АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2022, том 28, № 1 (90), с. 28-41

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 633.2.033; 633.2.032; 633.2.038

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ИСТОЧНИКАХ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОГО ИРАНА ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ САЖЕНЦЕВ

© 2022 г. М. Динарванд, С.А. Арами, С.А.М. Сараб

Научно-образовательный центр сельскохозяйственных и природных ресурсов Хузестана
Организации по обучению и повышению квалификации в области сельскохозяйственных исследований
Иран, 6136833541, г. Ахваз
E-mail: m.dinarvand@areeo.ac.ir, arami1854@gmail.com, sajadali9@yahoo.com

Поступила в редакцию 03.09.2021. После доработки 14.10.2021. Принята к публикации 15.10.2021.

Эффективное использование осадков и запасов воды является основополагающим для восстановления и улучшения пастбищ в засушливых районах. В данном исследовании мы оценили изменения, происходящие в естественном растительном покрове 3 регионов (очагов пылеобразования) на юге и юго-востоке г. Ахваза при использовании различных систем орошения и при разных режимах выпадения осадков в районах, где выращивают саженцы. Мы проложили в этих регионах пять 100-метровых трансект на расстоянии 50 метров друг от друга. Вдоль них мы выбрали 180 ключевых участков. Во время двух вегетационных сезонов (весной и осенью) с 2018 по 2020 гг. мы наблюдали за тем, как на них развиваются местные виды растений. Мы рассчитывали индексы Симпсона и Шеннона, а также доминирующего разнообразия с помощью программного обеспечения PAST. Результаты показали, что с 2018 по 2020 гг. различные методы орошения наряду с осадками вызвали значительные положительные изменения в растительном покрове изучаемой территории, в количестве произрастающих на ней видов и их разнообразии. Результаты также показали большую разницу между средним индексом доминирования, индексами Симпсона и Шеннона и растительным покровом, а также между количеством видов в разные годы. Наше исследование позволило выяснить, что из-за нехватки воды для поверхностного орошения создание с помощью экскаватора контурных борозд и оросительных ям является лучшим и наиболее экономичным способом для восстановления местных видов. Помимо создания колодца для поливной воды этот метод обеспечивает лучшее орошение в сезон дождей, а также подходящий субстрат для роста и всхожести семян местных растений.

Ключевые слова: провинция Хузестан, бороздование, индекс Шеннона, индекс Симпсона, видовое разнообразие.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-28-41

Создание растительного покрова является важным фактором для снижения почвенной эрозии от воды и ветра (Guiterrez, Hernandez, 1996; De Baets et al., 2009; Fehmi et al., 2008), улучшения общественного мнения о территории путем снижения визуальных воздействий, которым она подвержена (Hands, Brown, 2002; Svobodova et al., 2012), а также открывает возможности для эффективного повторного использования территории с целью создания среды для обитания диких животных или для выпаса домашнего скота (Steinke, Majak, 2010). Стабильность экосистемы зависит от характеристик биоразнообразия (Yadav, Mishra, 2013). Помимо того, что биоразнообразие − самодостаточно само по себе, оно также повышает устойчивость растительных сообществ к различным факторам беспокойства (Quijas et al., 2010). Растения играют ключевую роль в стабильности природных экосистем (Zuazo, Pleguezuelo, 2008). Будучи одним из основных концептов в управлении природными ресурсами, разнообразие необходимо для обеспечения жизнеспособности и продуктивности экосистем (Mesdaghi, 2005).

Оценивая текущее состояние растительности, можно предложить соответствующие рекомендации для сохранения и улучшения естественных местообитаний путем непрерывного изучения показателей биоразнообразия за разные периоды (Dinarvand et al., 2016). Эксперименты в области биоразнообразия дали надежные результаты, которые подтвердили гипотезу о том, что экосистемы с большим количеством видов функционируют гораздо лучше (Turnbull et al., 2016). Высокое видовое богатство влияет на производительность экосистемы следующим образом: 1) улучшает видовое разнообразие (Loreau et al., 2001) и, следовательно, повышает шанс на выживание вида в результате естественного отбора (Hector et al., 2010); 2) предотвращает нежелательное воздействие изменений окружающей среды (Naeem et al., 2012); 3) содействует появлению других растительных сообществ (Bruno et al., 2003). Помимо воздействия на непосредственно функционирование экосистемы, видовое разнообразие мешает эрозии почвы, т.к. влияет на объем содержащихся в ней корней и сухую массу (Ford et al., 2016; Isbell et al., 2011). Растительный покров и разнообразие напрямую оказывают эффект на гидрологию почвы тем, что создают естественный барьер, увеличивая просачивание и улучшая испарение влаги в атмосферу (Capilleri et al., 2016). Вместе с корневой системой, корневищами и подземными побегами растительный покров физически предотвращает ветровую и водную эрозию (Gyssels et al., 2005).

Площадь равнины Хузестан в Иране составляет 737790 га и считается источником пылеобразования (Abbasi, 2021). Этот район можно условно разделить на 7 областей, лежащих на юго-западе от г. Ховейзе, к северу и востоку от г. Хорремшехра, к востоку от г. Ахваза, к югу и юго-востоку от г. Ахваза, от г. Бендар-Хомейни до г. Омидийе, от г. Бендер-Махшехра до г. Хендижана, а также Восточный Хендижан (Heidarian et al., 2018). В очагах пылеобразования в провинции Хузестан видовое богатство меньшее, чем в ее северных и восточных регионах (включая предгорья и горы). Это можно объяснить тем, что большинство очагов расположено на равнинах с мелкими и однородными отложениями, без какой-либо изрезанности (Heidarian et al., 2018). Однако эти районы включают в себя множество микросред обитания. Изменения в химических свойствах почвы, доступность источников воды, осадки и серьезное вмешательство человека привели к появлению разнообразных видов в разных частях равнины (Dinarvand et al., 2018). Пустынные растения приспосабливаются к окружающим условиям, используя разные стратегии. Микросреда обитания и разнообразие почвенных характеристик вызывают структурные различия в составе растительности на территориях с одинаковым климатом (Tao et al., 2013).

В целом, из-за недостатка влаги, из-за высоких температур, сильных ветров, почвенной эрозии и деградации земель в результате деятельности человека условия засушливых и пустынных районов сложны для развития растений, поэтому выжить в них может лишь ограниченное количество видов. Типичные для таких территорий растения ценны из-за своей способности адаптироваться к суровой окружающей среде, а потому их определение является крайне важной задачей. Чтобы выяснить, какое влияние высаженные виды и методы орошения оказывают на природную среду, и принять надлежащие меры, необходимо сначала изучить изменения, происходящие в местной растительности на протяжении года. Из-за ограниченного водоснабжения и оборудования, схемы посадок (с учетом накопления воды и проведения орошения) и их плотность могут изменяться в зависимости от обстоятельств. Плотность и расположение посевов (в бороздах, посадочных ямах и т.д.) могут влиять на конкуренцию растений за воду, питательные вещества и свет, а также на видовое богатство и присутствие эндемиков в сообществе. Использование наиболее подходящих методов для хранения воды и орошения не только приведет к стабильности развития большинства выращиваемых видов, но также обеспечит восстановление природного покрова пастбищ и поможет в борьбе с опустыниванием. Восстановление покрова и создание возможностей для восстановления эндемиков на пастбищных угодьях являются основными целями проектов, которые занимаются управлением природными ресурсами. Если по какой-либо причине в краткосрочной или долгосрочной перспективе растительный покров удаляется или деградирует, местные виды будут процветать и обогащать семенной фонд, улучшая состояние почвы. Таким образом, логично утверждать, что время и бюджет, вложенные в программы и проекты по восстановлению, не будут потрачены бесплодно даже в подобных обстоятельствах, а конечная цель, которая состоит в том, чтобы создать возможности для привнесения в сообщества местных видов и улучшить состояние региона, будет выполнена.

Наше исследование направлено на изучение того, как культивируемые виды влияют на видовое богатство и разнообразие местного растительного покрова, а также на определение и внедрение соответствующего метода орошения для восстановления естественного растительного покрова.

Материалы и методы

Территория исследований. Провинция Хузестан занимает 64236 км^2 и находится на юго-западе Ирана и границе Ирака. Она расположена между 29° 58′ и 32° 04′ с.ш. от экватора и между 47° 41′ и 50° 49′ в.д. от Гринвичского меридиана (Heidarian et al., 2018). Через Хузестан протекают крупные реки, такие как Карун, Керхе, Дез, Зохре и Джарахи; высоты колеблются от 0 до 3500 м н.у.м. на горе Сейфд-Кох (Masoudi, Elhaeesahar, 2016). Около 9% (349254 га) равнин Хузестана являются источником пыли (Heidarian et al., 2018, Azhdari et al., 2015). Основной пылевой очаг расположен в 25 км на юго-востоке от г. Ахваза, вдоль шоссе Ахваз-Махшехр, между 48° 47′ и 49° 17′ в.д., 30° 45′ и 31° 15′ с.ш. С севера эта область ограничена аэропортом, на востоке находится г. Гассаний, на юге − болота Шадегана, а на западе − ручей Мале (рис. 1). Всего в этом районе мы определили 39 растений (Dinarvand et al., 2018). На основе модифицированного метода климатической классификации де Мартона эту провинцию можно разделить на 3 климатических типа: жаркий полуаридный, жаркий аридный и жаркий сверхаридный (Dinarvand, Jamzad, 2020). Более половины площади провинции, а также все пылевые очаги (особенно № 4) подпадают под категорию жаркого сверхаридный климата. Для оценки изменений растительности мы выбрали 3 очага пылеобразования на юге и юго-востоке Ахваза, где использовались 3 различных метода посадки растений. Очаги расположены недалеко от канала Кут-Амир вдоль дороги Ахваз-Абадан (посадка в борозды с поверхностным орошением), рядом с д. Хонайте (посадка сеялкой, орошение проводится вручную из цистерн) и вдоль шоссе Ахваз-Махшехр (посадка в вырытых экскаватором ямах, орошаемых вручную из цистерн). На всех трех территориях орошение проводилось дважды в месяц.

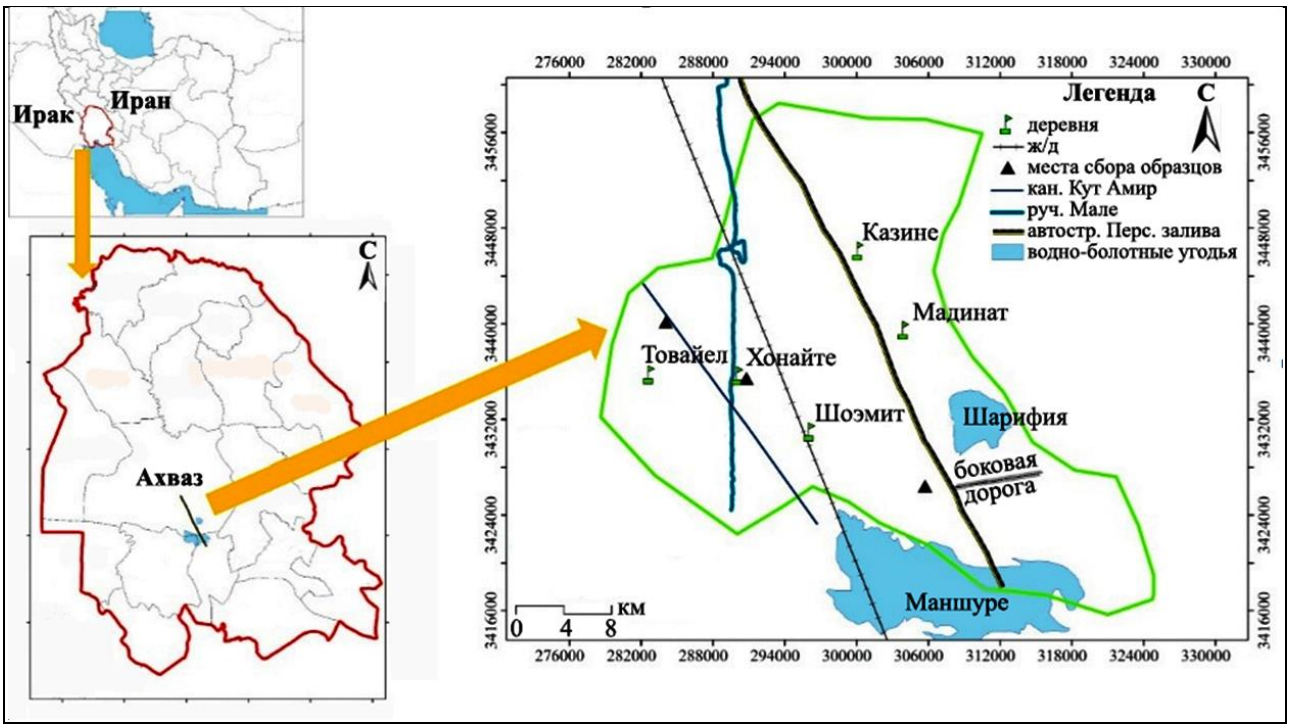

Рис. 1. Местоположение выбранных участков пылевых очагов на юге г. Ахваза.

Климат. По климатическим данным за 24 года (1996-2020 гг.), полученным со станции Ахваз, была составлена омбротермическая диаграмма (рис. 2). Средняя температура в районе исследования составила от 26.2 до 26.9°C. Средняя максимальная колебалась от 33°C на востоке до 33.4°C на западе. Средняя минимальная составила 19.2°C на западе и 19.5°C на востоке. Количество осадков

уменьшалось с максимальных 213 мм на западе до минимальных 166 мм на юге. Осенью 2018 и весной 2019 гг. обильное количество выпавших осадков привело к сезонным наводнениям (табл. 1).

Согласно Мировой системе биоклиматической классификации Р. Мартинеса (Global Bioclimatic Classification System), климат провинции является «тропическим пустынным» и «тропическим ксерическим» на юге, «средиземноморским пустынным континентальным» на севере (Djamali et al., 2012).

Сбор образцов. Во время полевых исследований на каждой выбранной площадке были случайным образом проложены 5 трансект длиной 100 м, каждая из которых находилась на расстоянии 50 м от последующей. Из-за однородности видов растений и при отсутствии заметных топографических изменений мы создали 30 ключевых участков размером 1 м^2 на линиях посадки и 30 между линиями (всего 180). Минимальный размер участка определяли на основе кривых «вид-площадь», построенных для каждого образца (Kent, 2012; Asri, 1995). Для оценки покрытия растительного покрова в процентах мы использовали метод Брауна-Бланке (Van Der Maarel, 2005). Характеристики участков были записаны для последующих сезонов с помощью GPS. Поскольку на равнинных территориях Хузестана наблюдается два периода роста: весной (с конца февраля по конец мая) и осенью (с августа по конец декабря; Mozaffarian, 1999), − в течение 2018-2020 гг. выезды на места и сбор данных проводились пять раз.

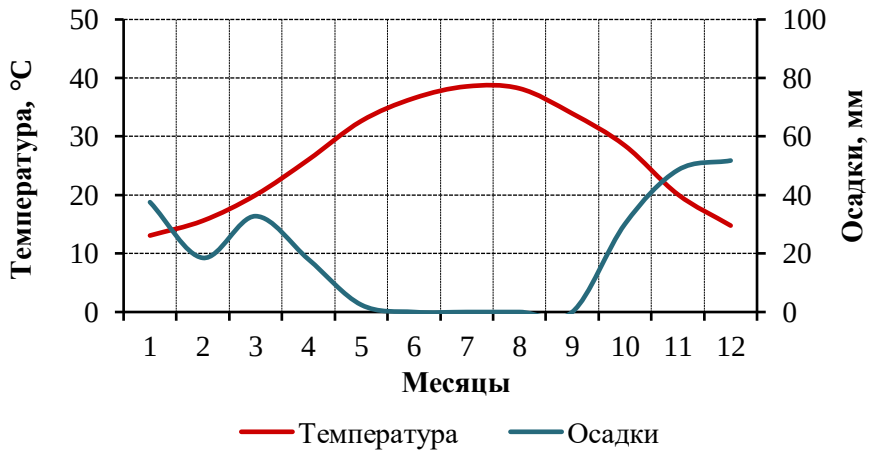

Рис. 2. Омбротермическая диаграмма за 24 года (1996-2020 гг.) для г. Ахваза.

Таблица 1. Данные по осадкам, полученные с метеостанции Ахваз в 2018 г.

Станция	Годовые осадки за сельскохозяйственный период 2018-2019 гг.	Соответствующие осадки в 2017 г.	Разница	Среднее многолетнее
Ахваз	297.2	60.1	232.6	156.7

Изучение флоры. Мы определяли растения по видам, подвидам и разновидностям, используя актуальные литературные источники, в основном такие как «Flora of Khuzestan Province» (Dinarvand, 2021), «Flora Iranica» (Rechinger, 1963-2015), «Flora of Iran» (Assadi et al., 1988-2018), «Flora of Khuzestan» (Mozaffarian, 1999), «Flora of Iraq» (Townsend, Guest, 1974-1985), «Flora of Turkey and the East Aegean Islands» (Davis, 1967-1982), «Flora Palestina» (Zohary, 1966-1986) и «Trees and Shrubs of Iran» (Mozaffarian, 2005). Список видов был составлен в алфавитном порядке в соответствии с системой APG IV (2016). Местный тип каждого таксона определяли в соответствии с данными распределения, полученными из вышеупомянутых источников. Терминология и разграничение основных фитогеографических единиц (IT, Mediterranean, ES, SS) основаны на классических работах, в частности, на работе M. Zohary (1973). Жизненные формы растений определяли по работе C. Raunkiaer (1934).

Анализ данных. Индексы доминирования и разнообразия Симпсона и Шеннона были рассчитаны с использованием программного обеспечения PAST 0.88, с учетом процентного покрытия растительного покрова. Индексы Симпсона и Шеннона-Винера, учитывая их взаимодополняющий характер, использовали, чтобы определить видовое разнообразие. Индекс Шеннона-Винера больше зависит от видового богатства, а индекс Симпсона более чувствителен к обилию доминирующих видов (Ejtehadi et al., 2008; Atashgahi et al., 2018). Анализ данных проводили с помощью программного обеспечения SPSS 16. Тест Колмогорова-Смирнова применяли, чтобы оценить нормальность данных о растительном покрове, а тест Левена − чтобы измерить равенство дисперсий. Односторонний дисперсионный анализ применяли для анализа групп, тест Дункана − для межгрупповых сравнений.

Результаты

Флористический состав. В общей сложности на территории исследования мы собрали и идентифицировали 57 видов и внутривидовых таксонов сосудистых растений, принадлежащих к 18 семействам (табл. 2). Все образцы хранятся в гербарии Научно-образовательного центра сельскохозяйственных и природных ресурсов Хузестана. Большинство видов относится к Сахарско-Синдийскому и другим флористическим регионам. В районе исследования доминируют однолетние растения.

Таблица 2. Список сосудистых растений на исследованной территории.

№	Семейства и виды/ Инфравидовые таксоны	Жизненная форма	Местные типы	Гербарный номер
	Amaranthaceae Juss. (включая Chenopodiaceae)			
1	*Atriplex leucoclada* Boiss. [s, s.d]	Ch	IT, ES, SS, M	3424, 2092, 3419, 4421
2	*Bassia eriophora* (Schrad.) Asch. [s]	Th	SS, M	1438, 2851
3	*Bassia hyssopifolia* (Pall.) Kuntze [s]	Th	IT, ES, SS, M	3515
4	*Bassia muricata* (L.) Asch. [s]	Th	SS, M	3011
5	*Beta vulgaris* L. [s]	Th	Cosm	3225, 4542
6	*Bienertia cycloptera* Bunge [s m]	Th	IT, SS, M	2318, 2069, 10828
7	*Chenopodium murale* L. [s]	Th	Cosm	2530, 3673, 10740
8	*Halocharis sulphurea* (Moq.) Moq. [s.d,s]	Th	IT, SS	3797, 3116, 10836
9	*Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. [s]	Ch	IT, SS	3831, 2332, 10839
10	*Halothamnus iranicus* Botsch. [s.d, s]	Ch	SS	2075, 2335, 10827
11	*Salsola incanescens* C.A.Mey. [s.d, s]	Th	IT, SS	3859, 3857
12	*Salsola jordanicola* Eig. [s.d, s]	Th	IT, SS, M	4468, 10833, 10843
13	*Seidlitzia rosmarinus* (Ehrenb.) Bge. ex Boiss. [s.d, s m]	Ch	IT, SS, M	2291, 4420, 4433
14	*Suaeda aegyptica* (Hasselq.) Zohary [s.d, s m]	Th	IT, SS, M	3825, 10834
15	*Suaeda vermiculata* Forssk. ex J.F.Gmel. [s.d, s] (=*Suaeda fruticosa* Forssk. ex J.F.Gmel.)	Ph	IT, SS, M	3845, 10832, 10841
	Apiaceae Lindl.			
16	*Ammi majus* L. [s.d, s]	Th	IT, SS	1663, 1366

Продолжение таблицы 2.

№	Семейства и виды/ Инфравидовые таксоны	Жизненная форма	Местные типы	Гербарный номер
	Asteraceae Bercht. & J.Presl			
17	*Calendula arvensis* (Vaill.) L. [s, m]	Th	IT, ES, SS	3136, 4520
18	*Carthamus oxyacantha* M.Bieb. [s.d, s, m]	Th	IT, SS	697, 1133
19	*Centaurea bruguierana* subsp. *belangeriana* (DC.) Bornm.	Th	IT, SS	429, 10339
20	*Launaea mucronata* subsp. *cassiniana* (Jaub. & Spach) N.Kilian [s.d]	Th	SS	3199
21	*Launaea procumbens* (Roxb.) Ramayya & Rajagopal [s.d]	He	IT, SS	1654
22	*Matricaria aurea* (Loefl.) Schultz-Bip.[s,m]	Th	IT, ES, SS	4501
23	*Onopordum leptolepis* DC. [s.d, s]	Th	IT, SS	3664, 3138
24	*Pentanema divaricatum* Cass. [s]	Th	IT, SS	674, 995
25	*Pulicaria vulgaris* Gaertn.[s]	Th	SS	53473
26	*Reichardia tingitana* (L.) Roth [s.d] (=*Reichardia orientalis* (L.) Hochr.)	Th	IT, SS	3164, 10332
27	*Senecio glaucus* L. [s.d]	Th	IT, ES, SS	289
28	*Urospermum picroides* (L.) Scop. ex F.W.Schmidt[s]	Th	IT, ES, SS	817
	Brassicaceae Burnett			
29	*Lepidium aucheri* Boiss. [s.d]	Th	SS	31
30	*Matthiola longipetala* (Vent.) DC. [s.d, s]	Th	IT, SS	752, 1295
	Capparaceae Juss.			
31	*Capparis spinosa* L. [s.d, s, m]	Ch	IT, ES, SS	3531, 3804
	Caryophyllaceae Juss.			
32	*Spergularia marina* (L.) Besser [s]	Th	IT, ES, SS	9052
	Convolvulaceae Juss.			
33	*Cressa cretica* L. [s.d, s]	He	IT, SS, M	3799
	Cucurbitaceae Juss.			
34	*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. [s, m]	He	IT, SS, M	2004
	Cyperaceae Juss.			
35	*Cyperus rotundus* L. [s, m]	C.g	IT, SS	2846, 79228
	Fabaceae Lindl.			
36	*Alhagi graecorum* Boiss. [s.d, s, m]	Ch	IT, SS, M	4424, 10069
37	*Lotus halophilus* Boiss. & Sprun.[s]	Th	SS	3118, 3213, 5360
38	*Medicago polymorpha* L. [s.d]	Th	IT, ES, SS	5328, 9074, 10090
	Frankeniaceae Desv.			
39	*Frankenia pulverulenta* L. [s]	Th	IT, ES, SS	3671
	Malvaceae Juss.			
40	*Malva parviflora* L. [s.d, s, m]	Th	IT, SS	1163, 10268
	Leguminosae Juss. (=Fabaceae Lindl., подсемейство Mimosaceae)			
41	*Prosopis farcta* (Banks & Sol.) J.F.Macbr. [s.d, s, m]	Ch	IT, ES, SS	465, 758
	Plumbaginaceae Juss.			
42	*Psylliostachys spicata* (Willd.) Nevski [s]	Th	IT, ES	728, 10993

Продолжение таблицы 2.

№	Семейства и виды/ Инфравидовые таксоны	Жизненная форма	Местные типы	Гербарный номер
	Poaceae Barnhart			
43	*Aegilops triuncialis* L. [s.d]	Th	IT, SS, M	5343
44	*Aeluropus lagopoides* (L.) Thwaites [s]	C.g	IT, ES, SS	173, 11039
45	*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl. [s]	C.g	IT, SS	11038
46	*Bromus danthoniae* Trin. [s.d]	Th	IT, ES	8009, 10547
47	*Bromus scoparius* L. [s.d]	Th	IT, ES	1756, 10446
48	*Hordeum murinum* subsp. *glaucum* (Steud.) Tzvelev [s.d] (=*Hordeum glaucum* Steud.)	Th	IT, ES, SS, M	10052
49	*Phalaris minor* Retz. [s.d]	Th	Cosm	256
50	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. [s.d]	C.he	Cosm	1475
51	*Stipa capensis* Thunb. [s.d]	Th	IT, SS	10083
	Primulaceae Batsch ex Borkh.			
52	*Anagallis arvensis* L. subsp. *arvensis* var. *caerulea* (L.) Gouan [s.d]	Th	IT, ES, SS	229, 10259
	Solanaceae Juss.			
53	*Lycium depressum* Stocks [s.d, s]	Ph	IT, ES, SS	466, 3640
	Tamaricaceae Link			
54	*Tamarix kotschyi* Bunge [s.d, s] (=*Tamarix leptopetala* Bunge)	Ph	IT, SS	2198
55	*Tamarix meyeri* Boiss. [s.d, s] (=*Tamarix tetragyna* Ehrenb. var. *meyeri* (Boiss.) Boiss.)	Ph	IT, ES, SS	10987
56	*Tamarix passerinoide*s Del. var. *passerinoides* [s.d, s]	Ph	IT, ES, SS	10985
57	*Tamarix passerinoides* var. *macrocarpa* Ehrenb. [s.d, s]	Ph	IT, SS	10986

Примечания к таблице 2. Жизненные формы: Ch – хамефиты, C.g – геофиты криптофиты, C.h – гидрофиты криптофиты, He – гемикриптофиты, Ph – фанерофиты, Th – терофиты; типы ареалов: IT – Ирано-туранский, ES – Евро-сибирский, M – Средиземноморский, SS – Сахарско-Синдийский, Cosm – повсеместные.

Видовое разнообразие. Тест Колмогорова-Смирнова выявил нормальность данных, которые оказались однородными и без расхождений. Мы использовали тест ANOVA, чтобы выяснить, насколько различались показатели в разные годы. Результаты показали значительную разницу между средним значением доминирования, индексами Шеннона и Симпсона, процентом покрытия и количеством видов в разные годы (табл. 3).

Результаты теста Дункана выявили, что в марте 2018 года средние значения всех показателей (за исключением процента покрытия) на участках с поверхностным орошением по бороздам и с ямами попало в одну группу, при этом значительно отличаясь от группы, высаженной сеялкой (вторая группа). В июле 2018 года другие показатели, за исключением численности видов, существенно различались по всем районам, тогда как в марте 2019 года различия их средних значений были несущественными. В июле 2019 года все показатели за исключением процентного содержания видов разделились на две группы: борозды и ямы с орошением (группа А) и высадка сеялкой (группа Б). Наконец, в марте 2020 года наблюдались существенные различия между методами с сеялкой, поверхностным орошением и поверхностным орошением по бороздам (табл. 4).

На участке с ямами процент растительного покрова увеличивался. Из-за заболачивания в результате сезонных паводков (осадки в марте 2018 г. и апреле 2019 г.) на участке с орошением по бороздам процент покрытия незначительно снизился, а затем поднялся в 2018 году. Из-за дождей в 2019 году на участке с ямами наблюдалось значительное увеличение доли естественного

растительного покрова, т.к. территория не была затоплена и растительный покров развивался естественным образом. В первый год (2018 г.) на участке с посевом сеялками естественный растительный покров отсутствовал, однако в последующие годы наблюдений были обнаружены местные виды (рис. 3).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа ANOVA за разные годы для изученных индексов.

Индекс	Категории сравнения	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F	Значимость (0.05)
Март 2018						
Количество видов	Между группами	30.02	2	15.01	54.95	0.00**
	Внутри групп	23.76	87	0.27		
	Всего	53.78	89			
Процент покрытия	Между группами	26554.76	2	13277.38	0.15	0.00**
	Внутри групп	26159.48	87	300.68		
	Всего	52714.24	89			
Доминирование	Между группами	13.01	2	6.50	97.01	0.00**
	Внутри групп	5.83	87	0.06		
	Всего	18.84	89			
Симпсона	Между группами	0.18	2	0.09	4.82	0.00**
	Внутри групп	1.63	87	0.01		
	Всего	1.81	89			
Шеннона	Между группами	0.43	2	0.02	5.15	0.00**
	Внутри групп	3.65	87	0.04		
	Всего	4.08	89			
Июль 2018						
Количество видов	Между группами	37.64	2	18.82	43.44	0.00**
	Внутри групп	37.25	86	0.43		
	Всего	74.89	89			
Процент покрытия	Между группами	84112.75	2	42056.38	76.94	0.00**
	Внутри групп	47005.99	86	546.58		
	Всего	131118.75	89			
Доминирование	Между группами	8.90	2	4.45	51.36	0.00**
	Внутри групп	7.45	86	0.08		
	Всего	16.36	89			
Симпсона	Между группами	0.66	2	0.33	12.67	0.00**
	Внутри групп	2.25	86	0.026		
	Всего	2.91	89			
Шеннона	Между группами	1.61	2	0.80	13.14	0.00**
	Внутри групп	5.28	86	0.06		
	Всего	6.89	89			
Март 2019						
Количество видов	Между группами	326.06	2	163.03	139.14	0.00**
	Внутри групп	101.93	86	1.17		
	Всего	428	89			
Процент покрытия	Между группами	41341.78	2	20670.89	48.92	0.00**
	Внутри групп	36760.83	86	422.53		
	Всего	78102.61	89			
Доминирование	Между группами	3.45	2	1.72	68.88	0.00**
	Внутри групп	2.18	86	0.02		
	Всего	5.63	89			

Продолжение таблицы 3.

Индекс	Категории сравнения	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F	Значимость)0.05(
Симпсона	Между группами	3.45	2	1.72	68.88	0.00**
	Внутри групп	2.18	86	0.02		
Симпсона	Всего	5.63	89			
Шеннона	Между группами	16.88	2	8.44	95.85	0.00**
	Внутри групп	7.66	86	0.08		
	Всего	24.54	89			
Июль 2019						
Количество видов	Между группами	32.68	2	16.34	37.61	0.00**
	Внутри групп	37.80	86	0.43		
	Всего	70.48	89			
Процент покрытия	Между группами	50457.75	2	25228.87	57.30	0.00**
	Внутри групп	38304.70	86	440.28		
	Всего	88762.45	89			
Доминирование	Между группами	0.64	2	0.32	4.63	0.00**
	Внутри групп	6.01	86	0.06		
	Всего	6.65	89			
Симпсона	Между группами	1.94	2	0.97	33.14	0.00**
	Внутри групп	2.55	86	0.02		
	Всего	4.49	89			
Шеннона	Между группами	4.91	2	2.45	34.28	0.00**
	Внутри групп	6.23	86	0.07		
	Всего	11.14	89			
Март 2020						
Количество видов	Между группами	130.06	2	65.03	35.46	0.00**
	Внутри групп	87.53	87	1.83		
	Всего	289.60	89			
Процент покрытия	Между группами	22294.68	2	11147.34	13.62	0.00**
	Внутри групп	71173.17	87	818.08		
	Всего	93467.86	89			
Доминирование	Между группами	1.38	2	0.69	36.72	0.00**
	Внутри групп	1.64	87	0.019		
	Всего	3.02	89			
Симпсона	Между группами		2	0.69	36.72	0.00**
	Внутри групп	1.64	87	0.019		
	Всего	3.02	89			
Шеннона	Между группами	8.64	2	4.32	50.17	0.00**
	Внутри групп	7.49	87	0.08		
	Всего	16.13	89			

На рисунке 4 показаны изменения доминантов среди местных видов на трех исследованных участках. На участке с посевом сеялками увеличение индекса доминирования происходило с

колебаниями. Однако на участках с ямами и бороздами он уменьшился в 2020 году.

Большинство видов (95%) на участке с ямами оказались однолетниками или имели очень короткий срок жизни, на участке с бороздами большинство (74%) также было однолетниками, но 7% оказалось многолетниками, а 19% − кустарниками. На участки с посевом сеялкой все виды оказались однолетниками (рис. 5, 6).

Обсуждение

Всего на территории исследования мы собрали и идентифицировали 57 видов и внутривидовых таксонов сосудистых растений, принадлежащих к 18 семействам. Самым обширным семейством оказалось Amaranthaceae (включая Chenopodiaceae) – 11 родов/15 видов (табл. 2). Местные виды региона играют для него огромную роль, потому что растительность способна удерживать подвижный песок с пылью и уменьшать выветривание почвы, снижая эрозию и скорость ветра (Al-Dousari et al., 2020; Meng et al., 2018). Для улучшения пастбищных угодий в аридных районах рекомендуется использовать сооружения для сбора осадков и хранения воды, а также выращивать подходящие виды растений (Zare et al., 2020; Dinarvand et al., 2021). Контурные борозды и ямы хорошо подходят для сбора поверхностного стока, повышения содержания почвенной влаги, развития растительности, а также восстановления земель в пустынных районах (Jahantigh, Pessarakli, 2009). Полукруглые насыпи на пастбищах Горик в г. Захедан положительно повлияли на их урожайность, растительный покров, состав растительных сообществ и влажность почвы (Delkhosh, Bagheri, 2012). Результаты этого исследования в трех пылеобразующих очагах на юго-востоке Ахваза показали, что различные методы орошения наряду с осадками улучшили растительный покров (его проективное покрытие), а также количество и разнообразие видов в период с 2018 по 2020 гг.

Мы обнаружили достоверные различия для индекса доминирования, индексов Шеннона и Симпсона, процентного покрытия и количества видов в разные годы (табл. 3). В марте 2018 года на участке с посевом сеялкой растительности не было, однако в июле 2018 года *Bienertia cycloptera* Bunge (однолетнее растение из семейства Chenopodiaceae) и *Aeluropus lagopoides* (L.) Thwaites (семейство Poaceae) были в небольшом количестве обнаружены растущими в ямах, а в последующие годы здесь были зарегистрированы и местные виды (рис. 3). Благодаря лучшей влагообеспеченности участок с поверхностным орошением по бороздам был в лучшем состоянии по количеству видов и растительному покрову. Здесь были найдены и такие виды, как *Tamarix passerinoide*s Del., *Cyperus rotundus* L. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., требующие более высокого содержания влаги в почве. Однако на участке с ямами доминировали однолетники, а также *Atriplex leucoclada* Boiss. и *Salsola jordanicola* Eig., принадлежащие к семейству Chenopodiaceae.

Таблица 4. Результаты теста Дункана для изученных индексов при разных видах полива и значимости группы равной 0.05.

Индексы	Тип посадки	Март 2018	Июль 2018	Март 2019	Июль 2019	Март 2020
Количество видов	сеялка	0.00^{a}	0.1^{a}	4.63^{b}	0.86^{a}	4.20^{a}
	ямы	1.1^{b}	1.5^{b}	6.50^{c}	2.03^{b}	6.76^{b}
	борозды	1.3^{b}	1.4^{b}	1.86^{a}	2.23^{b}	4.23^{a}
Процент покрытия	сеялка	0.00^{a}	0.34^{a}	9.78^{a}	9.33^{a}	57.22^{a}
	ямы	4.9^{a}	15^{b}	62.27^{c}	22.16^{b}	42.71^{a}
	борозды	38.6^{b}	71^{c}	35.62^{b}	64.73^{c}	80.90^{b}
Доминирование	сеялка	0.00^{a}	0.10^{a}	0.41^{b}	0.86^{b}	0.45^{b}
	ямы	0.77^{b}	0.65^{b}	0.33^{a}	0.70^{a}	0.26^{a}
	борозды	0.83^{b}	0.85^{c}	0.78^{c}	0.67^{a}	0.56^{c}
Симпсона	сеялка	0.00^{a}	0.00^{a}	0.58^{b}	0.00^{a}	0.54^{b}
	ямы	0.93^{b}	0.21^{c}	0.66^{c}	0.29^{b}	0.73^{c}
	борозды	0.97^{b}	0.11^{b}	0.21^{a}	0.32^{b}	0.43^{a}
Шеннона	сеялка	0.00^{a}	0.00^{a}	1.10^{b}	0.00^{a}	0.97^{a}
	ямы	0.14^{b}	0.33^{c}	1.35^{c}	0.48^{b}	1.54^{b}
	борозды	0.15^{b}	0.17^{b}	0.33^{a}	0.51^{b}	0.82^{a}

Результаты теста Дункана показали (табл. 4), что видовое разнообразие в марте 2018 года (в первый год посадки растений) на участках с поверхностным орошением по бороздам и ямам отличалось незначительно, однако они сильно отличались от участка с посевом сеялкой, где на тот момент растительности не было. В июле 2018 года после нескольких поливов и прошедших дождей под влиянием местных видов процент проективного покрытия растительного покрова особенно изменился, поэтому показатели оказались значительными по всем участкам. Увеличение индекса доминирования на участке с посевом сеялкой происходило с колебаниями из-за смены доминантов среди местных видов, однако в 2018 году на участках с ямами и бороздами индекс снизился. В марте 2019 года неожиданно выпавшие в регионе осадки (табл. 1) вызвали значительные изменения в растительности: на участке с поверхностным орошением по бороздам из-за заболачивания от сезонных паводков процент проективного покрытия растительности незначительно снизился. С другой стороны, из-за этого на участках с ямами и с посевом сеялкой, находившихся вдали от затопленных территорий, наблюдалось значительное увеличение процента проективного покрытия естественного растительного покрова.

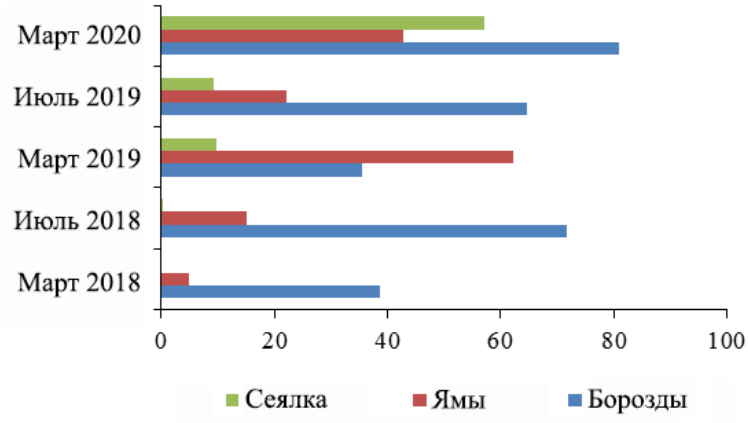

Рис. 3. Изменения процентного покрытия местными видами за 2018-2020 гг. с учетом использования трех разных методов посадки.

Рис. 4. Сравнение доминирования растительного покрытия из местных видов при различных режимах полива и с учетом использования трех разных методов посадки.

Таким образом, среднее значение всех индексов показало значимые различия для всех участков. В июле 2019 года на участке, где проводился посев сеялкой, были зарегистрированы низкое

проективное покрытие растительности и высокое доминирование. Индексы видового разнообразия показали значительные различия между участками с орошением по бороздам и ямами (группа А) и участком с посевом сеялкой (группа Б). Кроме того, наибольшее увеличение индекса доминирования наблюдалось в июле 2019 года на участке с ямами и с посевом сеялкой, что связано с большим количеством дождей в марте. В марте 2020 года при обычном количестве осадков и после трехлетнего полива наблюдались существенные различия между значениями видового разнообразия на участках с посевом сеялкой, с ямами и с бороздами. В целом, участок с ямами и низким доминированием (рис. 4) показал лучшее видовое разнообразие по индексам Шеннона и Симпсона, а участок с посевом сеялкой − худшее. Но 95% видов на участке с ямами оказались однолетними, а значит, в другое время года их здесь уже не будет (рис. 5), что делает показатели его видового разнообразия временными. Другими словами, 26% видов на участке с бороздами были представлены многолетниками и кустарниками (рис. 6). Многолетние виды крайне полезны для закрепления почв, хотя и однолетние играют ключевую роль в почвообразовании.

Рис. 5. Процентное соотношение жизненных форм растений на участке с посадкой в ямы.

Рис. 6. Процентное соотношение жизненных форм растений на участке с посадкой в борозды.

Похожее исследование, проведенное S. Zarekia с соавторами (2015), показало, что высадка в борозды повлияла на *Astragalus squarrosus* лучше, чем методы с использованием ям и полукруглых насыпей. Исследование A. Chamani с соавторами (2011), посвященное пастбищам провинции Голестан, показало, что борозды лучше подходят для восстановления местных видов. Изучая восстановление пастбищ Болбол в г. Йезде, Z. Jaffarian и A. Mirjalili (2017) пришли к выводу, что улучшить состояние растительности возможно при использовании методик, защищающих от осадков, таких как рытье ям и контурных борозд.

Таким образом, результаты показали, что методы орошения посевных площадей и защиты от осадков эффективны для улучшения видового разнообразия местной растительности в пустынях или для восстановлении уязвимых пастбищ.

Выводы

Одним из важнейших мероприятий, которые оптимизируют использование почвы и воды в аридных и полуаридных регионах, является постройка сооружений для сохранения почвы и воды, в частности, сооружений для накопления осадков. Метод высадки в ямы, разрытые экскаватором, потребовал меньше воды для полива по сравнению с бороздами. Кроме того, ямы, имея сравнительно большую площадь и глубину, могут вмещать больше воды, чем поля, обработанные сеялкой, и обеспечивать возможность для посадки семян кормовых или лекарственных растений, таких как *Capparis spinosa* L. и *Seidlitzia rosmarinus* (Ehrenb.) Bge. ex Boiss., *Suaeda vermiculata* Forssk. ex J.F. Gmel., а также саженцев. С другой стороны, борозды обеспечивают лучшее орошение территории во время сезона дождей и подходящий субстрат для роста и всхожести семян.

Таким образом, комбинирование двух вышеупомянутых методов − посадку в борозды (без поверхностного орошения) и использование глубоких ям − является лучшим и экономичным

способом восстановления естественного растительного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Abbasi H.R. 2021. Physicochemical Properties of Soils in Khuzestan Dust Sources // Research Institute Forests and Ranglands. Iran. P. 85.

Al-Dousari A., Ramadan A., Al-Qattan A., Al-Ateeqi S., Dashti H., Ahmed M., Al-Dousari N., Al-Hashash N., Othman A. 2020. Cost and Effect of Native Vegetation Change on Aeolian Sand, Dust, Microclimate and Sustainable Energy in Kuwait // Journal of Taibah University for Science. No. 14 (1). P. 628-639.

APG IV. 2016. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants // Botanical Journal of the Linnean Society. Vol. 181. P. 1-20.

Asri Y. 1995. Phytosociology. Tehran: Publishing Research's Institute of Forests and Rangelands. Vol. 134. P. 285.

Assadi M., Maassoumi A.A., Khatamsaz M., Mozaffarian V. 1988-2018. Flora of Iran. Vol. 1-147. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands Publications.

Atashgahi Z., Ejtehadi H., Mesdaghi M., F. Ghassemzadeh. 2018. The Existence of a Unimodal or Monotonic Pattern in Species Richness and Diversity Along an Elevation Gradient: A Case Study in Heydari Wildlife Refuge, NE Iran // Nova Biologica Reperta. No. 5 (3). P. 289-296.

Azhdari A., Heydarian P., Judaki M., Darvishi Khatony J., Shahbazi R. 2015. Identification of Dust Resources in Khuzestan proviNce. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Southwest Region, Ahvaz. 55 p.

Capilleri P.P., Motta E., Raciti E. 2016. Experimental Study on Native Plant Root Tensile Strength for Slope Stabilization // Procedia Engineering. No. 158. P. 116-121.

Chamani A., Tavan M., Hoseini S.A. 2011. Effect of Three Operation Systems of Contour Furrow, Pitting and Enclosure on Rangeland Improvement (Case Study: Golestan Province, Iran) // Journal of Rangeland Science. No. 2 (1). P. 379-387.

Davis P.H. 1967-1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1-8. Edinburgh.

De Baets S., Poesen J., Reubens B., Muys B., De Baerdemaeker J., Meersmans J. 2009. Methodological Framework to Select Plant Species for Controlling Rill and Gully Erosion: Application to a Mediterranean Ecosystem // Earth Surface Processes and Landforms. No. 34. P. 1374-1392.

Delkhosh M., Bagheri R. 2012. Investigating the Effect of Mechanical Project Crescent on Production, Canopy Cover Percentage, Plant Composition and Soil Moisture in Gurik Range Management Project. The First National Conference on Rainwater Levels Systems.

Dinarvand M. 2021. Flora of Khuzestan. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands Publications. 808 p.

Dinarvand M., Ejtehadi H., Farzam M., Andarzian S.B. 2016. A Survey on the Impacts of Environmental Factors on Biodiversity, and Modeling the Effects of Climate Change on Certain Species Distribution in Shimbar Protected Area, Khuzestan Province, SW Iran. Department of Biology. Ph.D. Degree Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.

Dinarvand M., Keneshloo H., Fayaz M. 2018. Vegetation of Dusty Place in Khuzestan Province // Iran Nature. No. 3 (3). P. 32-42.

Dinarvand M., Fayaz M., Behnamfar K., Khaksarian F., Yasreby B., Arami S.A. 2021. An Assessment of Species Diversity and Vegetation Richness Indices in Two Dust Centers of Khuzestan Province // The Iranian Journal of Biology. No. 9 (4). P. 73-87.

Dinarvand M., Jamzad Z. 2020. Plant Diversity of Khuzestan and Dust Sources in the Southwest of Iran, with a Checklist of Vascular Plants // Phytotaxa. No. 434 (3). P. 219-254.

Djamali M., Brewer S., Breckle S.W., Jackson S.T. 2012. Climatic Determinism in Phytogeographic Regionalization: A Test from the Irano-Turanian Region, SW and Central Asia // Flora. Vol. 207. P. 237-249.

Zuazo D.V.H., Pleguezuelo R.C.R. 2008. Soil Erosion and Runoff Prevention by Plant Cover: A Review // Agronomy for Sustainable Development. No. 28. P. 65-86.

Ejtehadi H., Sepehry A., Akafi H.R. 2008. Methods of Measuring Biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad. Publication No. 530. 228 p.

Fehmi J.S., Hammond M., Bartolome J.W. 2008. Alignment of Elongated *Nassella pulchra* Plants with Hill-Slope Contours // Arid Land Research and Management. No. 22. P. 212-215.

Ford H., Garbutt A., Ladd C., Malarkey J., Skov M.W. 2016. Soil Stabilization Linked to Plant Diversity and Environmental Context in Coastal Wetlands // Journal of Vegetation Science. No. 27. P. 259-268.

Guiterrez J., Hernandez I.I. 1996. Runoff and Inter-Rill Erosion as Affected by Grass Cover in a Semi-Arid Rangeland of Northern Mexico // Journal of Arid Environments. No. 34. P. 287-295.

Gyssels G., Poesen J., Bochet E., Li Y. 2005. Impact of Plant Roots on the Resistance of Soils to Erosion by Water: A Review // Progress in Physical Geography. No. 29. P. 189-217.

Hands D.E., Brown R.D. 2002. Enhancing Visual Preference of Ecological Rehabilitation Sites // Landscape and Urban Planning. No. 58. P. 57-70.

Hector A., Hautier Y., Saner P., Wacker L., Bagchi R., Joshi J., Scherer-Lorenzen M., Spehn M., Bazeley-White E., Loreau M. 2010. General Stabilizing Effects of Plant Diversity on Grassland Productivity through Population Asynchrony and Overyielding // Ecology. No. 91. P. 2213-2220.

Heidarian P., Azhdari A., Joudaki M., Khatooni J.D., Firoozjaei S.F. 2018. Integrating Remote Sensing, GIS, and Sedimentology Techniques for Identifying Dust Storm Sources: A Case Study in Khuzestan, Iran // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. No. 46 (7). P. 1113-1124.

Isbell F., Calcagno V., Hector A., Connolly J., Harpole W.S., Reich P.B., Scherer-Lorenzen M., Schmid B., Tilman D., Loreau M. 2011. High Plant Diversity is Needed to Maintain Ecosystem Services // Nature. No. 477. P. 199-203.

Jaffarian Z., Mirjalili A. 2017. The Effect of Contour Furrow and Pitting on Increase of Vegetation Cover in Rangelands (Case Study: Bolbol Region in Yazd Province) // Iranian Journal of Ecohydrology. No. 4 (2). P. 369-377.

Jahantigh M., Pessarakli M. 2009. Utilization of Contour Furrow and Pitting Techniques on Desert Rangelands: Evaluation of Runoff, Sediment, Soil Water Content and Vegetation Cover // Journal of Food, Agriculture and Environment. No. 7 (2). P. 736-739.

Kent M. 2012. Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach. Oxford: Wiley-Blackwell.

Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector A., Hooper D.U., Huston M.A., Raffaelli D., Wardle D.A. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges // Science. No. 294. P. 804-808.

Masoudi M., Elhaeesahar M. 2016. Trend Assessment of Climate Changes in Khuzestan Province, Iran // Natural Environment Change. No. 2 (2). P. 143-152.

Meng Zh., Dang X., Gao Y., Ren X., Ding Y., Wang M. 2018. Interactive Effects of Wind Speed, Vegetation Coverage and Soil Moisture in Controlling Wind Erosion in a Temperate Desert Steppe, Inner Mongolia of China // Journal of Arid Land. 10. P. 534-547.

Mesdaghi M. 2005. Plant Ecology. Publication of Jahade Daneshgahi. 187 p.

Mozaffarian V. 1999. Flora of Khuzestan. Vol. 1 Ahvaz: Ministry of Jahade Sazandegy, Research Center of Natural Resources and Husbandary of Khuzestan. 276 p.

Mozaffarian V. 2005. Trees and Shrubs of Iran. Farhang Moaser Publishers. 1003 p.

Naeem S., Duffy J.E., Zavaleta E. 2012. The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction // Science. No. 336. P. 1401-1406.

Quijas S., Schmid B., Balvanera P. 2010. Plant Diversity Enhances Provision of Ecosystem Services: A New Synthesis // Basic and Applied Ecology. No. 11. P. 582-593.

Raunkiaer C. 1934. The Life Form of Plants and Statistical Plant Geography. Oxford: Clarendon Press. 632 p.

Rechinger K.H. 1963-2015. Flora Iranica. Vol. 1-181.

Steinke D.R., Majak W. 2010. Cattle Can Tolerate High Molybdenum Forage Grown on Reclaimed Mine Tailings: A Review // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. No. 24. P. 255-266.

Svobodova K., Sklenickab P., Molnarovab K., Salekc M. 2012. Visual Preferences for Physical Attributes of Mining and Postmining Landscapes with Respect to the Sociodemographic Characteristics of Respondents // Ecological Engineering. No. 43. P. 34-44.

Tao Y., Zhang Y.M., Downing A. 2013. Similarity and Difference in Vegetation Structure of Three Desert Shrub Communities under the Same Temperate Climate but with Different Microhabitats // Botanical Studies. No. 54. P. 1-14.

Townsend C.C., Guest E. 1974-1985. Flora of Iraq. Vol. 3, 4, 8. Baghdad.

Turnbull L.A., Isbell F., Purves D.W., Loreau M., Hector A. 2016. Understanding the Value of Plant Diversity for Ecosystem Functioning Through Niche Theory // Proceedings of The Royal Society. Vol. 283. P. 1-9.

Van der Maarel E. 2005. Vegetation Ecology. Oxford: Blackwell Publishing.

Yadav S.K., Mishra G.Ch. 2013. Biodiversity Measurement Determines Stability of Ecosystems // International Journal of Environmental Science: Development and Monitoring (IJESDM). No. 4 (3). P. 68-72.

Zare M.T., Fayaz M., Zarekia S., Baghestani M.N., Abolghasemi M. 2020. Effects of Different Methods of Rainfall Storage and Cultivation Season in the Establishment of Ferula Tabasensis Species in Yazd Province (Case Study: Kalmand Bahadoran Rangeland) // Iranian Journal of Range and Desert research. No. 27 (1). P. 24-35.

Zarekia S., Fayaz M., Zare T., Abolghasemi M. 2018. Study of Methods of Rain Harvesting and Season Planting in Initial Establishment of Astragalus Squarrosus in Yazd Province (Case Study: Kalmand Bahadoran Rangelands) // Desert Management. No. 11. P. 39-50.

Zohary M. 1966-1986. Flora Palaestina. Vol. 1-4. Jerusalem: The Israel Academy of Science and Humanities.

Zohary M. 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East. 2 vols. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 765 p.