральной матрицы также неодинаковая – от 33-45 в пахотном до 32-51 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$ в подпахотном горизонтах. На рисунке 3 выделены области для высоких (сплошная линия окружности), низких чеков (крупная пунктирная линия окружности) и почв вне рисового севооборота (мелкая пунктирная линия) по кислотности минеральной матрицы и фракциям гранулометрического состава.

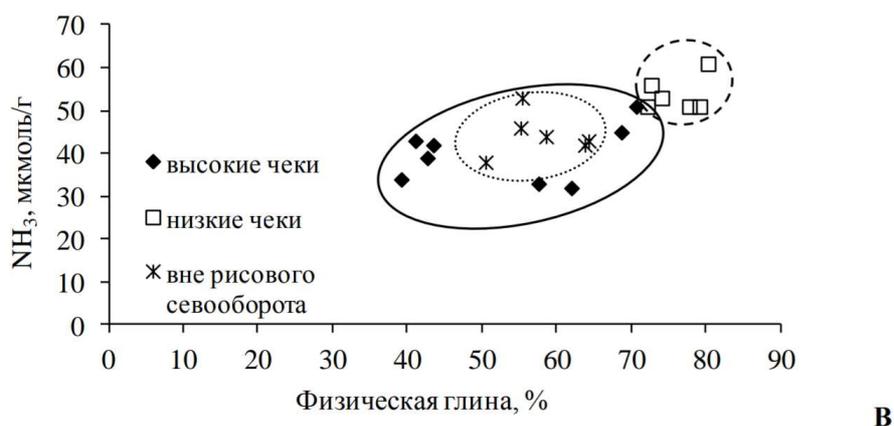
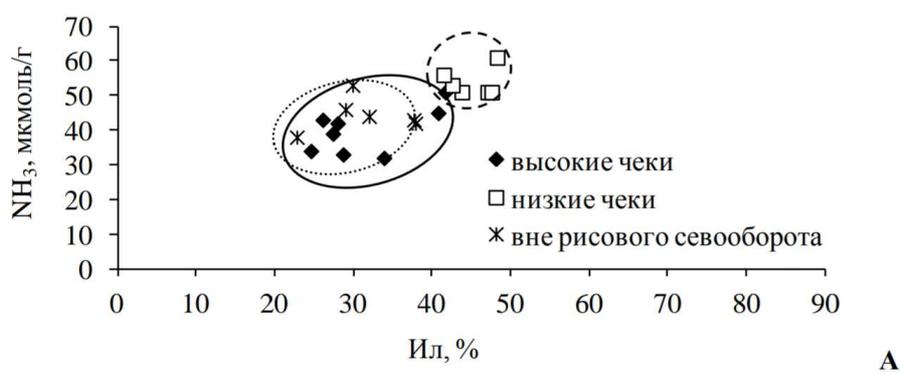


Рис. 3 Общая кислотность минеральной матрицы исследуемых почв в зависимости от содержания ила (А) и физической глины (В)

Выделенная группа почв мелкой пунктирной линией входит в часть ареала высоких чеков, т.е. они идентичны. К этой группе относятся почвы богарного земледелия (разрез 11), залежь (разрез 15) и поле, выведенное из-под рисосеяния 10 лет назад (разрез 16). Это вполне объяснимо, поскольку почвы высоких чеков и вне рисового севооборота приурочены к повышенным элементам рельефа. Области высоких и низких чеков, различных по условиям залегания от рельефа, не пересекаются (рис. 3).

Особенности минеральной матрицы лугово-черноземной почвы при бессменном посеве риса. Бессменное возделывание риса на лугово-черноземной почве в течение 80 лет привело к значительным изменениям минеральной матрицы, как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах: общая кислотность снизилась до 32 и 33 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$ соответственно. По гранулометрическому составу почва тяжелосуглинистая с довольно высоким содержанием физической глины в горизонтах $\text{A}_{\text{пах}}$ (55,6 %) и А (62,0 %), однако кислотных центров в ней гораздо меньше, чем в среднесуглинистых (разрезы 1 и 4) и, особенно, глинистых разновидностях почв рисового севооборота (разрезы 12, 5, 9, 14), варьируя в диапазоне 34-61 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$. Следовательно, при использовании лугово-черноземной почвы под монокультуру риса минеральная матрица теряет кислотные свойства, несмотря на высокую дисперсность, обусловленную тяжелым гранулометрическим составом. Но при соблюдении научно-обоснованной системы рисового севооборота трансформация минеральной матрицы этой почвы выражена слабее. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об изменениях химических свойств минеральной матрицы лугово-черноземной почвы при бессменном выращивании риса –

происходит снижение числа кислотных центров и, вероятно, возрастание центров основной природы.

Минеральная матрица почв и содержание гумуса. Содержание гумуса в пахотном слое рисовых почв варьирует в диапазоне 2,85-3,92 %. В почве под бессменной культурой риса его количество снижается до 2,27 %. Наиболее обогащенными органическим веществом являются верхние горизонты богары (0-20 см) и залежи (0-30 см) – 4,15 и 4,71 % соответственно. Вниз по профилю почвы содержание гумуса снижается. При этом в лугово-болотных почвах содержание гумуса больше в среднем на 15 %, чем в лугово-черноземных. Такие различия обусловлены лучшей аэрацией лугово-черноземных почв и более интенсивной минерализацией органического вещества в ней [14].

Установлена пропорциональная связь содержания гумуса верхних горизонтов с кислотными свойствами минеральной матрицы: чем выше кислотность матрицы (адсорбционная ёмкость по NH_3), тем больше содержание гумуса в почве (рис. 4).

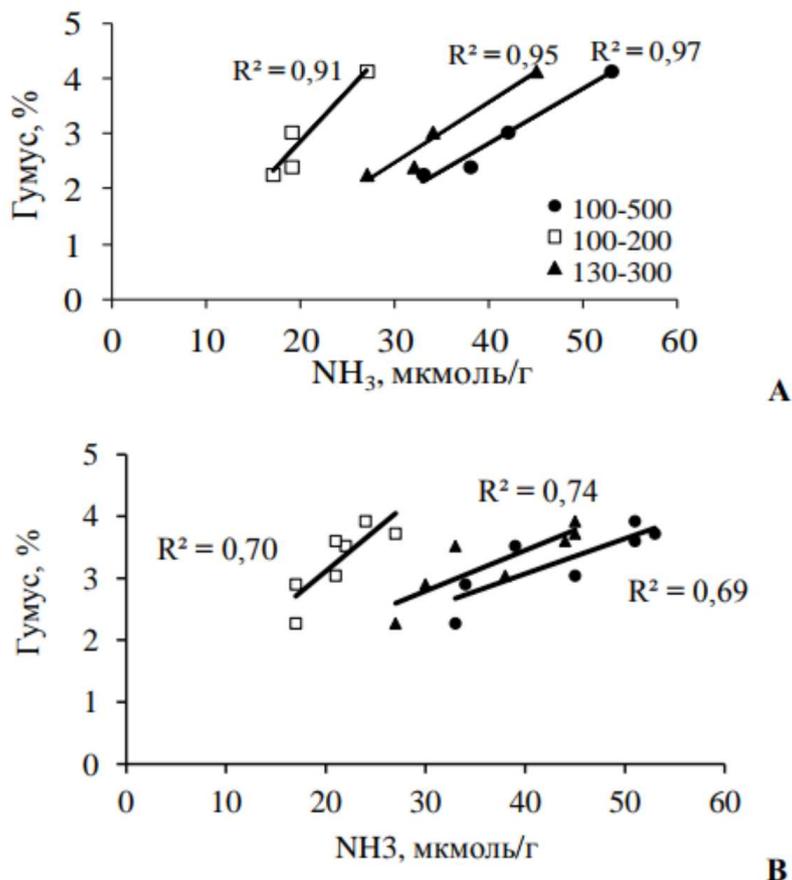


Рис. 4 Зависимость содержания гумуса верхних горизонтов от кислотных свойств минеральной матрицы исследуемых почв: А – вне рисового севооборота; В – рисовые почвы

В условиях рисовых почв самая тесная связь ($R^2=0,70-0,74$) с кислотными центрами сильными и средней силы (рис. 4 В). В почвах, не используемых в рисовом севообороте, в т.ч. и рисового поля выведенного из-под рисосеяния 10 лет назад, обнаружена очень тесная связь: $R^2=0,91-0,97$ (рис. 4 А).

Таким образом, содержание гумуса в рисовых почвах пропорционально кислотности минеральной матрицы, причем в почвах вне рисового севооборота установлена очень тесная связь.

Кислотность минеральной матрицы почв и аморфное железо (по Тамму). Аморфное железо служит диагностическим показателем почв с

повышенной степенью гидроморфизма. Наибольшее его содержание обнаружено в рисовых почвах (от 0,9 до 1,2 %) и залежи (1,0 %), а наименьшее – в почве богарных угодий, в т.ч. и выведенной из-под рисосеяния (от 0,5 до 0,7 %).

При сравнении высоких и низких чеков выделяются ареалы распределения аморфного железа, приуроченных к минеральной матрице лугово-черноземных и лугово-болотных почв (рис. 5: сплошная окружность для высоких чеков и пунктирная – для низких), однако его содержание в них одного порядка.

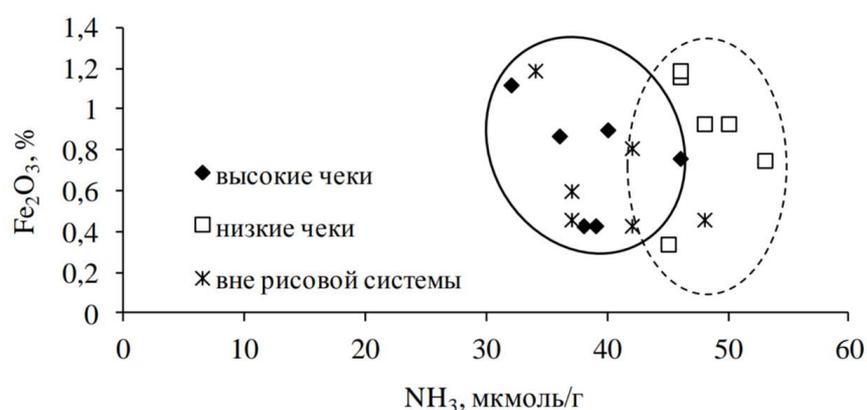


Рис. 5 Распределение аморфного железа в зависимости от кислотности минеральной матрицы исследуемых почв

Из этого следует, что количество аморфного железа в рисовых почвах не зависит от размера и кислотности минеральной матрицы. По подвижным формам железа наблюдается обратная зависимость.

Кислотность минеральной матрицы почв и подвижные формы соединений железа (0,1 N H₂SO₄). Содержание двухвалентного железа на высоких чеках лугово-черноземных почв, обладающих менее кислотной матрицей (сплошная линия окружности), снижено в 3-6 раз по сравнению с низкими чеками лугово-болотных почв с более выраженной кислотностью (рис. 6). И наоборот, количество трехвалентного железа больше на высоких чеках и меньше на низких (рис. 7). При этом оксиды

трехвалентного железа являются преобладающими – их доля от общего суммарного содержания $FeO+Fe_2O_3$ варьирует от 74,7-90,7 % в лугово-болотных до 92,8-96,6 % в лугово-черноземных почвах.

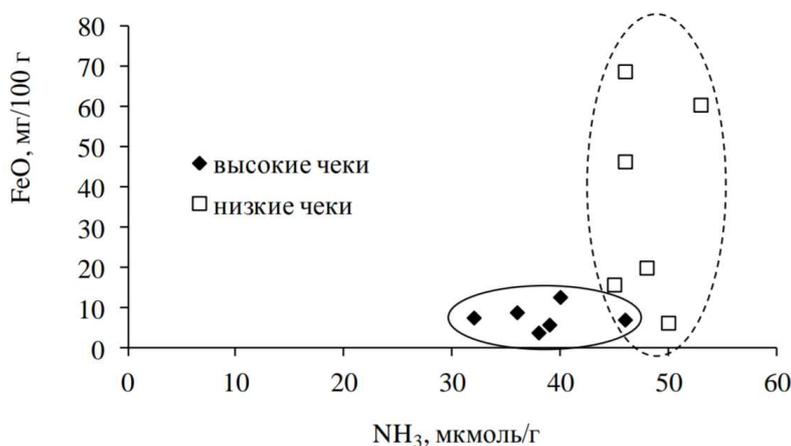


Рис. 6 Распределение подвижного двухвалентного железа в зависимости от кислотности минеральной матрицы рисовых почв

Указанное соотношение подвижных форм железа является следствием неодинакового окислительно-восстановительного состояния рисовых почв. Низкие чеки лугово-болотных почв слабо дренированы и приурочены к замкнутым понижениям плавневой равнины. Поэтому условия аэрации (окислительные процессы) в них выражены слабее, чем на высоких чеках.

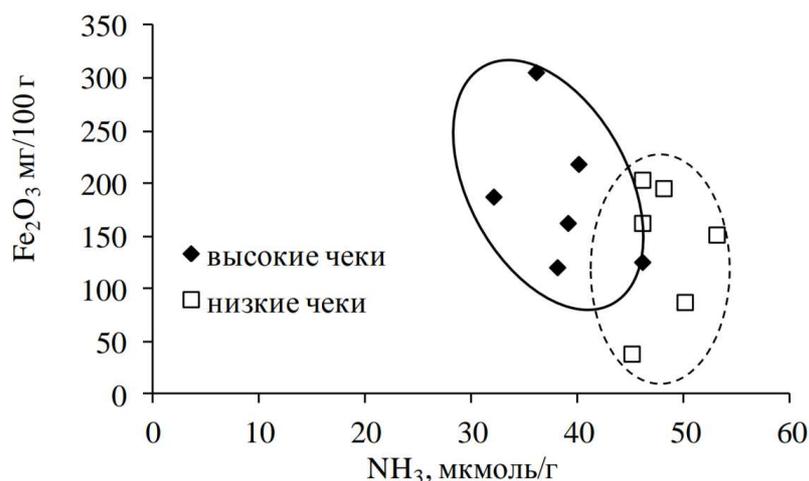


Рис. 7 Распределение подвижного трехвалентного железа в зависимости от кислотности минеральной матрицы рисовых почв

Таким образом, содержание подвижных форм соединений железа связано с мелиоративным состоянием рисового поля и общей кислотностью минеральной матрицы. Для почв с менее кислой матрицей на высоких чеках характерно повышенное содержание Fe^{3+} и пониженное Fe^{2+} . По содержанию аморфного железа такой связи не обнаружено.

Кислотность минеральной матрицы почв и урожай риса. Наибольший урожай риса формируется на лугово-черноземных почвах высоких чеков (рис. 8). Причем, величина урожая риса не зависела от содержания гумуса в почвах (рис. 9).

Для рисовых почв отмечается тенденция снижения урожайности риса с ростом кислотности минеральной матрицы (рис. 8). Вероятно, часть кислых центров минеральной матрицы рисовых почв трансформировалась в центры основной природы, что благоприятно для их плодородия, ведь основные центры обусловлены обменными катионами щелочных и щелочноземельных элементов, которые одновременно являются элементами питания для растений. Именно кальций, магний, калий и натрий в черноземах играют роль центров основной природы минеральной матрицы степных почв [10]. В почвах гумидной зоны такие центры

отсутствуют. Исследования показали, что минеральная матрица рисовых почв связана с гранулометрическим составом и содержанием гумуса. Как установлено ранее, основная часть гумуса в почве находится в матричном состоянии, т.е. закреплена на минеральной поверхности [10]. Поэтому его связь с активными (кислотными) центрами матрицы, на которых и происходит закрепление, вполне очевидна.

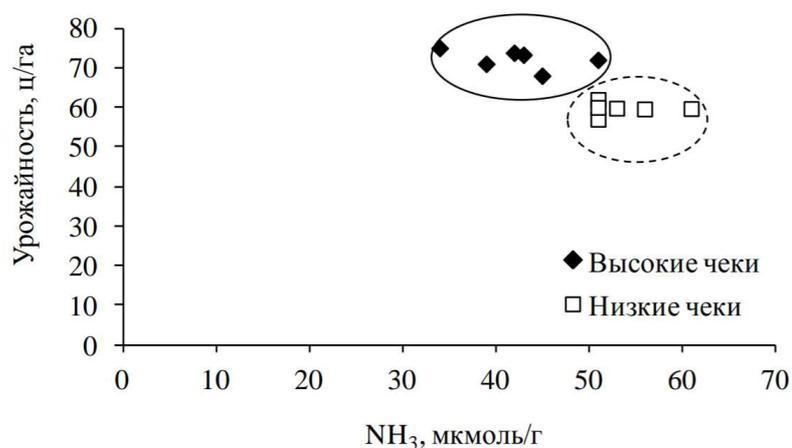


Рис. 8 Урожайность риса в зависимости от кислотности минеральной матрицы рисовых почв

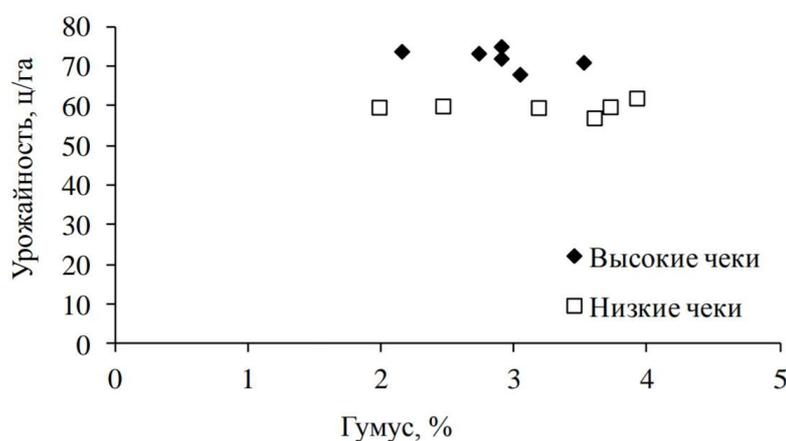


Рис. 9 Урожайность риса в зависимости от содержания гумуса в почвах

Отвечая на главный вопрос об изменении почвенной минеральной матрицы в условиях рисосеяния следует сказать:

1. Минеральная матрица трансформируется в зависимости от мелиоративного состояния рисового чека, типа почв и гранулометрического состава, а также длительности возделывания риса.

2. Максимальные изменения минеральной матрицы лугово-черноземной почвы происходят при бессменном выращивании риса в течении 80 лет. Это подтверждается снижением кислотности минеральной матрицы, несмотря на её высокую дисперсность, обусловленную тяжёлым гранулометрическим составом почвы.

3. Наиболее плодородными для возделывания риса являются лугово-черноземные почвы с менее кислой матрицей. Число активных центров или общая кислотность минеральной матрицы содержат информацию о контактах и межфазных взаимодействиях в почвах. С увеличением числа активных центров формируется больше контактов, что приводит к упрочнению почвенных агрегатов. Но имеются пределы – слишком высокая матричная активность, характерная для глинистых разновидностей лугово-болотных почв, приводит к развитию слитизации и ухудшению физических свойств, что неблагоприятно отражается на их продуктивности.

4. Содержание гумуса в верхних горизонтах рисовых почв пропорционально кислотности минеральной матрицы. В тоже время не обнаружено связи между содержанием гумусом и урожаем риса. Возможно, особую роль в рисовых почвах играют водорастворимые органические вещества, которые соединяясь с подвижными формами железа мигрируют в нижележащие почвенные горизонты [14].

Выводы

1. Кислотные свойства минеральной матрицы лугово-черноземных и лугово-болотных почв Краснодарского края характеризуются общей адсорбционной ёмкостью по аммиаку в диапазоне 32-61 мкмоль/г. Установлена низкая кислотность матрицы при бессменном выращивании риса в течение 80 лет (32-34 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$). Пахотные горизонты характеризуются менее кислой минеральной матрицей, чем подпахотные.

2. Выявлена общая тенденция увеличения кислотности минеральной матрицы с утяжелением гранулометрического состава почвы. На низких чеках лугово-болотных почв, более тяжелых по гранулометрическому составу, общая кислотность минеральной матрицы составляет 51-53 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$, на высоких чеках более легких лугово-черноземных почв – 34-45 мкмоль $\text{NH}_3/\text{г}$.

3. Установлена пропорциональная связь содержания гумуса верхних горизонтов рисовых почв с кислотными свойствами минеральной матрицы. Самая тесная связь с кислотными центрами средней силы и сильными.

4. На высоких чеках лугово-черноземных почв, с менее кислой матрицей, увеличивается содержание Fe^{3+} и снижается количество Fe^{2+} . Обратная закономерность обнаружена в почве понижений с более выраженными кислотными свойствами матрицы. Аналогичной зависимости для аморфного железа не установлено.

5. Не выявлено связей между урожаем риса и содержанием гумуса в рисовых почвах. Наибольший урожай риса достигается на лугово-черноземных почвах с менее кислой минеральной матрицей.

Литература

1. Герасимова М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учебное пособие / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.Ф. Прокофьева // Под ред. академика РАН Г.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

2. Tuma K. The classification of soils under rice cultivation (paddy soils) / K. Tuma, K. Kawaguchi // *Ann. edafol. agrohiol.* – V. 26, 1967.

3. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова // Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. – Смоленск: Окуймена, 2004. – 342 с.

4. Вальков В.Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. – Краснодар: Изд-во «Советская Кубань», 2002. – 300 с.

5. Гуторова О.А. Морфогенетические особенности рисовой лугово-черноземной почвы / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен // *Российская сельскохозяйственная наука*, 2016. – № 4. – С. 53-56.

6. Гуторова О.А. Морфогенез рисовых лугово-болотных почв Кубани / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен // *Российская сельскохозяйственная наука*, 2016. – № 6. – С. 25-28.

7. Гуторова О.А. Процессы трансформации соединений железа в почвах рисовых агроценозов Кубани / О.А. Гуторов, А.Х. Шеуджен, Т.А. Зубкова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2017. – № 3 (65). – С. 201-205.

8. Brümmer G. Redoxpotentiale und redoxprozesse von Mangan, Eisen und Schwefelverbindungen / G. Brümmer // *Geoderma*, 1974. – Bd. 12. – № 3. – S. 207-222.

9. Шеуджен А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП "Адыгея", 2005. – 1012с.

10. Зубкова Т.А. Матричная организация почв / Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский. – М. «Русаки», 2001. – 296 с.

11. Зубкова Т.А. Роль минеральной матрицы горной породы в возникновении жизни, эволюции почвы и биосферы / Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский // *Материалы докладов VI Съезда почвоведов им. В.В. Докучаева "Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования"*. Том 1, 2012 – С. 40-41.

12. Шеуджен А.Х. Окислительно-восстановительные процессы и состояние соединений железа в почвах рисового агроценоза и богары / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Т.А. Зубкова // *Международный научно-исследовательский журнал*, 2016. – № 11 (53). doi: 10.18454/IRJ.2016.53.074

13. Шеуджен А.Х. Морфологические особенности и изменение магнитной восприимчивости почв рисового агроценоза и богары / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Т.А. Зубкова, Р.В. Штуц, В.П. Кащиц, Е.П. Максименко, А.С. Филипенко, Н.С. Минаев // *Международный научно-исследовательский журнал*, 2016. – № 9 (51). – Ч. 3. – С. 133-137. doi: 10.18454/IRJ.2016.51.010

14. Шеуджен А.Х. Влияние мелиоративного состояния на свойства почв рисовых агроландшафтов Кубани и их продуктивность / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, В.В. Аношенков, Е.П. Максименко, В.П. Кащиц // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №08(132). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/17.pdf>

15. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М.В. Новицкий, И.Н. Донских, Д.В. Чернов, А.В. Назарова, С.П. Мельников, Н.Н. Баева, А.В. Лаврищев. – СПб: Проспект Науки, 2009. – 320 с.

References

1. Gerasimova M.I. Antropogennye pochvy: genezis, geografija, rekul'tivacija: uchebnoe posobie / M.I. Gerasimova, M.N. Stroganova, N.V. Mozharova, T.F. Prokof'eva // Pod red. akademika RAN G.V. Dobrovolskogo. – Smolensk: Ojkumena, 2003. – 268 s.
2. Tuma K. The classification of soils under rice cultivation (paddy soils) / K. Tuma, K. Kawaguchi // Ann. edafol. agrohiol. – V. 26, 1967.
3. Shishov L.L. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova // Pod red. akad. RAN G.V. Dobrovolskogo. – Smolensk: Okujmena, 2004. – 342 s.
4. Val'kov V.F. Pochvovedenie (pochvy Severnogo Kavkaza) / V.F. Val'kov, Ju.A. Shtompel', V.I. Tjul'panov. – Krasnodar: Izd-vo «Sovetskaja Kuban'», 2002. – 300 s.
5. Gutorova O.A. Morfogeneticheskie osobennosti risovoj lugovo-chernozemnoj pochvy / O.A. Gutorova, A.H. Sheudzhen // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka, 2016. – № 4. – S. 53-56.
6. Gutorova O.A. Morfogenez risovyh lugovo-bolotnyh pochv Kubani / O.A. Gutorova, A.H. Sheudzhen // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka, 2016. – № 6. – S. 25-28.
7. Gutorova O.A. Processy transformacii soedinenij zheleza v pochvah risovyh agrocenzov Kubani / O.A. Gutorov, A.H. Sheudzhen, T.A. Zubkova // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2017. – № 3 (65). – S. 201-205.
8. Brümmer G. Redoxpotentiale und redoxprozesse von Mangan, Eisen und Schwefelverbindungen / G. Brümmer // Geoderma, 1974. – Bd. 12. – № 3. – S. 207-222.
9. Sheudzhen A.H. Agrohimiya i fiziologija pitanija risa / A.H. Sheudzhen. – Majkop: GURIPP "Adygeja", 2005. – 1012s.
10. Zubkova T.A. Matrichnaja organizacija pochv / T.A. Zubkova, L.O. Karpachevskij. – M. «Rusaki», 2001. – 296 s.
11. Zubkova T.A. Rol' mineral'noj matricy gornoj porody v voznikovenii zhizni, jevoljucii pochvy i biosfery / T.A. Zubkova, L.O. Karpachevskij // Materialy dokladov VI Sezda pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva "Pochvy Rossii: sovremennoe sostojanie, perspektivy izuchenija i ispol'zovanija". Tom 1, 2012 – S. 40-41.
12. Sheudzhen A.H. Okislitel'no-voosstanovitel'nye processy i sostojanie soedinenij zheleza v pochvah risovogo agrocenoza i bogary / A.H. Sheudzhen, O.A. Gutorova, T.A. Zubkova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2016. – № 11 (53). doi: 10.18454/IRJ.2016.53.074
13. Sheudzhen A.H. Morfologicheskie osobennosti i izmenenie magnitnoj vospriimchivosti pochv risovogo agrocenoza i bogary / A.H. Sheudzhen, O.A. Gutorova, T.A. Zubkova, R.V. Shtuc, V.P. Kashhich, E.P. Maksimenko, A.S. Filipenko, N.S. Minaev // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2016. – № 9 (51). – Ch. 3. – S. 133-137. doi: 10.18454/IRJ.2016.51.010
14. Sheudzhen A.H. Vlijanie meliorativnogo sostojanija na svojstva pochv risovyh agrolandshaftov Kubani i ih produktivnost' / A.H. Sheudzhen, O.A. Gutorova, V.V. Anoshenkov, E.P. Maksimenko, V.P. Kashhich // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №08 (132). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/17.pdf>
15. Laboratorno-prakticheskie zanjatija po pochvovedeniju: uchebnoe posobie / M.V. Novickij, I.N. Donskih, D.V. Chernov, A.V. Nazarova, S.P. Mel'nikov, N.N. Baeva, A.V. Lavrishhev. – SPb: Prospekt Nauki, 2009. – 320 s.