БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВ*

Пейзулла Хыдыров,
проректор по научной работе Туркменского Государственного педагогического института имени Сейитназара Сейди, доктор биологических наук

Худайберди Сапармурадов,
преподаватель кафедры биологии с методикой их преподавания Туркменского Государственного педагогического института имени Сейитназара Сейди

Гадам Аманов,
аспирант Института химии Академии наук Туркменистана

Аннотация

В результате экспериментов, проведенных в 2022–2023 годах по предотвращению засоления почв, установлено, что адсорбция солей основана на адсорбирующих свойствах растительных остатков. Установлено, что содержание засоления в засоленной почве составляет 12,55-15,04%, при внесении остатков солодковых корней наблюдалось снижение засоления на 5,56-1,31%, при внесении хлопковых остатков – 3,56-0,97%. Установлено, что в разложении растительных остатков участвуют галофильные бактерии, грибы-микромицеты и актиномицеты, почвенные клещи, почвенные кузнечики, коллемболы и другие беспозвоночные, а соли ассимилируются за счет обмена веществ и снижается уровень их содержания в почве. Микроорганизмы Halobabacillus sp., Salinicola sp., Trichoderma sp. Установлено, что большое значение в предотвращении засоления имеют микроорганизмы и развитие биотехнологии воспроизводства видов, принадлежащих к группам Halobabacillus sp., Salinicola sp., Trichoderma sp. и использование их для ускорения разложения адсорбирующих растительных отходов.

Ключевые слова: почва, засоление, адсорбция, бактерии, грибы, галофиллы, дисперсия.

Введение

Проблемы, связанные с возникновением вторичного засоления почв в орошаемом земледелии и его предотвращением, не потеряли своей актуальности даже в XXI веке. Изучение проблем почвы и ее засоления, являющегося основным источником обильных урожаев сельскохозяйственных культур, имеет особое значение во всех странах, в том числе и в Средней Азии, являющейся важным центром древнего земледелия. За последние годы учеными опубликовано множество научных работ в этой области (Глазовский, 1987; Звягинцев, Бабьева, Зенова, 2005; Клочко, 2010; Панкова, Айдаров, Ямнова и др., 1996; Панкова, 2016). В почвоведении эти проблемы анализируются в разных контекстах (Астапов, Спенглер, 1996; Ковда, 2021; Минашина, 1995; Панкова, Конюшкова, 2013; Egamberdieva, Kucharova, 2009). В нашей стране проведены исследования о роли мелиорации земель в предотвращении засоления почв, а также исследования, связанные с выращиванием галофильных растений (Бабаев, Рахимова, Арзямова, Ёллыбаев, 2018; Ёллыбаев, Гурбанов, 2018; Лавров, Орловский, 1985;

* Amanov G.G. e-mail: gadamamanovv@gmail.com

Муратова, 1976; Панкова, 1992; Рабочев, 1964; Agakişiýew, 1989). Известно, что в проведенных до сих пор научных исследованиях не до конца изучены проблемы, связанные с использованием адсорбирующих свойств растительных остатков в профилактике засоления почв и развитии биотехнологий в этой области.

Методы испытаний. 2022-2023 годах в научно-производственной лаборатории Туркменского государственного педагогического института имени С.Сейди проводились эксперименты по предотвращению засоления почв. Целью экспериментов была проверка адсорбирующих свойств растительных остатков в борьбе с засолением. В качестве адсорбентов в научно-исследовательской работе использовались растительные остатки переработки сырья комбината Буян в Лебапском велаяте и отходы хлопкопрядильной фабрики г. Туркменабат. Эксперименты проводились на засоленном поле площадью 0,10 га. В свою очередь опытное поле было разделено на пять небольших прудов, в которые были втянуты пруды высотой 70 см. Адсорбент навоза и остатки хлопчатника вносили в верхнюю часть почвы в количестве 2,0-2,5 кг на квадратный метр опытных полей во второй декаде декабря. Таким образом, через 30 дней, то есть когда отходы начали гнить естественным путем, их подмешивали в почву на глубину 15-20 см. В конце января почву снова перевернули и впервые выпустили воду между рядами. В третьей декаде февраля почву в прудах размягчили, высеяли в нее семена ячменя и дали вторую воду. В первой декаде мая ячмень убирали до созревания и размягчали почву. Затем семена кукурузы были посеяны в плодородную почву. Качественные показатели засоления почвы проверяли каждые 15 дней путем отбора проб почвы из верхнего 10-сантиметрового слоя и проведением химических анализов. Тестирование засоления почвы проводилось путем растворения почвы в воде и титрования количества катионов и анионов в растворе в м/моль. (Базилевич, Панкова, 1972; Манжина, 2021; Варгаса, Панковой и др., 2017). Химические анализы проводились в лаборатории биотехнологий Центра технологии Академии наук Туркменистана. С помощью современного оборудования в лаборатории определяли содержание солей, катионов и анионов в водном растворе почвы, измеряли уровень ионов водорода (pH). Массовое распределение оксидов и элементов, содержащихся в сухой почве, также определялось с помощью рентгенофлуоресцентного оборудования.

Обсуждения результатов. Полученные данные представлены в таблицах 1-9. Как видно из данных таблиц, размещение растительных остатков в почве за счет постепенного поглощения ею солей приводит к уменьшению количества солей в почве и повышению пригодности почвы для выращивание растений. По нашему мнению, при рассыпании в почву легких веществ, обладающих быстродиспергирующими и адсорбирующими свойствами, они быстро поглощают соли. В процессе разложения участвуют галофильные бактерии, актиномицеты и грибы-микромицеты, которые размножаются там, образуя локальные очаги. Микроорганизмы лучше всего растут при температуре почвы от 5°C до 25°C и влажности 65-70%. Выделяют 3 экологические группы живых организмов, использующих растительные остатки почвы в качестве источника питания: детритофаги, мицетобактерифаги и сапрофаги.

К детритофагам относятся почвенные бактерии, грибы-микромицеты и актиномицеты. В промышленных отходах хлопкопрядильных фабрик преобладает целлюлоза. Из-за этого они подвержены быстрому разложению в полевых условиях, так как в результате биологической активности целлюлозоразлагающих аэробных микроорганизмов первоначально превращается в бурого цвета вещество – гумус, содержащее гумус и мертвые микроорганизмы. В наших наблюдениях все волокна при разложении приобретают коричневую окраску (Григорян, Батаева, Яковлева, Шляхов, 2018; Добровольская, Звягинцев, Чернов, Головченко, Зенова, Лысак, Манучарова, Марфенина, Полянская, Степанов, Умаров, 2015). Анаэробные маслянистые бактерии активно участвуют в разложении корней солодки и хлопкового волокна

в слоях почвы. Накопленные в почве соли преобразуются галофильными микроорганизмами почвы. В растительных остатках луговых орошаемых почв часто встречаются виды родов Salinicola, Marinobacter, Microbacterium, Salinibacterium, Bacillus, Plannomicrobium, Halobabacillus, Salegentibacter, Microbispora, Alcaligenes, Sallimicrobium (Халилова, Котенко, Исламмагомедова, Гасанов, Абакарова, Аливердиева, 2017; Ходжимуродова, Хакимова, Тураева, 2021). Свою жизнедеятельность они осуществляют посредством энергии, полученной при распаде клетчатки тканей.

Виды Aspergilla sp., Fusarium sp., Trichoderma sp. из микромицетов и актиномицеты часто встречаются в растительных остатках. В местах их размножения, корни солодки и хлопковые отходы чернеют. Актиномицеты произрастают в щелочной среде с низкой влажностью. Они аэробы, часто встречающиеся в верхних слоях почвы. За счет биологической активности актиномицетов растительные остатки преобразуются в гумусовое вещество почвы. [Рис. 1].

На второй стадии разложения на субстрате накапливаются мицетобактериофаги-галофильные беспозвоночные: амебы, почвенные нематоды, ангидриды, осы, почвенные кузнечики. Мицетобактериофаги почвенных беспозвоночных питаются мицелием грибов, колониями бактерий и начинают расти. По нашим исследованиям, виды родов Pavania, Premicrodispus, Tarsonemus, Scutacarus живут в почве. В феврале-марте численность клещей может достигать 300-500 особей на 10 квадратных см площади субстрата.

Таблица 1

Среднее количества, гумуса и степении pH в засоленности в образцах почвенных проб

	Количество воды, ml	**Вес почвы, g**	**Соленость, % (m,mol)**	**pH**	**Гумус, g**
Контрольная зона	150	30,0085	12,55	6,61	2,875280
Контрольная зона	150	30,0081	15,04	6,30	1,763945
I проба 1-10	150	30,0029	3,73	6,67	6,560176
I проба 11-20	150	30,0033	3,34	6,74	6,385456
I проба 21-30	150	30,0030	4,35	6,88	6,295496
I проба 31-40	150	30,0046	4,66	7,05	6,069576
I проба 41-50	150	30,0023	5,56	7,04	5,124967
I проба 51-60	150	30,0037	4,74	7,22	6,074128
I проба 61-70	150	30,0016	3,33	7,33	6,438927
I проба 71-80	150	30,0034	1,31	7,35	6,441106
I проба 81-90	150	30,0010	1,93	7,25	6,384521
I проба 91-100	150	30,0012	1,85	7,63	6,124362
II проба 1-10	150	30,0027	1,03	7,54	6,943207
II проба 11-20	150	30,0051	2,72	7,60	7,79277
II проба 21-30	150	30,0072	3,56	7,78	7,23211
II проба 31-40	150	30,0095	0,97	8,00	8,039398
II проба 41-50	150	30,0075	3,38	7,60	7,993961
II проба 51-60	150	30,0057	3,20	8,04	7,403952
II проба 61-70	150	30,0069	3,00	8,14	8,022360
II проба 71-80	150	30,0082	3,36	8,16	6,544378
II проба 81-90	150	30,0048	3,05	8,21	6,765543
II проба 91-100	150	30,0073	2,79	7,99	6,889349

Примечание: Образцы № I – образцы почвы, полученные при использовании остатков солодового корня; Пробы II – пробы почвы, полученные в результате использования хлопковых отходов.

Как видно из данных таблицы 1, в полевом контрольном участке испытаний соли сохраняются на высоком уровне 12,55–15,04%. Затем засоление изменяется от 1,31 до 5,56% при присыпании корневых остатков в результате разложения растительных остатков. Засоленность снижается до 0,97–3,56% при присыпании почвы хлопковыми остатками. Значения pH постепенно повышаются. По мере выноса почвенной соли коэффициент содержания в ней гумуса увеличивается с 2,875280 до 8,039398.

Среднее количество ионов, запасенных в почвенных солях, приведено в табл. 2.

Таблица 2

Среднее количество содержания солеобразующих ионов с составе почвы (m.mol / 100 g в водном растворе почвы (2022–2023 гг.)

	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	PO_4^{3-}
I Контрольная зона 1-10	±2,308	±2,341	±3,053	±3,699	±23,082	±0,762
I проба 1-100	±2,160	±1,344	±1,788	±3,562	±20,897	±0,819
II проба 1-100	±1,773	±1,042	±1,477	±3,265	±20,312	±0,898

Как показано в таблице 2, Mg^{2+} количество ионов на исследуемой территории уменьшается от ±2,308 до ±1,773. Cl^- ионов уменьшается с ±2,341 до ±1,042. Полученные данные доказывают, что вторичное засоление почвы происходит под воздействием хлорид-ионов.

В ходе исследования был проведен рентгенофлуоресцентный анализ для уровня сохранности различных оксидов минералов в образцах почвы. Полученные данные представлены в таблицах 3-5.

Таблица 3

Среднее количество содержания оксидов солей пробах почвы на контрольном участке, взятой в обьеме по 100 г. в (1–10) (2022–2023 гг.)

Ga_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	MnO	NiO	CuO	TiO_2	V_2O_5	Cr_2O_3	PbO
40,1 ppm	8,278 %	34,085 %	10,531 %	0,191 %	105,4 ppm	150,7 ppm	1,064 %	294,6 ppm	290,5 ppm	41,9 ppm
ZnO	**Br**	**As_2O_3**	**Rb_2O**	**SrO**	**Y_2O_3**	**ZrO_2**	**In_2O_3**	**BaO**	**Eu_2O_3**	**L,O,I**
219,2 ppm	21,1 ppm	38,9 ppm	218,4 ppm	0,137 %	63,0 ppm	454,0 ppm	0,288 %	641,5 ppm	593,8 ppm	14,76 %

Таблица 4

Среднее количество содержания оксидов солей пробах почвы на участке с использованными остаткми солодкового корня взятой в обьеме по 100 г. в (1–30) (2022–2023 гг.)

Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	MnO	NiO	CuO	Ga_2O_3	TiO_2	V_2O_5	Cr_2O_3	PbO
10,266 %	8,451 %	34,229 %	0,180 %	115,8 ppm	170,8 ppm	43,1 ppm	1,019 %	279,7 ppm	261,5 ppm	39,9 ppm
ZnO	**Br**	**As_2O_3**	**Rb_2O**	**SrO**	**Y_2O_3**	**ZrO_2**	**In_2O_3**	**BaO**	**Eu_2O_3**	**L,O,I**
212,5 ppm	24,6 ppm	51,0 ppm	215,8 ppm	0,113 %	54,3 ppm	421,8 ppm	0,282 %	643,4 ppm	559,0 ppm	14,02 %

Таблица 5

Среднее количество содержания оксидов солей в пробах почвы на участке с использованными остатками хлопковых отходов, взятой в обьеме по 100 г. (1–30) (2022–2023 гг.)

Ga_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	MnO	NiO	CuO	TiO_2	V_2O_5	Cr_2O_3	PbO
35,1 ppm	6,852 %	31,324 %	7,494 %	0,146 %	68,9 ppm	120,3 ppm	0,860 %	220,7 ppm	221,3 ppm	31,3 ppm
ZnO	**Br**	**As_2O_3**	**Rb2O**	**SrO**	**Y_2O_3**	**ZrO_2**	**In_2O_3**	**BaO**	**Eu_2O_3**	**L,O,I**
210,9 ppm	27,6 ppm	27,4 ppm	157,8 ppm	0,145 %	45,1 ppm	357,0 ppm	0,336 %	702,2 ppm	371,1 ppm	19,47 %

Как видно из данных таблиц 3–5, количество Al_2O_3 в разных почвах составляет 8,278–6,852%; Содержание Fe_2O_3 10,531–7,494%; количество MnO варьируется в пределах 0,191–0,146%.

Таблица 6

Среднее количество содержания химических элементов в пробах почвы на контрольном участке, взятой в обьеме по 100 г. (1–10) (2022–2023 гг.)

Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni
1,899 %	6,176 %	23,608 %	0,529 %	0,953 %	2,212 %	5,072 %	27,038 %	1,256 %	330,6 ppm	392,1 ppm	0,299 %	15,001 %	187,2 ppm
Cu	**Zn**	**Ga**	**As**	**Br**	**Rb**	**Sr**	**Y**	**Zr**	**In**	**Ba**	**Eu**	**Pb**	**L,O,I**
258,9 ppm	378,7 ppm	64,2 ppm	63,5 ppm	45,5 ppm	432,5 ppm	0,251 %	107,7 ppm	728,8 ppm	0,421 %	0,115 %	0,103 %	84,1 ppm	14,76 %

Таблица 7

Среднее количество содержания химических элементов в пробах почвы на участке с использованными остатками солодкового корня взятой в обьеме по 100 г. (1–30) (2022–2023 гг.)

Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca
1,769 %	6,274 %	23,617 %	0,567%	1,150%	3,842%	5,276%	26,287%
Ti	**V**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**As**	**Rb**
1,200%	313,0ppm	352,0ppm	0,300%	14,571%	203,9ppm	82,9ppm	425,4ppm
Sr	**Y**	**Zr**	**In**	**Ba**	**Eu**	**Pb**	**L,O,I**
0,205%	109,3ppm	673,6ppm	0,413%	0,114%	963,1ppm	79,7ppm	14,02%

Таблица 8

Среднее количество содержания химических элементов в пробах почвы на участке с использованными остатками хлопковых отходов взятой в обьеме по 100 г. (1–30) (2022–2023 гг.)

Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni
1,448 %	5,072 %	21,544 %	0,622 %	1,967 %	1,721 %	4,668 %	30,18 %	1,037 %	252,5 ppm	305,3 ppm	0,232 %	10,838 %	123,0 ppm
Cu	**Zn**	**Ga**	**As**	**Br**	**Rb**	**Sr**	**Y**	**Zr**	**In**	**Ba**	**Eu**	**Pb**	**L,O,I**
207,7 ppm	366,1 ppm	56,4 ppm	44,9 ppm	60,0 ppm	314,2 ppm	0,268 %	77,6 ppm	575,9 ppm	0,496 %	0,128 %	652,8 %	63,1 ppm	19,47 %

Как видно из данных табл. 6-8, количество меди и цинка в почве меняется в зависимости от разложения растительных остатков.

Таблица 9

Сравнение общего снижения средней оценки уровня засоленности в пробах почвы (2022–2023 г.)

Покозатели	№1 Контроль	№2 При внесении солодкового корня	№3 При внесении отходов хлопка
pH	8,89	7,65	7,56
Conductivity, µs/sm	5510,4	3170,6	1742,0
Количество солей %	2,618	2,012	1,604

Данные, приведенные в таблице 9, доказывают снижение электропроводности солей в почве при ее содержании 2,012–1,604% до 3170,6–1,742.0 µs/sm по сравнению его уровня с начальным содержанием солей в почве от 2.618% и степени электропроводности 5510,4 µs/sm.

а б в г

Рисунок 1: *а – засоленная почва; б – процесс внесения отходов хлопка в почву; в – засеянная в засоленную почву кукуруза без обработки на конрольный участок; г – кукуруза, выращенная в почве после снижение уровня соленностьи с внесением отходов хлопка*

На последней третьей стадии разложения растительных остатков гниль полностью уничтожается за счет сапрофагического питания олигохет, коллембол и личинок насекомых.

В результате бактерии, грибы и различные беспозвоночные в почве переносят в свой организм накопленные соли адсорбирующих растительных остатков, вступая во взаимные трофические связи. Они смягчают почву, перемещая ее по вертикали и горизонтали, улучшая ее аэрацию.

Развитие биотехнологии искусственного выращивания почвенных микроорганизмов Halobacillus sp., Salinicola sp., Trichoderma sp., использования их для ускорения разложения растительных остатков, адсорбентов является важным направлением профилактики засоления почв.

Дополнительную засоленность почвы удаляли путем посева засоленного ячменя, а затем адсорбента на опытных делянках. В результате значительно уменьшается засоление почвы и создаются подходящие условия для выращивания различных зерновых и технических культур.

Выводы

1. Установлено, что количество солей, вызывающих засоление почвы, можно уменьшить путем внесения растительных остатков, специально помещенных в верхнюю плодородную часть почвы, и последующего обеспечения их усвоения различными галофильными микроорганизмами.

2. Доказано, что при внесении в поверхностный слой почвы на каждый 1 m^2 участка в среднем 200-250 г растительных остатков в нём значительно снижается степень содержания солей.

3. Экспериментами зафиксировано, что на контрольном поле засоленной почвы концентрация солей составляла 12,55-15,04 %, а при внесении: остатков корней солодки засоление снижалось до 1,31-5,56 %, а при внесении - 0,97-3,56 %; остатков хлопка засоление снижалось до 0,97-3,56 %.

4. Выявлено, что после адсорбции солей тканями растительных остатков, накопившихся на поверхности почвы, происходит их полный распад при участии галофильных бактерий, микромицетов и актиномицетов, почвенных амеб, нематод, олигохет, энхитреидов, мокриц, почвенных клещей, коллембол, личинок насекомых и в процессе обмена веществ микроорганизмов соли ими ассимилируются и снижается степень их содержания в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agakişiýew D. Gowaçanyň şora çydamlylygyny ýokarlandyrmagyň ýollary.–A.:Ylym,1989.–170s.
2. Egamberdieva D., Kucharova Z. Selection for root colonising bacteria stimulating wheat growth in saline soils. Biology and fertility of soyls. 2009. – №6 (45). – P. 563-571.
3. Астапов С.В., Спенглер В.В. Предупреждение и борьба с засолением и заболачиванием орашаемых земель. – М.: Сельхозгиз, 1996. – 157 с.
4. Бабаев Д., Рахимова Н., Арзямова О., Ёллыбаев А. Влияние удобрений на физиолого-биохимические показатели развития хлопчатника на засоленных почвах – А.: Наука, 2018. – 33 с.
5. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1972. – Вып. 5. – С.36-40.
6. Глазовский Н.Ф. Современное соленакопление в аридных областях. –М.: Наука, 1987. –192 с.
7. Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Яковлева Л.В., Шляхов В.А. Микробиологический состав засоленных почв аридных территорий // Общая биология. Серия: Естественные и технические науки Астрахан, 2018. – №12. – С. 6-13
8. Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г., Чернов И.Ю., Головченко А.В., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Манучарова Н.А., Марфенина О.Е., Полянская Л.М., Степанов А.Л., Умаров М.М. Роль микроорганизмов в экологических функциях почвы //Почвоведение, 2015.–№ 9.–С.1087-1096
9. Ёллыбаев А., Гурбанов А. Выращивание джугары и суданской травы на засоленных территориях // – А.: Наука, 2018. – 52 с.
10. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
11. Клочко Т.А. Исследование современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия География, 2010. – Том 23 (62). – № 2. – С. 156-166.
12. Ковда В.А. Проблема опустынивания и засоления почв аридных регионов мира – М.:Наука, 2008. – 415 стр И.В. Пахоруков, О.З. Еремченко Свойства вторично засоленных аллювиальных почв в таежно-лесной зоне Прикамья //Сибирский лесной журнал, 2021. – № 3. – С. 76–86
13. Лавров А.П., Орловский Н.С. Почвенно-климатическое районирование равнинного Туркменистана. – А.: Ылым, 1985. – 129 с.
14. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв. Российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника, 2021. – Т. 11, – № 3. – С. 163–181.

15. Минашина Н.Г. Почвенно-экологические изменения и проблемы мелиорации почв в бассейне Арала // Почвоведение. 1995. – №9. – С. 1141-1149.

16. Муратова В.С. Засоление почв Туркмении. // Природно-мелиоративная характеристика Средней Азии и Казахстана. Пущино: Изд-во: АН СССР. 1976. – С. 106-107.

17. Панкова Е.И. Засоление почв пустынь в связи с аридностью и континентальностью климата // Проблемы освоения пустынь. 1992. – № 3. – С. 54–61

18. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А. и др. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция) – М. 1996. – 187 с.

19. Панкова Е.И., Конюшкова М.В. Влияние глобального потепления климата на засоленность почв аридных регионов // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013. – Вып. 71. – С. 3-15

20. Панкова Е.И. Засоление орошаемых почв Среднеазиатского региона: старые и новые проблемы // Аридные экосистемы, 2016. – Том 22. – № 4 (69). – С.21-29

21. Рабочев И. С. Мелиорация засолённых почв среднего течение Амударьи – А.: Туркмениздат. 1964 . – 255 с.

22. Руководство по управлению засоленными почвами Под редакцией Р. Варгаса, Е.И. Панковой и др. – Рим, 2017. – 141 с.

23. Халилова Э.А., Котенко С.Ц., Исламмагомедова Э.А., Гасанов Р.З., Абакарова А.А., Аливердиева Д.А. Экстремофильные микробные сообщества засоленных почв и их разнообразие в регионе Прикаспийской низменности // Аридные экосистемы, 2017. – Том 23. – № 2 (71). – С.52-56

24. Ходжимуродова Н.Р., Хакимова Н.Х., Тураева Н.Н. Микроорганизмы орошаемых почв Бухарского оазиса // Innovative technologies, 2021. – №1 (41). – С.72-76

25.