

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

ГРНТИ 68.31.21; 87.15.19

DOI: 10.51886/1999-740X_2025_4_5

Ж. Оспанбаев^{1,2}, А.С. Досжанова^{1*}, А.С. Сембаева^{1,2}, К.А. Мырзабек¹,**Н.А. Сатуллаев¹****ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЧАРА НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ
ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА**¹НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан, *e-mail: ainurdoszhanova@mail.ru²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», 040909, Алматинская область, Алмалыбак,
ул. Ерлепесова, 1, Казахстан

Аннотация. В статье приведены результаты полевых исследований по изучению влияния различных доз березового биочара на агрофизические и агрохимические свойства деградированных орошаемых рисово-болотных почв Акдалинского массива орошения юго-востока Казахстана. Применение биочара в зависимости от доз внесения способствует повышению урожайности сои на 0,16-1,48 т/га или на 10-96%, риса на 0,17-0,97 т/га или на 6-36%, яровой пшеницы на 0,05-1,8 т/га или 2-65%. В целом за 3 года применение биочара обеспечило получение 1,34-3,68 тонн дополнительного зерна риса, пшеницы и сои в суммарном виде. Внесение под основную обработку почвы биочара в дозах 15-20 т/га способствует улучшению объемной массы, повышению содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы.

Ключевые слова: рисово-болотные почвы, биочар, орошаемое земледелие, рис, яровая пшеница, соя, засоление, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Результаты ежегодного мониторинга орошаемых земель, проводимого гидрогеолого-мелиоративными экспедициями, показывают, что в настоящее время более 50% орошаемых земель имеют различную степень засоления и более 30% являются солонцеватыми. В то же время огромные объемы дренажно-сбросных и сточных вод, формирующихся на орошаемых землях и в населенных пунктах (до 10-30%), загрязняют водные источники и ухудшают эколого-мелиоративную обстановку поливных земель и прилегающих территорий [1].

Исследования по изучению биочара в Казахстане единичны, они касались в основном исследований по реабилитации загрязненных тяжелыми металлами почв горнометаллургических предприятий города Риддер Восточно-Казахстанской области [2]. Результаты исследования, проведенные на пло-

дородных темно-каштановых почвах, показали достаточно высокую эффективность применения биоугля под овощные культуры [3].

Однако, до сих пор целенаправленных исследований по изучению эффективности биочара под основные полевые культуры орошаемой зоны Казахстана не проводилось, не выявлены его мелиоративные качества для восстановления деградированных малоплодородных земель юга и юго-востока Казахстана, в частности обыкновенные сероземы с близким залеганием галечников, такыровидные почвы, которые характеризуются очень низким содержанием органического вещества (менее 1%).

Связь между свойствами биочара и его функцией в качестве улучшителя почв хорошо иллюстрируется соотношением между влагоудерживающей способностью почв и пористостью биочара. Повышенная пористость биочара

увеличивает водоудерживающую способность, в зависимости от исходного сырья биочара, типа почвы и скорости смешивания [4, 5]. Способность биочара повышать водоудерживающую способность почвы, имеет большое значение для районов, подверженных засухе [6]. Другие исследования положительно связывают применение биочара с повышенной влагоудерживающей способностью почвы [7-9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение действия и последствий различных доз внесения биочара на агрофизические и агрохимические свойства рисово-болотных почв и особенности формирования урожая риса, сои и яровой пшеницы осуществлялось путем закладки и проведения полевых опытов и лабораторных исследований. Полевые опыты заложены на полях ТОО «Агрофирма Бірлік» Балхашского района Алматинской области.

Объектами исследований были основные культуры орошаемой зоны юго-востока Казахстана: рис, пшеница и соя.

Полевой опыт закладывался по следующей схеме: пять доз биочара из расчета в т/га: 0; 5; 10; 15; 20.

Эффективность доз биочара изучалась на трех культурах: 2022 год – соя, сорт Жансая (действие биочара первого года); 2023 год – рис, сорт Регул (последствие биочара второго года); 2024 год – яровая пшеница, сорт Казахстанская 10 (последствие третьего года).

Площадь делянок 30 м² (длина 10 м, ширина 3 м), повторность опыта - трехкратная. Защитные полосы 350 м. Общая площадь составляет 800 м².

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проведены в основные фазы вегетации по методике Госкомиссии по сортоиспытанию [10, 11].

Отбор образцов для изучения содержания питательных элементов в почве и растениях проводился по основ-

ным фазам роста и развития изучаемых культур. В научно-исследовательской работе применялись следующие методики исследований почв: общий гумус определялся по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова [12]; лабильный гумус по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [13]; легкогидролизуемый азот определялся по методу И. Тюрина и Н. Кононовой [14]; нитратный азот – ионометрическим методом [15]; подвижный фосфор и обменный калий по методу Б.П. Мачигина в модификации ЦИНАО [16]; Засоленность определялась по плотному остатку водной вытяжки – ГОСТ 26423-85 – ГОСТ 26428-85. Метод определения катионно-анионного состава водной вытяжки почвы. Определение объемной массы проводился по методу Качинского Н. А. Структурный анализ (сухое и мокрое просеивание по Н. И. Саввинову проводили в лаборатории.

Перед уборкой урожая с трех повторностей опыта отбирались растительные образцы для определения основных элементов структуры урожая.

Учет урожая проводился поделочно прямым комбайнированием и методом пробных площадок. Обработка урожайных данных проводилась по методике Доспехова [17].

Биочар вносили вручную осенью под отвальную вспашку на глубину 20-22 см (рисунок 1). В качестве биочара использовался древесный уголь из березы *Betula alba* со следующими характеристиками: содержание углерода 88%; пористость 80%; плотность 0,38 г/см³.

Удобрение (аммофос с N – 12%, P₂O₅ – 46%) вносили 100 кг/га одновременно при посеве изучаемых культур малогабаритной сеялкой Vtnce-Tudo-7500. Полив произведен микродисперсным дождеванием. В опытах применялась рекомендуемая агротехника для изучаемых культур.



Рисунок 1 - Внесение биочара под отвальную вспашку

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Климат Акдалинского массива резко континентальный с большой разницей температур дня и ночи, лета и зимы, с холодной малоснежной зимой и жарким сухим летом.

Необходимо отметить существенное повышение среднемесячной температуры вегетационного периода за период исследований по сравнению со среднемноголетним показателем. Так, среднемесячная температура вегетационного периода (март-сентябрь) составила в 2022 году $19,3^{\circ}$, в 2023 году $18,8^{\circ}$ и 2024 году $21,3^{\circ}$, против $17,1^{\circ}$ при многолетней норме.

В 2022 году за вегетационный период выпало 355,7 мм осадков, в 2023 году 92,1 мм осадков и в 2024 году 255 мм осадков, при многолетней норме 170 мм.

Рисово-болотные почвы формируются на возвышенных участках равнин под разреженной полынной и солянковой растительностью. Почвообразующие породы - суглинки и супеси. Содержание гумуса в верхнем горизонте низкое, колеблется от 0,4% до 1,6%, мощность его 10-15 см, гранулометрический состав - супесчаный.

Рисово-болотные солонцеватые почвы содержат в верхних горизонтах

большое количество обменного натрия, что определяет их плохие водно-физические свойства. Для профиля всех родов рисово-болотных почв характерно наличие плотной пористой или ноздреватой корки с поверхности мощностью до 6-7 см, обычно разбитой трещинами на полигоны, низкая гумусированность, высокая карбонатность. С глубины 70-100 см часто встречаются погребенные гумусовые горизонты, а также ржавые пятна, образовавшиеся во время пойменной гидроморфной стадии развития почв. Почвообразующими породами для них служат слоистые древнеаллювиальные отложения различного механического состава.

По химизму засоления преобладают хлоридно-сульфатный, содово-сульфатный типы, по степени - среднее и сильное засоление (таблица 1).

Засоление почв на орошаемых землях является динамичным показателем почвенно-мелиоративных условий и обусловлено степенью воздействия ирригационно-хозяйственных факторов и природных условий. Поэтому направленность вторичного засоления почв можно выявлять только на основании длительных периодических наблюдений.

Таблица 1 – Химизм и степень засоления рисово-болотных почв под рисом в разные фазы его развития (слой 0-20 см)

Сроки отбора	Точки отбора образцов	Сумма солей, %	Отношение, мг-экв.			Химизм засоления	Степень засоления
			$\frac{Cl'}{SO_4''}$	$\frac{HCO_3'}{Cl'}$	$\frac{HCO_3'}{SO_4''}$		
28.05.2022	1	0,51	0,17	0,81	0,14	Сульфатный	Средняя
	2	0,62	0,17	1,98	0,34	Содово-сульфатный	Сильная
	3	0,98	0,15	1,17	0,18	Содово-сульфатный	Очень сильная
31.08.2022	1	0,10	-	1,71	-	Сульфатный	-
	2	0,21	1,18	2,48	2,93	Хлоридно-содовый	Средняя
	3	0,32	0,73	1,34	0,98	Содово-сульфатный	Средняя

Интенсивность накопления солей на орошаемых землях зависит от множества факторов. Природные факторы, как климат, рельеф, дренированность территории, засоленность почвообразующих и подстилающих пород и наличие минерализованных грунтовых вод определяют развитие первичного засоления почв. При несоблюдении режима орошения и технологии полива происходит вторичное засоление почв, приводящее к деградации, снижению продуктивности орошаемых земель и ухудшению экологической ситуации на орошаемых землях.

Показатель объемной массы за годы исследований в верхнем горизонте изучаемой почвы (0-10 см) колебался в пределах 0,95-1,17 г/см³, что указывает на низкую и среднюю уплотненность рисово-болотных почв. С глубиной плотность почвы существенно увеличивается, достигая в нижних слоях (20-40 см) 1,49 г/см³ (рисунок 2).

Внесение биочара оказывает существенное влияние на уплотненность пахотного слоя рисово-болотной почвы (0-10 и 10-20 см), особенно в последствии во второй и третий год.

Эффективность биочара в снижении уплотненности рисово-болотной почвы наиболее отчетливо проявляется под культурами риса и яровой пшени-

цы. Так, в пахотном слое (0-10 и 10-20 см) снижение уплотненности почвы от последствий 15-20 т/га биочара составляет под рисом 7-11%, под яровой пшеницей 14-15%, при внесении этих доз биочара под культуру сои, снижение уплотненности почвы составляет 3-10%.

Агрономически ценной являются комковато-зернистая структура с размером агрегатов от 0,25 до 10 мм, обладающих пористостью и водопрочностью. Такая структура обуславливает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы.

Внесение биочара под вспашку способствует улучшению структурного состояния пахотного слоя почвы (рисунок 3). Так, если на контрольном варианте без внесения биочара содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое составило в 2022 году под соей - 57%, в 2023 году под рисом - 44% и в 2024 году под яровой пшеницей - 61%, то на варианте с внесением максимальной дозы биочара (20 т/га) этот показатель достиг соответственно 82%, 68% и 82%, что соответствует хорошему и отличному агрегатному состоянию почвы. При этом в 2022 и 2024 годы эффективность внесения доз биочара 15 и 20 т/га на структурное состояние почвы была примерно равной.

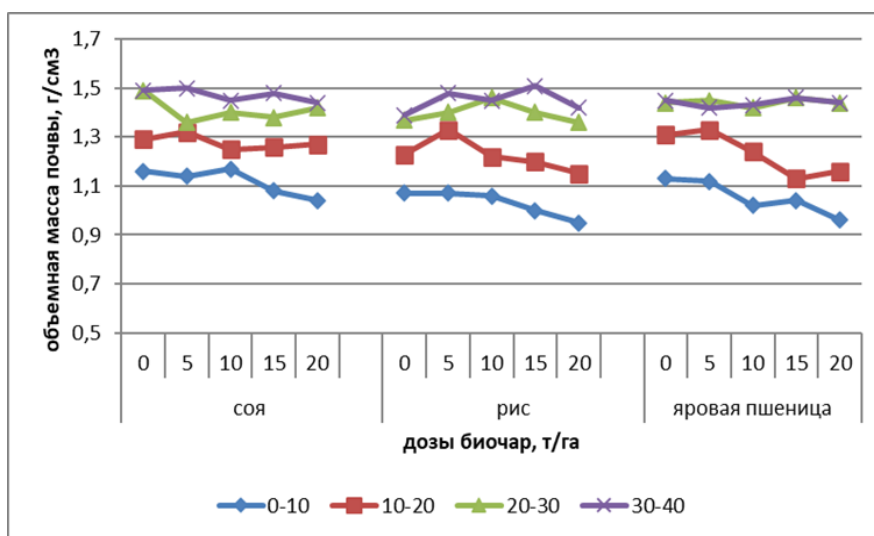


Рисунок 2 – Динамика объемной массы рисово-болотной почвы под посевами сои, риса и яровой пшеницы в зависимости от действия и последействия доз внесения биочара

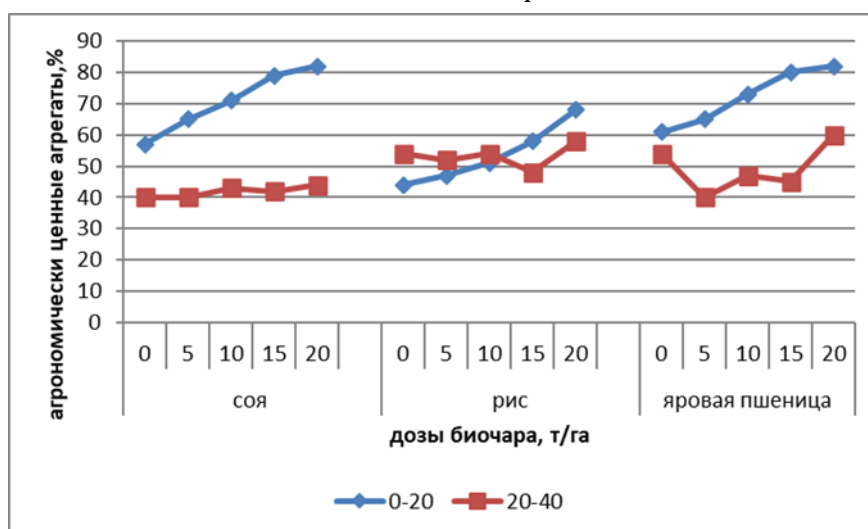


Рисунок 3 – Динамика агрономически ценных агрегатов рисово-болотной почвы под посевами сои, риса и яровой пшеницы в зависимости от действия и последействия доз внесения биочара

Внесение биочара под вспашку не оказывает существенного влияния на структурное состояние подпахотного слоя почвы (20-40 см). Повышение или снижение содержания агрономически ценных агрегатов почвы в этом горизонте почвы не существенно, находится в пределах ошибки опыта.

В наших опытах, как видно из рисунка 4, внесение биочара в дозах 15-20 т/га способствовало повышению содержания водопрочных агрегатов в

пахотном слое. Так, под соей в год действия этот показатель увеличился на 58-63%, под рисом во втором году последействия - на 28-52%, а под яровой пшеницей в третьем году последействия - на 55% по сравнению с контрольным вариантом без внесения биочара. Кроме того, отмечено положительное действие и последействие биочара на содержание водопрочных агрегатов и в подпахотном слое почвы (20-40 см).

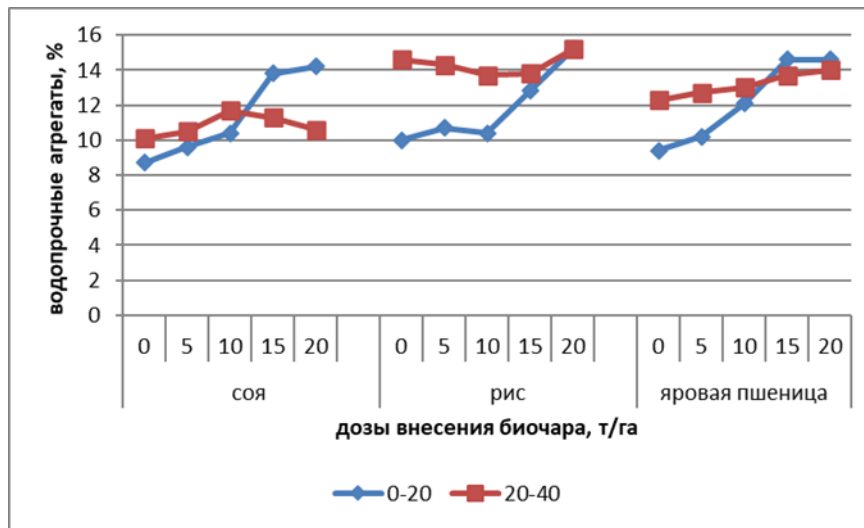


Рисунок 4 – Динамика содержания водопрочных агрегатов под посевами сои, риса и яровой пшеницы, в зависимости от действия и последействия доз внесения биочара

Внесение биочара под вспашку оказывает существенное влияние на содержание органического вещества, что имеет важное значение для восстановления плодородия рисово-болотных почв зоны рисосеяния, бедных органическим веществом. Увеличение содержания гумуса наблюдается преимущественно в пахотном слое этих почв (таблица 2).

При содержании под культурой сои в слое почвы 0-20 см контрольного варианта опыта 0,86% гумуса, на вариантах с внесением 10-20 т/га биочара содержание гумуса достигает 0,90-1,01%, что указывает на достоверное повышение органического вещества.

Тенденции увеличения в подпахотном слое (20-40 см) содержания гумуса на вариантах с внесением высоких доз биочара можно объяснить возможным вымыванием их растворимых частиц в нижние слои почвы.

Что касается лабильного гумуса, его содержание, вопреки ожиданиям, как в пахотном, так и подпахотном слое почвы под культурой сои существен-

ным образом не зависит от действия биочара в год внесения. Отмечается достоверное увеличение его содержания, как в пахотном, так и подпахотном слое почвы от последействия биочара под рисом и яровой пшеницей.

Внесение биочара не оказывает существенного влияния на содержание легкогидролизуемого азота как в прямом действии, так и в последействии. На вариантах с внесением биочара содержание нитратов в слое почвы 0-20 см в год внесения под соей колебалось в пределах 22,3-56,2 мг/кг почвы, против 87,1 на контроле. При этом, чем выше доза внесенного биочара, тем ниже содержание нитратов в пахотном слое почвы под посевами сои. Содержание подвижного фосфора в почве не зависело существенно от внесения биочара. В то же время отмечено уменьшение обменного калия в рисово-болотной почве на вариантах с внесением биочара - наиболее существенно на вариантах с внесением высоких его доз при возделывании сои и риса.

Таблица 2 – Агрохимические свойства почв под посевами сои, риса и яровой пшеницы в зависимости от сроков и доз внесения биочара

Дозы внесения биочара	Глубина, см	Общий гумус, %	Лабильный гумус, мг/кг	Легко-гидролизуемый азот, мг/кг	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Соя (2022 действие биочара - первый год)							
0	0-20	0,86±0,05	196±10	92,4±6,4	87,1±3,9	21,4±1,2	320±15
	20-40	0,62±0,03	182±11	75,6±3,0	45,7±2,1	20,3±1,3	227±12
5 т/га	0-20	0,87±0,03	203±12	90,6±4,5	56,2±2,5	20,6±1,4	300±16
	20-40	0,61±0,03	174±14	82,3±4,9	30,2±1,2	20,2±0,8	212±10
10 т/га	0-20	0,90±0,05	206±14	85,4±3,8	40,4±2,0	20,4±1,5	251±10
	20-40	0,60±0,02	185±7	70,3±3,9	17,7±0,7	22,1±1,1	180±9
15 т/га	0-20	0,94±0,05	208±19	72,8±2,7	36,6±2,2	23,7±1,8	191±8
	20-40	0,68±0,02	177±12	67,2±3,0	21,8±1,1	18,8±0,8	191±9
20 т/га	0-20	1,01±0,06	212±16	95,3±6,6	22,3±1,1	23,4±1,8	164±10
	20-40	0,73±0,02	189±11	74,2±3,3	15,2±0,7	19,2±0,6	144±7
Рис (2023 последствие биочара - второй год)							
0	0-20	0,82±0,05	154±6	76,6±3,5	71,2±2,6	32,3±2,0	256±9
	20-40	0,64±0,04	143±6	63,7±2,2	54,4±2,4	24,2±0,8	201±6
5 т/га	0-20	0,78±0,04	167±6	80,4±3,1	76,6±2,8	30,0±1,3	243±11
	20-40	0,66±0,03	159±5	52,3±4,2	43,2±1,6	20,8±0,9	188±8
10 т/га	0-20	0,88±0,03	167±10	69,6±3,5	70,3±3,2	30,1±2,2	266±15
	20-40	0,70±0,06	160±11	50,4±2,1	36,7±1,7	25,5±1,3	200±10
15 т/га	0-20	0,92±0,06	206±12	72,4±4,3	32,4±1,4	33,4±2,4	217±9
	20-40	0,73±0,06	172±12	78,0±4,1	30,9±1,0	27,2±1,1	228±12
20 т/га	0-20	1,05±0,08	208±14	63,2±2,1	34,3±1,5	35,2±2,0	239±12
	20-40	0,72±0,04	183±10	60,6±2,7	41,2±2,1	20,6±0,8	188±9
Яровая пшеница (2024 последствие биочара - третий год)							
0	0-20	0,73±0,04	164±8	73,4±2,9	46,2±2,1	30,1±2,2	300±17
	20-40	0,54±0,03	168±8	54,2±2,1	57,3±2,8	22,5±1,5	224±12
5 т/га	0-20	0,80±0,04	182±8	69,5±3,6	50,2±3,3	33,6±1,3	286±12
	20-40	0,61±0,02	156±6	60,6±2,1	61,4±3,0	22,9±1,0	235±9
10 т/га	0-20	0,96±0,06	178±6	66,2±2,0	42,9±1,3	28,3±1,7	290±14
	20-40	0,66±0,03	162±4	52,1±2,8	56,6±2,4	25,6±1,7	252±11
15 т/га	0-20	0,93±0,05	170±5	70,3±3,3	47,7±2,1	30,1±1,2	305±15
	20-40	0,58±0,02	142±3	63,6±3,9	52,2±3,3	22,0±0,8	240±9
20 т/га	0-20	0,98±0,05	193±7	58,4±3,3	50,3±1,4	33,3±2,0	287±16
	20-40	0,74±0,05	154±4	52,2±2,2	65,9±2,5	21,6±1,1	259±12

Внесение под основную обработку почвы биочара в дозах 15-20 т/га способствует улучшению объемной массы, повышению содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов пахотного слоя почвы. Наблюдается существенное увеличение содержания лабильного гумуса, подвижного фосфора. Улучшение агрофизических и агрохимических свойств деградирован-

ных почв, в конечном счете, приводит к повышению продуктивности культур рисового севооборота за счет действия и последствия вносимого биочара под отвальную вспашку. Урожайность риса и яровой пшеницы повышается в основном за счет повышения продуктивности кущения, сои – дополнительного бобообразования (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность культур при капельном орошении в зависимости от способов и доз внесения биочара

Дозы внесения биочара	Урожайность, т/га			Сумма урожая культур за 3 года, т/га	± прибавка
	соя	рис	яровая пшеница		
Без биочара (контроль)	1,54	2,73	2,76	7,03	-
Биочар 5 т/га	1,77	2,45	2,81	7,03	-
Биочар 10 т/га	2,03	2,90	3,44	8,37	+1,34
Биочар 15 т/га	3,06	3,64	3,87	10,57	+3,54
Биочар 20 т/га	3,02	3,63	4,06	10,71	+3,68
НСР _{0,05} , т/га	0,21	0,36	0,52		

Как видно из данных таблицы 4, применение биочара в зависимости от доз внесения способствует повышению урожайности сои на 0,16-1,48 т/га или на 10-96%, риса шалы на 0,17-0,97 т/га или на 6-36%, яровой пшеницы на 0,05-1,8 т/га или 2-65%. В целом за 3 года применение биочара обеспечивает получение 1,34-3,68 т дополнительного зерна риса, пшеницы и сои в суммарном виде (таблица 4).

Таблица 4 – Структура урожая зерновых культур в зависимости от способов и доз внесения биочара

Дозы внесения биочара, т/га	Количество растений, шт/м ²		Продуктивная кустистость		Озерненность, шт		Масса 1000 зерен, г	
	рис	яровая пшеница	рис	яровая пшеница	рис	яровая пшеница	рис	яровая пшеница
0	152±8	186±13	1,64±0,10	1,42±0,09	45±3	35±3	32,1±1,6	34,5±1,0
5	165±11	204±15	1,78±0,10	1,50±0,10	46±3	35±3	30,9±1,0	33,3±1,0
10	143±9	177±12	1,88±0,09	1,63±0,11	49±3	39±4	34,2±1,5	34,0±1,3
15	160±10	196±12	2,01±1,11	1,77±0,11	43±2	39±3	37,8±1,7	34,9±1,3
20	158±7	188±12	1,82±0,09	1,64±0,08	41±2	40±5	40,0±1,9	34,5±1,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо провести дополнительные исследования по изучению влияния различных доз биочара на качество почв и сохранение влаги.

В засушливых регионах необходимы испытания, включающие воздейст-

вие различных размеров и скоростей биочара, чтобы помочь сбалансировать полезность этого потенциального источника органического вещества почвы без какого-либо негативного побочного эффекта, такого как повышенная засоленность почвы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена по проекту: «Агробиологические исследования по изучению аэробного риса для внедрения в культуру орошаемого земледелия Казахстана», ИРН AP19676592.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саркулова Ж.С. Влияние горнометаллургических предприятий на почвенно-экологические функции и методы реабилитации загрязненных почв г. Риддер ВКО: дис. ... доктора философии (PhD). – Алматы, 2019. – 144 с.
2. Керимкулова М.Р., Мансуров А., Ошакбаева Ж.О., Наушабаев А.Х., Керимкулова А.Р. Синтез, свойства и применение биоугля// Химический журнал Казахстана. – 2017. – № 4. – С. 189–196.
3. Smith, P.; Gregory, P.J. Climate change and sustainable food production// Proc. Nutr. Soc. – 2013. – Vol. 72. – P. 21–28.
4. Zhang J., You C. Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars. EnergyFuels// Energy Fuels. – 2013. – Vol. 27. – P. 2643–2648.
5. Akhtar S.S., Li G., Andersen M.N., Liu F. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation// Agric. Water Manag. – 2014. – Vol. 138. – P. 37–44.
6. Kinney T.J., Masiello C.A., Dugan B., Hockaday W.C., Dean M.R., Zygourakis K., Barnes R.T. Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures// Biomass Bioenergy. – 2012. – Vol. 41. – P. 34–43.
7. Gray M., Johnson M., Dragila M.I., Kleber M. Water uptake in biochars: The roles of porosity and Hydrophobicity// Biomass Bioenergy. – 2014. – Vol. 61. – P. 196–205.
8. Montanarella L., Lugato E. The Application of Biochar in the EU: Challenges and Opportunities, Review// Agronomy. – 2013. – P. 462–473.
9. Field J.L., Keske C.M., Birch G.L., Defoort M.W., Cotrufo M.F. Distributed biochar and bioenergy coproduction: a regionally specific case study of environmental benefits and economic impacts// GCB Bioenergy. – 2013. – Vol. 5. – P. 177–191.
10. Glover J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J., Brummer E.C., Buckler, E.S., Cox C.M., Cox T.S., Crews T.E., Culman S.W. et al. Increased food and ecosystem security via perennial grains// Science. – 2010. – Vol. 328. – P. 1638–1639.
11. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Алматы, 2002. – 378 с.
12. Руководство по контролю и обработке наблюдений за фазами развития сельскохозяйственных культур. – 1982. – 150 с.
13. Наследие И.В. Тюрина в современных исследованиях в почвоведении: материалы Международной научной конференции (Казань, 15–17 октября 2013 г.). – Казань : Изд-во «Отечество», 2013. – 171 с.
14. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
15. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.
16. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Sarkulova Zh. S. Vlijanie gornometallurgicheskikh predpriyatij na pochvenno-jekologicheskie funkicii i metody rehabilitacii zagrjaznennyh pochv g. Ridder VKO: dissertacija na soiskanie stepeni doktora filosofii (PhD). – Almaty, 2019. – 144 s.
2. Kerimkulova M.R., Mansurov A., Oshakbaeva Zh.O., Naushabaev A.H., Kerimkulova A.R. Sintez, svojstva i primenenie biouglja// Himicheskij zhurnal Kazahstana. – 2017. – № 4. – S. 189–196.

3. Smith, P.; Gregory, P.J. Climate change and sustainable food production// Proc. Nutr. Soc. – 2013. – Vol. 72. – P. 21–28.
4. Zhang J., You C. Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars// Energy Fuels. – 2013. – Vol. 27. – P. 2643–2648.
5. Akhtar S.S., Li G., Andersen M.N., Liu F. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation// Agric. Water Manag. – 2014. – Vol. 138. – P. 37–44.
6. Kinney T.J., Masiello C.A., Dugan B., Hockaday W.C., Dean M.R., Zygourakis K., Barnes R.T. Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures// Biomass Bioenergy. – 2012. – Vol. 41. – P. 34–43.
7. Gray M., Johnson M., Dragila M.I., Kleber M. Water uptake in biochars: The roles of porosity and Hydrophobicity// Biomass Bioenergy. – 2014. – Vol. 61. – P. 196–205.
8. Montanarella L., Lugato E. The Application of Biochar in the EU: Challenges and Opportunities// Agronomy. – 2013. – P. 462–473.
9. Field J.L., Keske C.M., Birch G.L., Defoort M.W., Cotrufo M.F. Distributed biochar and bioenergy coproduction: a regionally specific case study of environmental benefits and economic impacts// GCB Bioenergy. – 2013. – Vol. 5. – P. 177–191.
10. Glover J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J., Brummer E.C., Buckler, E.S., Cox C.M., Cox T.S., Crews T.E., Culman S.W. et al. Increased food and ecosystem security via perennial grains// Science. – 2010. – Vol. 328. – P. 1638–1639.
11. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Almaty, 2002. – 378 s.
12. Rukovodstvo po kontrolju i obrabotke nabljudenij za fazami razvitija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. – 1982. – 150 s.
13. Nasledie I.V. Tjurina v sovremennyh issledovanijah v pochvovedenii: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Kazan', 15-17 oktjabrja 2013 g.). – Kazan': Izd-vo - Otechestvo.- 2013. – 171 s.
14. GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredelenija organicheskogo veshhestva.
15. GOST 26951-86. Pochvy. Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom.]
16. GOST 26205-91. Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kalija po metodu Machigina v modifikacii CINAО.
17. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

ТҮЙІН

Ж. Оспанбаев^{1,2}, А.С. Досжанова^{1*}, А.С. Сембаева^{1,2}, К.А. Мырзабек¹,

Н.А. Сатуллаев¹

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ТОЗҒАН СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДЕ
БИОЧАР ЕНГІЗУДІҢ ТИІМДІЛІГІ

¹«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, 050010, Алматы,
Абай даңғылы, 8, Қазақстан, *e-mail: ainurdoszhanova@mail.ru

²«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС, 040909, Алматы облысы, Алмалыбақ, Ерленесов көшесі, 1, Қазақстан

Мақалада Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Ақдала суармалы массивінің тозған күріш-батпақты топырақтарының агрофизикалық және агрохимиялық қасиеттеріне қайың биочарының әртүрлі дозаларының әсерін зерттеу бойынша далалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Қолдану дозаларына байланысты биочарды қолдану майбұршақ өнімділігін 0,16-1,48 т/га немесе 10-96%-ға, күрішті 0,17-0,97 т/га немесе 6-36% - ға,

жаздық бидайды 0,05-1,8 т/га немесе 2-65% - ға арттыруға ықпал етті. Жалпы, 3 жыл ішінде биочарды қолдану 1,34-3,68 тонна қосымша күріш, бидай және майбұршақ дәндерін жиынтық түрінде алуды қамтамасыз етті. Топырақты негізгі өңдеу кезінде биочарды 15-20 т/га дозада енгізу топырақтың көлемдік массасының жақсаруына, топырақ қабатының агрономиялық құнды және су өткізгіш агрегаттарының құрамын арттыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: күріш-батбақты топырақ, биочар, суармалы егіншілік, күріш, жаздық бидай, майбұршақ, тұздану, өнімділік.

SUMMARY

Zh. Ospanbayev^{1,2}, A.S. Doszhanova^{1*}, A.S. Sembayeva^{1,2}, K.A. Myrzabek¹, N.A. Satullayev¹
EFFECTIVENESS OF BIOCHAR ON DEGRADED IRRIGATED SOILS IN SOUTHEAST
KAZAKHSTAN

¹*Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Abay st. 8,
Kazakhstan, *e-mail: ainurdoszhanova@mail.ru*

²*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, 040909, Almaty region,
Almalybak, Yerlepesova st. 1, Kazakhstan*

The article presents the results of field studies on the effect of various doses of birch biochar on the agrophysical and agrochemical properties of degraded irrigated rice-march soil of the Akdalinsky irrigation massif of southeastern Kazakhstan. The use of biochar, depending on the application doses, increases the yield of soybeans by 0.16-1.48 t/ha or by 10-96%, rice by 0.17-0.97 t/ha or by 6-36%, spring wheat by 0.05-1.8 t/ha or 2-65%. In general, over 3 years, the use of biochar provides 1.34-3.68 tons of additional grains of rice, wheat and soybeans in total. The introduction of biochar in doses of 15-20 t/ha for basic tillage helps to improve the bulk, increase the content of agronomically valuable and durable aggregates of the arable soil layer.

Keywords: rice-marsh soils, biochar, irrigated agriculture, rice, spring wheat, soybeans, salinization, yield.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Оспанбаев Жумагали - главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6570-8339>, e-mail: zhumagali@mail.ru

2. Досжанова Айнур Серикбайкызы - ассоциированный профессор кафедры «Агрономии, селекции және биотехнологии», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9157-1022>, e-mail: ainurdoszhanova@mail.ru

3. Сембаева Айзада Сансызбаевна - научный сотрудник, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5808-0080>, e-mail: sembaeva.a84@mail.ru

4. Мырзабек Карима Аймаханқызы - ассоциированный профессор кафедры «Агрономии, селекции и биотехнологии», кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-2888-813X>, e-mail: myrzabek.karima@yandex.ru

5. Сатуллаев Нурсултан Асетуллаевич - магистрант кафедры «Агрономии, селекции и биотехнологии», ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0588-6659>, e-mail: satullaevnursultan945@gmail.com