

УДК 631.582

UDC 631.582

4.1.1 Общее земледелие, растениеводство
(биологические науки, сельскохозяйственные науки)

4.1.1 General agriculture, plant growing (Biological sciences)

ПРИЧИНЫ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

CAUSES OF DEGRADATION OF SOIL FERTILITY IN THE ASTRAKHAN REGION AND WAYS TO SOLVE THEM

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна

к.с.-х.н., доцент

РИНЦ SPIN-код: 7861-5771

arman.bisalieva2012@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук", Астраханская область, Россия

Aitpaeva Aigul Aldungarovna

Cand.Agric.Sci., associate professor

RSCI SPIN-code:7861-5771

arman.bisalieva2012@yandex.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Astrakhan oblast, Russia

Бисалиев Арман Азаматович

Аспирант по специальности 4.1.1. «Общее

земледелие, растениеводство

SPIN-код: 6085-4671, AuthorID: 1293337

bisalieva98@mail.com

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева

Bisalieva Arman Azamatovich

Postgraduate student in specialty 4.1.1. "General agriculture, crop production"

RSCI SPIN-code: 6085-4671, AuthorID: 1293337

bisalieva98@mail.com

Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev», Astrakhan, Russia

Стрелков Сергей Петрович

к.б.н., доцент

Scopus Author ID: 649227

РИНЦ SPIN-код: 6897-4284

sf.dekanat@mail.ru

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Астрахань, Россия

Strelkov Sergey Petrovich

Cand.Biol.Sci., Associate Professor

Scopus Author ID: 649227

RSCI SPIN-code: 6897-4284

sf.dekanat@mail.ru

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

Петров Роман Андреевич

SPIN-код: 5528-5513, AuthorID: 1062195

tottenham@bk.ru

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Астрахань, Россия

Petrov Roman Andreevich

RSCI SPIN-code: 5528-5513, AuthorID: 1062195

tottenham@bk.ru

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

Кондрашин Кирилл Геннадьевич

astrakhan_kirill@mail.ru

Scopus Author ID: 821040

РИНЦ SPIN-код: 2994-3840

astrakhan_kirill@mail.ru

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Астрахань, Россия

Kondrashin Kirill Gennadievich

Scopus Author ID: 821040 RSCI SPIN-code: 2994-3840

astrakhan_kirill@mail.ru

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

Лепихов Егор Анатольевич

Аспирант по специальности 4.1.1. «Общее земледелие, растениеводство

SPIN-код: 6851-6020, AuthorID: 1294629

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева

Lepikhov Egor Anatolievich

Postgraduate student in specialty 4.1.1. "General agriculture, crop production"

RSCI SPIN-code: 6851-6020, AuthorID: 1294629

Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev», Astrakhan, Russia

Цель исследований – установить закономерности деградации почв в аридной зоне и обосновать пути их решения. Полевой опыт проведён в 2008–2022

The aim of the study was to establish patterns of soil degradation in the arid zone and substantiate solutions to address them. A field experiment was conducted in

гг. в Харабалинском районе Астраханской области. 2008–2022 in the Kharabalinsky District of the Astrakhan Region. Three rotations of a five-field crop rotation were studied: three potato fields and two fallow fields. The replication was fourfold, and the plot area was 50 m². Statistical processing was performed using analysis of variance (B.A. Dospekhov) with the determination of HSR₀₅ (least significant difference at the 5% significance level). Results. Under potato monoculture, the yield decreased annually by 10–12%. A significant yield reduction was observed starting from the second rotation (HSR₀₅ = 5.4 t/ha). Over three rotations, the humus content decreased from 0.90% to 0.65%. To stabilize soil fertility in the arid zone, scientifically based crop rotation and the elimination of potato monocropping are necessary

гг. в Харабалинском районе Астраханской области. Изучали три ротации пятипольного севооборота: три поля картофеля, два поля залежи. Повторность четырёхкратная, учётная площадь делянки – 50 м². Статистическую обработку выполняли методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов) с определением НСР₀₅. Результаты. При монокультуре картофеля урожайность ежегодно снижалась на 10–12%. Достоверное снижение урожайности наблюдалось со второй ротации (НСР₀₅ = 5,4 т/га). За три ротации содержание гумуса уменьшилось с 0,90% до 0,65%. Для стабилизации плодородия в аридной зоне необходимо научно обоснованное чередование культур в севообороте и исключение монопосадок картофеля

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, СЕВООБОРОТ, ЗАЛЕЖЬ, УРОЖАЙНОСТЬ, ГУМУС

Keywords: POTATO, CROP ROTATION, FALLOW LAND, YIELD, HUMUS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-220-001>

1. ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время в Астраханской области из 277 тыс. га пахотных земель используется всего 128 тыс. га (менее 50%). На значительных площадях распространена водная и ветровая эрозия, наблюдаются процессы дегумификации, опустынивания и отрицательного баланса гумуса [6]. Причины деградации пахотных земель во многом связаны с преобладанием монокультуры картофеля, разрушением структуры научно-обоснованных севооборотов, интенсификацией земледелия [3, 12]. В связи с этим основными путями выхода из кризиса являются адаптивно-ландшафтные системы земледелия с зональным районированием сельскохозяйственных культур и сбалансированностью их по структуре посевных площадей [4, 7, 8].

Цель исследований – установить закономерности деградации почв в аридной зоне и обосновать пути их решения. Задачи: оценить динамику почвенного плодородия в регионе, обозначить причины деградации почв, разработать мероприятия по стабилизации ситуации.

2. МЕТОДЫ. Исследования выполнялись в 2008–2022 гг. в Харабалинском районе Астраханской области. Климат резко континентальный, аридный. Объект – монокультура картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Импала. Севооборот пятипольный: 60% картофель,

40% залежь. Повторность четырёхкратная, учётная площадь делянки 50 м². Агротехника – общепринятая для орошаемых условий Нижнего Поволжья. Статистическая обработка выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2] с вычислением НСР₀₅.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ. Посадка раннего сорта Импала проводилась в первой декаде апреля при достижении температуры почвы на глубине 0,06–0,08 м значения 5–6 °С. Фенологические фазы развития культуры распределялись следующим образом: всходы появлялись через 14 суток после посадки; бутонизация наступала спустя 20 суток после появления всходов; цветение начиналось через 14 суток после бутонизации и продолжалось в течение 14 суток; увядание ботвы отмечалось через 12 суток после окончания цветения. По мере увядания ботвы проводился сбор урожая картофеля. Общая продолжительность вегетационного периода от всходов до увядания ботвы составляла 60 суток. В ходе исследования биометрических показателей сорта картофеля «Импала» установлено, что в среднем за рассматриваемый период при освоении трех ротаций севооборота наблюдались следующие параметры: высота растений — 0,70 м, количество основных стеблей — 4,5 шт. на одно растение, масса ботвы — 700 г. Анализ таблицы 1 продемонстрировал ежегодное снижение урожайности картофеля на 10...12% при его монокультуре.

Таблица 1 - Урожайность товарных клубней картофеля, т/га и содержание в продукции обменной энергии, МДж/га, (среднее за ротацию)

Вариант	Первая ротация (2008...2012 гг.)		Вторая ротация (2013...2017 гг.)		Третья ротация (2018...2022 гг.)	
	урожайн ость, т/га	обменная энергия, МДж	урожайн ость, т/га	обменная энергия, МДж	урожайн ость, т/га	обменная энергия, МДж
Поле 1. Картофель	27	94500	30	105000	24	84000
Поле 2. Картофель	24	84000	27	94500	22	77000
Поле 3. Картофель	21	73500	23	80500	20	70000
Поле 4. Залежь						
Поле 5. Залежь		252000		280000		231000
НСР₀₅	4,2	—	5,4	—	4,4	

Примечание: различия между полями во второй и третьей ротациях достоверны (фактическая разность 2–3 т/га > НСР₀₅ во второй ротации).

Исследования подтверждают наличие тесной прямой связи между содержанием гумуса и питательных веществ в почве (таблица 2).

Таблица 2 - Изменение почвенных характеристик при освоении севооборотов

Севооборот	Содержание гумуса, %	Сухой остаток водной вытяжки, %	Актуальная кислотность pH	Гидролизуемый азот, мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг
До начала реализации севооборотов						
Исходное состояние	0,90	0,090	8,20	51,0	50,0	260
После окончания первой ротации						
Севооборот (Картофель, картофель, картофель, залежь, залежь)	0,82	0,093	8,25	49,0	49,0	253
После окончания второй ротации						
Севооборот (Картофель, картофель, картофель, залежь, залежь)	0,73	0,097	8,30	47	48,0	247
После окончания третьей ротации						
Севооборот (Картофель, картофель, картофель, залежь, залежь)	0,65	0,100	8,35	45	47,0	240

Исследования показали, что севооборот с монокультурой картофеля характеризовался низким запасом легкодоступного азота. Система работала на "вынос" без достаточного восполнения. Микробиологическая активность была угнетена из-за плохих физических свойств. При его освоении наблюдался устойчивый и значительный дефицит гумуса (-5.4...-6.6 т/га за ротацию). Минерализация (разложение) гумуса (8.4-10.3 т/га) в 2.5-3.5 раза превышала его новообразование из растительных остатков (3.0-3.7 т/га).

Причина этого - недостаточный возврат в почву органического вещества. Севооборот, включал картофель с малым количеством корневых остатков (таблица 3).

Таблица 3 -Баланс гумуса в серо-бурой почве при освоении севооборота с монокультурой картофеля

Ротации севооборота	Поступило в почву растительных остатков, т/га	Образование гумуса из растительных остатков, т/га	Минерализация гумуса за ротацию, т/га	Баланс гумуса, т/га	Количество органических удобрений (навоза), необходимых для бездефицитного баланса, т/га
Первая ротация	33.0	3.3	9.2	-5.9	39.0
Вторая ротация	37,0	3,7	10,3	-6,6	43,9
Третья ротация	30.0	3,0	8,4	-5,4	35,8

Для поддержания плодородия требовалось систематическое внесение высоких доз органических удобрений (36-44 т/га за ротацию, или 7-9 т/га в среднем за год).

Для прогнозирования динамики изменения содержания гумуса в пахотном слое почвы использовали метод экономико-математического моделирования на основе корреляционно-регрессионного анализа.

С целью определения параметров регрессии сформировали расчетную таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетная таблица для определения динамики изменения процентного содержания гумуса (севооборот: 3 поля картофеля, 2 поля залежи)

x (год)	y (содержание гумуса в пахотном слое почвы, %)	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	0.9	1	0.81	0.9
2	0.88	4	0.7744	1.76
3	0.87	9	0.7569	2.61
4	0.85	16	0.7225	3.4
5	0.83	25	0.6889	4.15
6	0.81	36	0.6561	4.86
7	0.79	49	0.6241	5.53
8	0.77	64	0.5929	6.16
9	0.75	81	0.5625	6.75
10	0.73	100	0.5329	7.3
11	0.71	121	0.5041	7.81
12	0.69	144	0.4761	8.28
13	0.68	169	0.4624	8.84
14	0.66	196	0.4356	9.24
15	0.65	225	0.4225	9.75
120	11.57	1240	9.0219	87.34

Регрессионный анализ динамики гумуса (2008–2022 гг.) показал линейный тренд: $y = 0,92 - 0,0186x$ ($R^2 = 0,998$, $p < 0,001$). Ежегодное снижение содержания гумуса составило 0,0186%, что статистически значимо ($t_{\text{факт}} = 79,49 > t_{\text{крит}} = 3,01$; $F_{\text{факт}} = 6487 > F_{\text{крит}} = 4,67$). Временной фактор детерминирует 99,8% вариации гумуса.

4. ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей. Н.И. Бочкарев и др. [1] отмечают снижение продуктивности картофеля при бессменном возделывании в Астраханской области. Ю.Н. Плескачев и М.В. Костин [9] связывают деградацию почв Нижнего Поволжья с нарушением севооборотов. К.Н. Кулик и др. [5] указывают на критическое состояние земель Прикаспийского региона.

Введение НСР₀₅ позволило установить, что в первой ротации различия между полями были статистически незначительными благодаря высокому исходному плодородию. К третьей ротации даже при наличии в севообороте залежи и активном применении минеральных удобрений

различия стали достоверными, что свидетельствует о прогрессирующей деградации [10, 11, 15].

Использование залежи позволяет частично восстановить плодородие, однако полной компенсации деградационных процессов не происходит [13, 14].

5. ВЫВОДЫ. При монокультуре картофеля в пятипольном севообороте (3 поля картофеля, 2 поля залежи) урожайность ежегодно снижается на 10–12%, а содержание гумуса за три ротации уменьшается с 0,90 до 0,65%.

Статистическая обработка с использованием НСР₀₅ показала, что достоверное снижение урожайности по полям наблюдается со второй ротации (НСР₀₅ = 5,4 т/га).

Регрессионный анализ подтвердил устойчивый линейный тренд снижения гумуса (0,0186% в год, $R^2 = 0,998$, $p < 0,001$), что доказывает неслучайный характер деградации.

Для стабилизации почвенного плодородия в аридной зоне необходимо научно обоснованное чередование культур с включением залежи и внесением органических удобрений (7–9 т/га навоза ежегодно).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бочкарев Н.И. и др. Ресурсосберегающие технологии возделывания картофеля в Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2021. – № 3(63). – С. 88-96.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Лань, 2022. – 352 с.
3. Кирюшин В.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и агроэкология. – М.: Колос, 2011. – 260 с. – С. 45-58.
4. Ковалев Н.Г., Иванов Д.А., Анциферова О.Н. Учет агроэкологических особенностей земель при разработке базовых моделей ландшафтно-мелиоративных систем земледелия // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК. – М.: Современные тетради, 2005. – С. 33–42.
5. Кулик К.Н. и др. Современные проблемы деградации земель в Прикаспийском регионе и пути их решения // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26. – № 4(85). – С. 3-12.
6. Лысак Г.Н., Милащенко Н.З. Деградация почв и пути её предотвращения в южных регионах России // Почвоведение. – 2020. – № 12. – С. 1505-1516.
7. Милащенко Н.З. (ред.) Система удобрения в адаптивно-ландшафтном земледелии. – М.: Росинформагротех, 2021. – 300 с.

8. Плескачев Ю.Н., Борисенко И.Б., Холод А.А. Инновационные подходы к развитию АПК Волгоградской области // Сб. науч. тр. по мат. конф. (Волгоград, 26–29 января 2016 г.). – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. – Т. 1. – С. 89–95.
9. Плескачев Ю.Н., Костин М.В. Деградация земель в Нижнем Поволжье // Полевые исследования. – 2020. – Вып. 7. – С. 124–133. – DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-124-133.
10. Плескачев Ю.Н., Зимина Ж.А., Андросов П.А. Возделывание раннего картофеля в регионе Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 3 (50). – С. 89-94.
11. Солдатов А.А., Широков Е.В. Современные подходы к системе удобрения картофеля в условиях изменяющегося климата // Агрохимия. – 2023. – № 2. – С. 45-53.
12. Тулин С.М. и др. Некорневые подкормки в интенсивной технологии возделывания картофеля // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 5. – С. 33-37.
13. Jatav H.S. et al. Sustainable management of soil and plant health by using organic amendments // *Frontiers in Soil Science*. – 2024. – Vol. 4. – DOI: 10.3389/fsoil.2024.1358495.
14. Kaczorowski P. et al. The effect of fertilizer type on the yield and nutritional value of potato tubers // *Agriculture*. – 2024. – Vol. 14(1). – P. 132. – DOI: 10.3390/agriculture14010132.
15. Qin S. et al. Breaking continuous potato cropping with legumes improves soil microbial communities, enzyme activities and tuber yield // *PloS One*. – 2017. – Vol. 12(5). – e0175934.

BIBLIOGRAPHICAL LIST

1. Bochkarev N.I. et al. Resource-saving technologies for potato cultivation in the Astrakhan region // *News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex*. - 2021. - No. 3 (63). - P. 88-96.
2. Dospekhov B.A. Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results). - Moscow: Lan, 2022. - 352 p.
3. Kiryushin V.I. Adaptive landscape farming systems and agroecology. – Moscow: Kolos, 2011. – 260 p. – P. 45-58.
4. Kovalev N.G., Ivanov D.A., Antsiferova O.N. Taking into account the agroecological features of lands in the development of basic models of landscape-meliorative farming systems // *Ecological and meliorative aspects of scientific and production support of the agro-industrial complex*. - Moscow: Modern Tetradi, 2005. - Pp. 33-42.
5. Kulik K.N. et al. Modern problems of land degradation in the Caspian region and ways to solve them // *Arid ecosystems*. - 2020. - Vol. 26. - No. 4 (85). - Pp. 3-12.
6. Lysak G.N., Milashchenko N.Z. Soil degradation and ways to prevent it in the southern regions of Russia // *Soil Science*. - 2020. - No. 12. - Pp. 1505-1516.
7. Milashchenko N.Z. (ed.) Fertilization system in adaptive landscape farming. – Moscow: Rosinformagrotekh, 2021. – 300 p.
8. Pleskachev Yu.N., Borisenko I.B., Kholod A.A. Innovative approaches to the development of the agro-industrial complex of the Volgograd region // *Coll. of scientific papers on the mat. conf. (Volgograd, January 26–29, 2016)*. – Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2016. – Vol. 1. – Pp. 89–95.
9. Pleskachev Yu.N., Kostin M.V. Land degradation in the Lower Volga region // *Field studies*. – 2020. – Issue 7. – Pp. 124–133. – DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-124-133.
10. Pleskachev Yu.N., Zimina Zh.A., Androsov P.A. Cultivation of early potatoes in

the Northern Caspian region // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2022. - No. 3 (50). - P. 89-94.

11. Soldatov A.A., Shirokov E.V. Modern approaches to the potato fertilization system in a changing climate // Agrochemistry. - 2023. - No. 2. - P. 45-53.

12. Tulin S.M. et al. Foliar feeding in intensive potato cultivation technology // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. - 2021. - Vol. 35. - No. 5. - P. 33-37.

13. Jatav H.S. et al. Sustainable management of soil and plant health by using organic amendments // Frontiers in Soil Science. - 2024. - Vol. 4. - DOI: 10.3389/fsoil.2024.1358495.

14. Kaczorowski P. et al. The effect of fertilizer type on the yield and nutritional value of potato tubers // Agriculture. - 2024. - Vol. 14(1). - P. 132. - DOI: 10.3390/agriculture14010132.

15. Qin S. et al. Breaking continuous potato cropping with legumes improves soil microbial communities, enzyme activities and tuber yield // PloS One. - 2017. - Vol. 12(5). - e0175934.