

Почвоведение

УДК 633.18. (470.47)

<https://doi.org/10.31857/S2500-26272019134-39>**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ
САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ****Э.Б. Дедова**, доктор сельскохозяйственных наук,
Г.Н. Кониева, кандидат сельскохозяйственных наук*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова,
127550, Москва, ул. Б. Академическая, 44
E-mail: kf_vniigim@mail.ru*

Изучали фитомелиоративные свойства сопутствующих культур рисовых севооборотов и степень их влияния на показатели плодородия почв рисовых полей. Экспериментальные исследования проведены на рисовых чеках, расположенных в зоне деятельности Сарпинской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия, водосточником которой является р. Волга. Почвенный покров рисовых полей представлен солонцеватыми светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами в комплексе с солонцами. Для диверсификации в рисовые деградированные агроландшафты изучали влияние фитомелиорантов на плодородие почв рисовых полей. Выявлено, что для улучшения их мелиоративного состояния и повышения плодородия следует предусматривать выращивание сопутствующих культур рисового севооборота (яровой рапс, горчица сарептская, подсолнечник, люцерна посевная) с использованием остаточных после риса запасов влаги. Выполнена агроэкологическая оценка почв рисовых севооборотов, которая показала эффективность мелиорирующего воздействия культур-мелиорантов: обогащение почвы органическим веществом за счет дополнительного поступления в почву растительных остатков, повышение ее биологической активности, улучшение агрофизических и агрогидрологических свойств.

AGROECOLOGICAL ESTIMATION OF SOILSDRAFT SOVIETS OF SARPIN LOWER**Dedova E.B., Konieva G.N.***All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation of A.N. Kostyakov,
127550, Moskva, ul. B. Akademicheskaya, 44
E-mail: kf_vniigim@mail.ru*

The purpose of the research is to study the phytomeliorative properties of the accompanying crops of rice crop rotations and the degree of their influence on the soil fertility indicators of rice fields. Experimental studies are conducted on rice pouches located in the zone of activity of the Sarpinskaya irrigation and irrigation system of the Republic of Kalmykia, the source of which is the river Volga. The soil cover of rice fields is represented by solonetzic light chestnut and brown semi-desert soils in combination with solonetztes. To diversify into rice degraded agro landscapes, the effect of phyto-meliorants on soil fertility of rice fields was studied. It has been revealed that in order to improve the meliorative state and increase the soil fertility of rice fields, it is necessary to provide for the cultivation of accompanying crops of rice cropland (spring rape, mustard, sunflower, lucerne sowing) with the use of residual moisture reserves after rice. Agroecological assessment of soils of rice crop rotations has been carried out, which has shown the effectiveness of meliorating influence of ameliorant crops, which consists in enriching the soil with organic matter due to additional plant residues entering the soil, increasing its biological activity, improving agrophysical and agrohydrological properties.

Ключевые слова: почва, рисовый севооборот, коэффициент структурности, сукходольные или сопутствующие культуры, плодородие, гумус, урожайность

Key words: soil, rice crop rotation, structural coefficient, dry or accompanying crops, fertility, humus, yield

В рисовых севооборотах ведущая культура – рис, который в зависимости от степени окультуренности почв, мелиоративной обстановки, интенсификации производства, обеспечения водой, техникой, горюче-смазочными материалами и другими материально-техническими и финансовыми ресурсами, направления хозяйства занимает 30-57 % севооборотной площади. При орошении риса поверхностным способом полива большими нормами при неудовлетворительном состоянии дренажной системы возможны развитие неблагоприятного анаэробного режима, подъем уровня грунтовых вод, что приводит к изменению условий почвообразования [1-4]. В этих условиях ухудшаются водно-

физические свойства почвы: происходит уплотнение почвенных горизонтов, увеличивается плотность ее сложения, также могут наблюдаться процессы слитизации. Анализ и системное обобщение работ [5-7] показывает, что для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава оптимальная плотность сложения в равновесном состоянии составляет в пахотном горизонте 1,15-1,20 т/м³, при этом формируется наиболее высокая продуктивность растений. При плотности сложения почв 1,35-1,40 т/м³ сельскохозяйственные культуры вегетируют значительно хуже. В структуру рисовых севооборотов включают агро-мелиоративное поле, где наряду с приемами мелиоративного характера

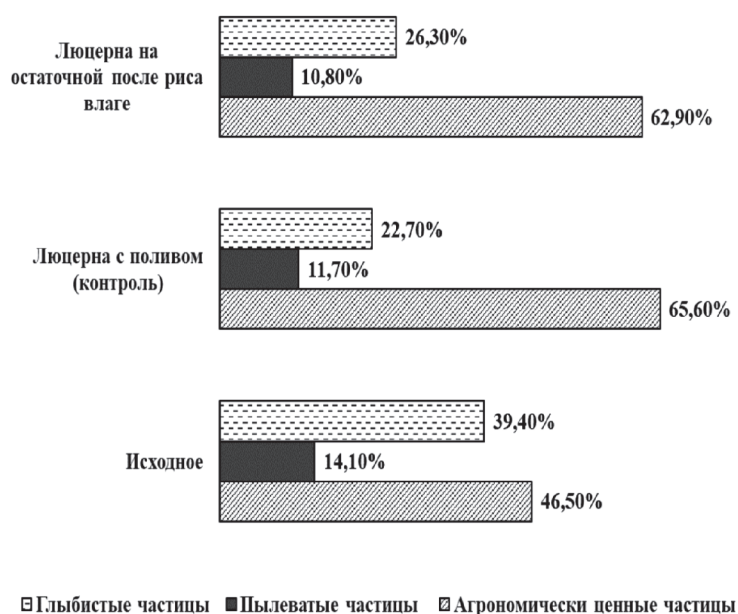


Рис. 1. Динамика содержания агрономически ценных, глинистых и пылеватых частиц под посевами трехлетней люцерны рисового севооборота.

Табл. 1. Улучшение агрофизических свойств почвы в звеньях рисового севооборота с культурами-мелиорантами

Звено севооборота	Плотность сложения почвы, т/м ³		Плотность твердой фазы, т/м ³		Общая пористость, %	
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	V, %	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	V, %	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	V, %
Звено севооборота с горчицей сарептской						
Рис	1,31±0,02	3,79	2,45±0,10	7,96	46,60±1,65	7,09
Рис	1,33±0,04	6,43	2,50±0,06	4,71	46,80±1,47	6,29
Горчица	1,23±0,05	8,21	2,43±0,07	5,72	49,38±0,85	3,42
Рис	1,29±0,02	3,77	2,48±0,03	2,45	48,00±1,60	6,66
НСР ₀₅	0,03		0,05		0,21	
Звено севооборота с яровым рапсом						
Рис	1,32±0,04	6,80	2,48±0,04	3,46	46,77±2,14	9,16
Рис	1,36±0,06	9,29	2,51±0,05	4,36	46,00±1,81	7,85
Яровой рапс	1,22±0,05	8,97	2,42±0,09	7,46	50,01±1,32	5,26
Рис	1,28±0,05	8,36	2,40±0,06	4,91	47,00±1,73	7,37
НСР ₀₅	0,04		0,02		0,37	
Звено севооборота с подсолнечником						
Рис	1,33±0,02	2,75	2,50±0,07	5,36	46,81±1,14	4,89
Рис	1,35±0,04	5,31	2,51±0,10	7,96	46,30±1,07	4,60
Подсолнечник	1,21±0,03	4,72	2,40±0,11	9,13	49,58±1,93	7,79
Рис	1,26±0,06	9,21	2,43±0,05	4,07	46,88±1,30	5,55
НСР ₀₅	0,02		0,03		0,41	

– планировка чеков, очистка каналов, ремонт гидротехнических сооружений, возделывают так называемые суходольные или сопутствующие культуры, способные формировать высокий урожай без полива с использованием остаточных после риса запасов влаги (280-320 мм) и обладающих при этом фитомелиоративными свойствами [1, 8-13].

Целью настоящей работы было изучение фитомелиоративных свойств сопутствующих культур рисовых севооборотов и степени их влияния на показатели плодородия почв рисовых полей.

Методика. Полевые исследования проведены на территории хозяйства «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия, расположенном в зоне деятельности Сарпинской обводнительно-оросительной системы, водисточником которой служит р. Волга. По природному районированию эта территория располагается в полупустынной зоне Республики. Климат здесь формируется под преимущественным влиянием азиатского антициклона. Основная особенность климата полупустынной зоны – его резкая континентальность с жарким и очень сухим летом, малоснежной зимой, иногда с большими морозами. Почвенный покров опытного участка представлен орошаемыми бурями полупустынными почвами, характеризующимися следующими агрофизическими и агрохимическими свойствами: плотность пахотного слоя – 1,27-1,32 т/м³ (в метровом – 1,55 т/м³); по гранулометрическому составу они относятся к иловатым крупнопылеватым тяжелым суглинкам и глинам, так как преобладают фракции пыли и ила (частиц диаметром 0,05-0,01 и менее 0,01 мм); содержание гумуса в слое 0-20 см – 1,1-1,4%, в слое 20-40 см – 0,75-1,03 %, подвижного фосфора повышенное – 65,5-70,4 мг/кг, обменного калия высокое – 460-500 мг/кг; засоление пахотного слоя среднее, по профилю варьирует от хлоридно-сульфатного до сульфатно-хлоридного типа. Грунтовые воды – хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые с минерализацией 3,6-5,8 г/л, залегают на глубине 1,5-2,5 м.

Результаты и обсуждение. На рисовых оросительных системах Сарпинской низменности лучший предшественник риса – люцерна посевная, которая в структуре севооборотной площади занимает 25-30%. Роль этой культуры значима в комплексе мероприятий, направленных на улучшение мелиоративного состояния рисовых оросительных систем. Она служит надежным

средством в борьбе с засолением и заболачиванием. Пронизывая корнями всю толщину почвы до грунтовых вод, люцерна посевная улучшает не только физические свойства почвы, но и способствует снижению уровня грунтовых вод на рисовом поле. Ее мощные корни тянут воду из глубоких горизонтов, а большая поверхность листового аппарата испаряет эту влагу.

Наши экспериментальные данные по изучению влияния посевов люцерны посевной на агрофизические свойства почвы показали, что в 1-й год жизни, когда корневая система еще недостаточно развита, под изучаемыми вариантами плотность сложения почвы мало отличается от исходного. В период 2-го и 3-го года жизни происходил значительный рост ее корневой системы, при этом формировался достаточно плотный травостой. В этих условиях плотность сложения почвы уменьшалась, а количество наиболее агрономически ценных агрегатов почвы (0,25-10 мм) существенно возрастало на 35,3-41,1% (рис.1), коэффициент структурности почвы увеличивался с 0,9 до 1,7-1,9.

Возделывание суходольных культур в мелиоративном поле положительно влияло на общую пористость и пористость аэрации, приближая их значения к оптимальным [1,8,12,13]. Так, в звене рисового севооборота по сравнению с исходным состоянием уменьшалась плотность сложения на 7,52-10,3%, плотность твердой фазы – на 1,3-3,6%, увеличивалась общая пористость на 5-7% (табл. 1).

При внедрении в рисовый севооборот суходольных культур в почве начинали преобладать аэробные процессы, в результате фракции перераспределялись за счет уменьшения пылеватых частиц и увеличения доли агрономически ценных агрегатов (0,25-10,0 мм). Так, в период вегетации ярового рапса отмечен значительный рост корневой системы, при этом формировался достаточно плотный травостой. В этих условиях плотность сложения почвы уменьшалась, а количество наиболее агрономически ценных агрегатов почвы (0,25-10 мм) напротив существенно возрастало на 9,95-16,04%. Коэффициент структурности увеличивался на 0,54-0,77 по сравнению с исходными данными. Интенсификация восстановительных процессов почвы на рисовых полях – необходимое условие мобилизации плодородия и улучшения питания риса, реализация которых возможна только при обеспечении их энергетическим материалом. Полевые исследования по изучению влияния корневой системы горчицы сарепт-

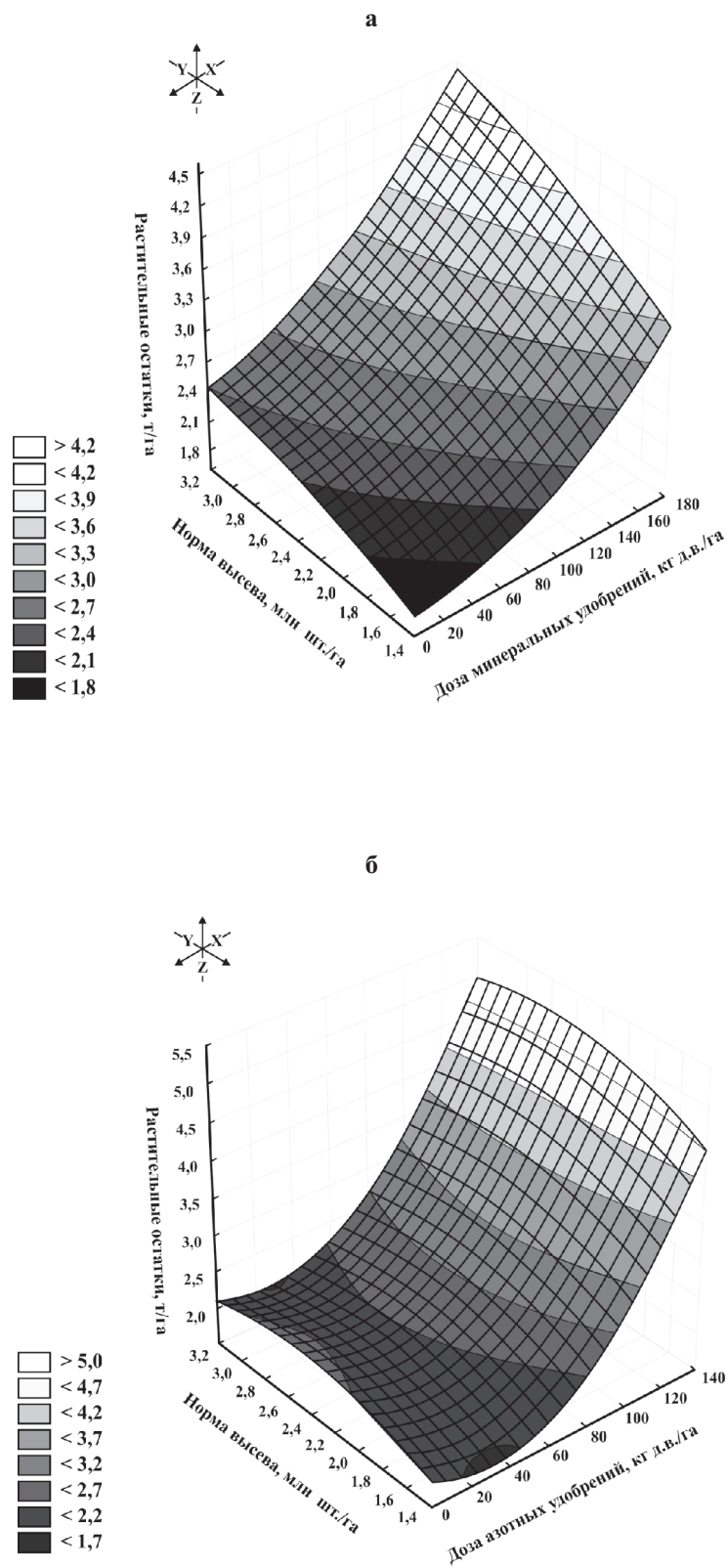


Рис. 2. Модели зависимости накопления растительных остатков горчицы сарептской (а) и ярового рапса (б) от уровня минерального питания и нормы высева семян.

Табл. 2. Баланс (кг/га) элементов питания в звеньях рисового севооборота

Питательный элемент	Приход			Расход			Баланс		Содержание в почве (0-0,4 м)		Изменение содержания в почве	
	удобрения	осадки	растительные остатки	вынос с надземной массой	газообразные потери	эрозия	хозяйственный	биологический	исходное	после уборки урожая		
Звено рисового севооборота рис – яровой рапс												
N	120	5	96	130	10	1,5	-10,0	+ 79,5	159	186	+ 27	
P ₂ O ₅	-	-	67	65	-	1,5	- 65,0	+ 0,5	268	273	+ 5	
K ₂ O	-	5	72	78	-	3	- 78,0	-1,0	1492	1503	+ 11	
Звено рисового севооборота рис – горчица сарептская												
N	100	5	87	140	10	1,5	-40,0	+40,5	190	219	+29	
P ₂ O ₅	60	-	52	72	-	1,5	-12,0	+38,5	151	189	+38	
K ₂ O	-	5	64	94	-	3	-94,0	-28,0	2238	2214	-24	

ской и ярового рапса на накопление органической массы в почве показали, что количество корневой массы варьирует в зависимости от уровня минерального питания и нормы высева. Обработка экспериментальных данных позволила разработать модели нелинейной регрессионной зависимости накопления растительных остатков этих культур от дозы внесения минеральных удобрений и нормы высева (рис.2).

Уравнение первой модели имеет вид:

$$z = 0,695 - 0,005x + 0,978y + 4,031e + 0,0001x^2 + 0,0016xy - 0,137y^2, \quad (1)$$

где, z – растительные остатки, т/га; x – доза минеральных удобрений, кг д.в./га;

y – норма высева семян, млн шт./га.

Модель нелинейной зависимости описывается следующим уравнением:

$$z = 0,098 - 0,015x + 1,918y + 0,0002x^2 + 0,0008xy - 0,383y^2, \quad (2)$$

где, z – растительные остатки, т/га; x – доза азотных удобрений, кг д.в./га;

y – норма высева семян, млн шт./га.

Наибольшая масса корневых остатков горчицы сарептской – 2,74-3,21 т/га накапливалась в варианте с нормой высева семян 2,5-3,0 млн шт./га на фоне азотно-фосфорных удобрений в дозах N₇₀₋₁₀₀P₄₀₋₆₀ кг д.в./га, при этом на естественном фоне (без удобрений) масса корней была меньше на 21,1-36,4%. Развитие корневой системы ярового рапса также зависело от погодных условий, показателей водообеспеченности и агротехнических приемов. Наибольшее количество корневых и пожнивных остатков отмечено в варианте с азотным удобрением в дозе N₁₂₀ кг д.в. /га. Таким образом, основная масса корней (>70%) накапливалась в пахотном (0-25 см) и подпахотном (25-40 см) гори-

зонтах. При запахивании растительных остатков ярового рапса было некоторое разуплотнение почвы пахотного горизонта. Установлена линейная регрессионная зависимость снижения плотности пахотного слоя почвы в результате запахивания корневых и пожнивных остатков этой культуры. Математический анализ зависимости показал, что дополнительное поступление пожнивных и корневых остатков в количестве 1,96-4,14 т/га снижает плотность почвы на 1,5-7,5%.

Включение в рисовые севообороты сопутствующих культур способствовало более активному образованию гумуса. По данным агрохимического анализа почвенных образцов, после возделывания ярового рапса в корнеобитаемой зоне увеличивалось содержание легкодоступного азота на 12,2-14,5% по сравнению с исходным. По динамике содержания подвижного фосфора и обменного калия отмечена незначительная тенденция их повышения соответственно на 3,1-4,2 и 1,4-2,2%.

При выполнении баланса питательных элементов в звеньях рисового севооборота в расчетах мы использовали только экспериментальные данные, полученные в полевых опытах (табл. 2). При этом биологический баланс достаточно полно охватывает все статьи поступления питательных веществ, вовлекаемых в круговорот (удобрения, осадки, растительные остатки) и расход (вынос с урожаем, потери за счет эрозии, газообразные потери). Хозяйственный баланс основан на учете выноса питательных веществ с основной и побочной продукцией и их компенсации внесением минеральных и органических удобрений. Данные по структуре баланса азота, фосфора и калия в посевах ярового рапса и горчицы сарептской в рисовом севообороте показывают, что наиболее важной статьёй прихода служат минеральные удобрения и растительные остатки.

Величина поступления азота и калия из атмосферы с осадками на территории нашей страны составляет 5 кг/га [14]. При учете приходной части баланса вклю-

чают поступление питательных веществ с семенами. Однако эта величина незначительна, так, с семенами ярового рапса поступает не более 0,253 кг/га азота, 0,042 – фосфора и 0,073 кг/га калия, поэтому в балансе питательных веществ ее не учитывали. Размер выноса азота, фосфора и калия подсчитывали на основе химического анализа в момент уборки урожая и величины урожая в пересчете на 1 га. Исследования Н.М. Варюшкиной [15] с использованием стабильного изотопа азота ^{15}N показали, что потери азота за счет улетучивания газообразных соединений составляют 10-30% от количества внесенных удобрений. Потери в результате эрозии почв достигают для азота и фосфора 1,5-2 кг/га, для калия – 3-5 кг/га.

Хозяйственный баланс питательных веществ ярового рапса с учетом внесения только азотных удобрений – отрицательный и составляет по азоту -10,0 кг/га, фосфору – -65,0 кг/га, калию – -78,0 кг/га. Но, как показали результаты учета фактически сложившихся приходных и расходных статей, в звене рисового севооборота рис – яровой рапс биологический баланс по всем питательным элементам – положительный: по азоту – 79,5 кг/га, фосфору – 0,5 кг/га, а по калию отмечено незначительное отклонение в сторону уменьшения – 1,0 кг/га. Это связано с пополнением органического вещества почвы из корневых и пожнивных остатков.

В наших опытах дозы азотно-фосфорных удобрений для получения запланированного урожая семян горчицы сарептской были рассчитаны на поддержание бездефицитного баланса. Расчетные данные по балансу азота и фосфора в звене рисового севооборота рис – горчица сарептская практически в полной мере подтверждают фактические изменения содержания этих элементов в почве. Разница между расчетными и фактическими значениями составляют по азоту 11,5 кг/га, фосфору 0,5 кг/га. Полученные фактические данные по содержанию обменного калия в звене рисового севооборота показывают, что без калийных удобрений складывается дефицитный баланс калия – 28 кг/га, поэтому рекомендуется вносить его в дозе 20-30 кг д.в./га.

Результаты полевых исследований показали, что общее количество растительных остатков люцерны посевной составляет в 1-й год жизни 0,56-0,76 т/га, во 2-й – 2,90-3,50 т/га, 3-й – 2,56-3,07 т/га. В целом за 3 года исследований с корневыми и поукосными остатками в почву поступало 14,6-14,8 т/га свежего органического вещества. Содержание гумуса в бурой полупустынной почве рисового севооборота после 3-летнего использования этой культуры возрастало в горизонте 0-0,3 м с 1,19 до 1,48-1,49%, в слое 0-0,2 м – с 1,24 до 1,52-1,54%. Такое заметное обогащение почвы гумусом под многолетними травами за сравнительно короткий период объясняется их благоприятным действием и последствием. Безусловно, люцерна посевная, накапливая ценные растительные остатки, – основной источник

положительного баланса и синтеза в почве органического вещества. В то же время важны и специфические условия рисовых полей, в которых происходит гумификация органического вещества. Таким образом, запахивание растительных остатков сопутствующих культур рисового севооборота в поверхностный слой почв рисовых полей вызывает усиление ее биологической активности, повышает доступность растениям риса основных элементов питания, улучшает условия их поглощения и способствует оструктуриванию пахотного слоя.

На формирование структуры бурых тяжелосуглинистых почв рисовых полей и агрономически ценных ее агрегатов большое влияние оказывает корневая система люцерны посевной, которая в процессе вегетации способствует разуплотнению пахотного и подпахотного слоев почвы. За 3 года ее вегетации в структуре почвы преобладали агрономически ценные частицы с малым количеством пыли и очень высокой водопрочностью. С корневыми и пожнивными остатками рапса ярового и горчицы сарептской поступало до 4,2 т/га органической биомассы, что обеспечивает повышение содержания питательных веществ: азота – на 87-96 кг/га, фосфора – на 52-67 кг/га, калия – на 64-72 кг/га. Запахивание растительных остатков позволяет увеличить содержание гумуса на 15-18%. Улучшается структура и водно-физические свойства почвы: коэффициент структурности почвы возрос с 0,81 до 1,72, а плотность сложения уменьшилась с 1,32 до 1,23 т/м³. Возделывание сопутствующих культур в рисовом севообороте положительно влияет на показатели плодородия бурой полу-пустынной почвы.

Литература.

1. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Адыев С.Б., Кониева Г.Н., Ниджляева И.А. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности / Монография. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012 – 224 с.
2. Яковлева Л.Т. Агротелиоративная эффективность сопутствующих культур рисового севооборота в условиях Сарпинской низменности / Канд. дисс. – Волгоград, 1973. – 180 с.
3. Дубенок Н.Н., Заяц О.А., Стрижакова Е.А. Минеральное питание гречихи как фактор эффективного использования влаги в рисовых чеках // Плодородие. – 2016. – № 1(88). – С. 38-40.
4. Щащенко В.Ф., Нестеренко В.Т. Люцерна и промежуточные культуры в рисовых севооборотах / Краснодар: Кн. изд-во, 1980. – 114 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв / 3-е изд. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Воеводина Л.А. Структурное состояние черноземов обыкновенных в орошаемых и неорошаемых условиях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. –

- № 2(22). – С. 41–55. – Режим доступа: http://rosniptm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf.
7. Щедрин В.Н., Васильев С.М. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.
 8. Дедова Э.Б., Адьяев С.Б. Мелиорирующая роль сопутствующих культур рисовых севооборотов Калмыкии // Плодородие – 2007. – №4 (37). – С 44-45.
 9. Бородычев В.В., Дубина Е.А. Эффективность использования влагозапасов посевами ярового рыжика в рисовых чеках // Природообустройство. – 2011. – №1. – С. 49-53.
 10. Кониева Г.Н., Смыков А.В., Оконов М.М., Дедова Э.Б. Опыт возделывания сопутствующих культур в рисовых севооборотах «Харада». // Сб. науч. тр. молодых ученых, аспирантов студентов Калмыцкого государственного университета. – Элиста, 2004. – С. 32-33.
 11. Мелихов В.В., Попов А.В. Технология возделывания сафлора красильного в рисовых агроландшафтах Сарпинской низменности // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №2 – С. 21-25.
 12. Дедова Э.Б., Сазанов М.А., Сазанова В.А. Агроландшафтная роль подсолнечника в рисовых севооборотах Калмыкии / Материалы международной научно-практической конференции «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур» – Рязань, 2013. – С. 115-117.
 13. Шуравилин А.В., Дедова Э.Б., Адьяев С.Б., Ниджляева И.А. Агроландшафтная оценка ярового рапса как предшественника основной культуры рисового севооборота // Агро XXI. – 2011. – №4-6. – С. 32-34.
 14. Юркин С.Н. Баланс азота, фосфора, калия в условиях интенсификации земледелия. – М., 1975. – 106 с.
 15. Варюшкина Н.М. Сравнительное изучение превращения азота бесподстилочного навоза и сернокислого аммония // Агрохимия. – 1974. – № 10. – С. 16-23.

Поступила в редакцию 11.04.18

Принята к публикации 17.05.18