

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ОБСОХШЕЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

© 2006 г. Ж. В. Кузьмина*, СЕ. Трешкин**, Н.К. Мамутов**

*Институт водных проблем РАН
119991, Москва, ул. Губкина, 3, Россия

**Институт биоэкологии Каракалпакского отделения АНРУз
742000, Нукус, пр. Бердаха, 41, Узбекистан

В связи с сильным увеличением количества пыльных бурь и солевого выноса с оголенных солончаков осушенного дна Аральского моря (Глазовский, 1990; Григорьев, 1985; Рубанов, Богданова, 1987), в настоящее время чрезвычайно актуальной задачей является предотвращение опасного выноса солей и пылевого материала с этой территории. Одним из наиболее перспективных и наименее затратных решений этой проблемы является искусственное формирование растительного покрова на оголенных солончаках обсохшей части моря.

С конца 2002 года на голых солончаках обсохшего дна Аральского моря, Институтом биоэкологии АН РУз и Университетом Бен-Гурион (Израиль) при финансовой поддержке фонда USAID (США)¹ были начаты работы по искусственному формированию растительного покрова из аборигенных, устойчивых к засолению видов растений в условиях максимально приближенных к естественным (Кузьмина и др., 2004).

Учитывая хозяйственную и кормовую ценность отдельных видов растений и сообществ (Верник и др., 1964; Ережепов, 1978; Бахиев и др., 1989), резко изменяющиеся экологические условия в низовьях Амударьи (Novikova et al., 1998; 2001), а также опыт восстановления растительности обсохшей части моря в Казахстане (Димеева, 2003), для формирования растительного покрова в Каракалпакской части обсохшего дна Арала были выбраны и испробованы несколько видов растений: кустарники - *Haloxylon aphyllum*, *Salsola richteri*, *Calligonum caput-medusae*, травяной многолетник - *Ceratoides papposa*, а также однолетники - *Kochia iranica* и *Climacoptera lanata*, которые по мере необходимости планировалось поливать в вегетационный период засоленными сбросными водами (один-два раза).

Под посадку кустарников на солончаках использовались участки размером 50x300 м², которые разбивались на стандартные гряды длиной по 50 м², для того, чтобы между ними можно было бы пускать полив по межрядовым углублениям, без непосредственного заливания корневых шеек растений. В 2002-2003 годах нами было установлено, что при посадке кустарников после боронования (Кузьмина и др., 2004), от атмосферного и поверхностного увлажнения на почве образуется солевая корка, которая перетирает нежные молодые растения и приводит к их усыханию. Поэтому серия новых опытов была заложена на новом участке солончаков при рядовой посадке.

Последующий сравнительный анализ произрастания испытываемых видов растений проводился на контрольных участках равной величины.

Проведению полевых работ предшествовали контрольные лабораторные измерения всхожести и прорастания семян галофитных аборигенных видов (Кузьмина и др., 2004).

¹ This research was supported under Grand № TA - МОИ - 01 - CA21 - 035 funded by the U.S. - Israel Cooperative Development Research Program, Bureau for Economic growth, Agriculture, and Trade, U.S. Agency for International Development

Условия культивирования кустарников и трав

Участок с посадками кустарников *Haloxylon aphyllum*, *Salsola richteri*, *Calligonum caput-medusae* и многолетника *Ceratoides papposa* находится в обсохшей части Аральского моря, северо-восточнее г. Муйнак и представлен остаточными солончаками. Из-за неудовлетворительного состояния участка с посадками кустарников, вследствие неблагоприятных климатических условий весны и лета 2003 года, рядом с ним, по новой технологии был заложен новый опытный участок в 300 м восточнее первоначального, заложенного в 2002 году (43°48.8'с.ш., 59°2.55'в.д.; Кузьмина и др., 2004). Для предотвращения обильного появления однолетних видов солянок (*Salsola spp.*, *Suaeda spp.*), которые угнетают всходы кустарников, было проведено боронование, как в 2002 и 2003 годах, а глубокая вспашка территории и закладка гряд. Через каждые шесть гряд был разбит нейтральный (пустой) участок для прохода сельскохозяйственного транспорта, шириной в 6 м. Каждая грядка отделяется углублением в 30-45 см для сбора аномально высоких осадков и предотвращения образования соляной корки на почве, а также для осуществления летних поливов. Расстояние между грядами составляло 2 м, единичные экземпляры растений также сажались вдоль гряд через каждые 2 м. Посадку кустарников проводили 19 декабря 2003 года вручную, используя при этом подготовленный лесхозом посадочный материал: саксаула (*Haloxylon aphyllum*) и черкеза (*Salsola richteri*) в возрасте 1 года (саженцы) и кандыма (*Calligonum caput-medusae*) - черенками. На этом же солончаковом участке 17 апреля 2004, после обильных дождей, по пустым, подготовленным заранее, грядам высевались семенами многолетник *Ceratoides papposa*. Семенной материал был собран авторами осенью 2002 и 2003 годов в регионе проведения работ.

К сожалению, из-за возникших трудностей с финансированием проекта количество поливов и их частоту было трудно регулировать. В течение 2004 года полив посадок кустарников производился два раза. Первый раз полив производился 15 мая 2004 г. и длился 4 часа с расходами воды 10 м³/час. Таким образом, участок в 0.5 га получил 40 м³ воды. Вторичный более длительный и качественный полив был осуществлен с 7 по 9 июля 2004 года. Полив проводился 2 дня: 7 июля на участок в 0.5 га закачали 694 м³ воды, которая имела засоление 2.3 г/л, а 9 июля на тот же участок было доставлено 936 м³ воды при засолении 2.1 г/л. Таким образом, вторичный полив составил 1630 м³ для участка в 0.5 га. Трудности полива заключались в том, что вода, подаваемая на участок, практически не задерживалась в междурядьях, а по глубоким суффозионным трещинам и просадкам уходила в нижележащие горизонты почвогрунтов, оставляя верхние 0.3-0.5 м, практически, сухими. К сожалению, такое строение солончаковых равнин бывшего морского дна Арала связано с характером обсыхания территории, а также с подстилающими материнскими породами. Таким образом, полив на участке солончаков обсохшего дна Арала не имел ожидаемого эффекта, несмотря на внушающие объемы полива. Увлажнение непосредственно гряд возможно было лишь за счет капиллярного подъема воды из нижележащих горизонтов.

Анализ распределения солей и влажности в почве

Засоление и влажность почвы под посадками кустарников на этом новом участке анализировались на основании восьми шурфов и трех скважин, пробуренных почвенным буром до глубины 3 м. Два шурфа были заложены 19 декабря 2003 года перед посадкой саженцев, два шурфа были выполнены 14 апреля 2004 года, по одному шурфу - 11 мая и 8 августа 2004 года, два шурфа - 21 апреля 2005 года. Почвы под посадками кустарников, были представлены остаточными (автоморфными), слегка отакыренными с поверхности солончаками на песчаных морских отложениях со среднезвешенным засолением метровой толщи от 1.52% до 1.86% по сухому остатку. Максимальная степень засоления солончаков отмечается на глубине 10-70 см, достигая от 2% до 4% по сухому остатку для различных горизонтов. В целом, солевые профили участков, выбранных под полив и под контроль (без полива) довольно однородны по своему

строению, а солончаки по своей структуре близки к типичным. В основном солончаки имеют сульфатно-хлоридный по анионам и кальциево-натриевый по катионам тип засоления².

Разногодичные изменения засоления для почв (в том числе и средневзвешенного) на участке кустарников рассматривались, начиная с декабря 2003 года по апрель 2005 года. Анализ содержания солей в почвенном профиле участка кустарников без полива в декабре 2003 года (перед посадкой кустарников) и в апреле 2004 года показывает, что произошло некоторое рассоление солончаков с поверхности (0-30 см) и перемещение солей в более низкие горизонты почвы (30-70 см). Это целиком связано с аномально высоким зимним увлажнением территории в ноябре и декабре 2003 года, а также с повышенным количеством весенних атмосферных осадков в 2004 году (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение сумм атмосферных осадков за последние четыре года (2002-2005) с нормами осадков для разных периодов времени: 1937-1965 - отсутствие Аральского кризиса; 1965-2002 - полный период существования Аральского кризиса; 1980-2002 период активной фазы развития Аральского кризиса. **Table 1.** A comparison of the sums of atmospheric precipitation for the last four years (2002-2005) with the precipitation norms for different time periods (station Chimbay): 1937-1965 - absence of the Aral crisis; 1965-2002 - full period of existence of the Aral crisis; 1980-2002 periods of an active phase of development of the Aral crisis.

Годы и периоды	Осадки в мм и в % от нормы: за период												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2002 (мм)	15.3	53.4	18.3	33.8	42.7	55.1	4.6	11.9	0.7	0.7	0.4	2.9	239.8
2003 (мм)	5.9	17.8	35.0	21.3	72.2	31.2	—	0.3	—	15.9	45.1	69.0	313.7
2004 (мм)	2.4	36.7	0.0	64.6	33.5	3.8	3.9	н/д	н/д	2.8	7.0	8.1	162.8
2005 (мм)	20.8	0.0	9.4	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	2.4	10.1	22.5	н/д
1937-1965 (мм)	8.4	11.4	13.6	13.2	10.3	4.2	3.5	2.7	3.1	7.7	5.5	7.1	90.8
1965-2002 (мм)	12.2	10.4	19.8	19.4	16.6	5.5	2.5	2.9	3.5	8.7	11.3	12.6	125.3
1980-2002 (мм)	12.3	9.9	21.5	16.7	19.6	6.4	2.3	3.8	3.5	7.5	12.6	12.4	130.6
2002(%) от 1965-2002	126	515	92	174	257	1003	186	405	20	8	4	23	191
2003(%) от 1965-2002	48	172	177	110	434	568	н/д	10	н/д	183	398	548	250
2004(%)от 1965-2002	20	353	-	333	202	69	156	н/д	н/д	32	62	64	130
2005(%)от 1965-2002	170	—	47	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	28	89	179	н/д
2002(%) от 1980-2002	125	539	85	203	218	867	202	315	20	9	3	23	184
2003(%) от 1980-2002	48	180	163	128	369	491	н/д	8	н/д	212	358	556	240
2004(%)от 1980-2002	20	371	—	387	171	59	170	н/д	н/д	37	56	65	125
2005(%) от 1980-2002	169	—	44	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	32	80	181	н/д
2002(%) от 1937-1965	182	467	134	255	415	1301	130	435	22	9	7	41	264
2003(%) от 1937-1965	70	156	257	161	702	737	н/д	11	н/д	206	820	972	345
2004(%) от 1937-1965	29	322	—	489	325	90	111	н/д	н/д	36	127	114	179
2005(%)от 1937-1965	248	69	69	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	31	184	317	н/д

н/д - данные отсутствуют, н/д - no data.

Так, засоление в горизонтах 0-10 см и 10-30 см с декабря 2003 по апрель 2004 года понизилось с 1.65% (по сухому остатку) до 1.28% и с 2.13% до 0.97% для соответствующих горизонтов. В то же время засоление в горизонте 30-50 см и 50-70 см увеличилось за этот же период с 3.06% до 3.84% и с 1.36% до 1.79% соответственно. На глубине 70-100 см изменения практически

²Тип засоления для анионов определялся по соотношениям $HC03/(C1+S04)$ и $Cl/S04$, и для катионов - по $(Na+K)/(Ca+Mg)$ и Ca/Mg в соответствии с "Классификацией и диагностикой почв..." (1977) и "Методическими рекомендациями ..." (1985).

отсутствовали (0.30% и 0.38%).

При этом средневзвешенное засоление на 100 см почвенной толщи в почвах под кустарниками с 19 декабря 2003 года по 14 апреля 2004 года изменилось незначительно. Для контрольного участка средневзвешенное засоление метровой толщи вообще не изменилось и составило как в декабре 2003 года, так и в апреле 2004 года - 1.56% по сухому остатку. На участке, запланированном под полив, с декабря 2003 года по апрель 2004 года средневзвешенное засоление метровой толщи даже немного увеличилось с 1.56% до 1.92% по сухому остатку. Однако при этом степень засоления не изменилась, оставаясь как в декабре 2003 г., так и в апреле 2004 г. в пределах сильной (солончаковой) степени засоления почв, которая характеризуется значениями от 1% до 2 % засоления по сухому остатку (Методические рекомендации..., 1985). На двух участках (с поливом и без полива) в этот период полив не проводился, так что сравниваемые результаты химических анализов почв относятся к естественным условиям. Отсутствие существенных изменений для средневзвешенного засоления с 19 декабря 2003 года по 14 апреля 2004 года объясняется малыми изменениями в количестве атмосферных осадков с января 2004 года по март (вплоть до середины апреля) 2004 года (табл. 1). Но уже 11 мая 2004 года, после обильных весенних дождей апреля и мая 2004 года, когда выпало 64.6 мм и 33.5 мм осадков, что составило 489% и 325% от нормы осадков за период 1937-1965 годов соответственно (табл. 1), почвы на участке под кустарниками частично рассолились. На участке с кустарниками, предназначенном для полива (однако еще до осуществления летних поливов), средневзвешенное засоление первых 100 см почвенной толщи за один месяц снизилось от 1.92% (14 апреля 2004) до 1.66% (11 мая 2004) по сухому остатку. Средневзвешенное засоление второго метрового слоя почвы (от 100 до 200 см) составило здесь 11 мая 2004 г. - 1.13%, и третьего метра (от 200 до 300 см) - 1.51%. При этом общее средневзвешенное засоление трехметрового почвенного разреза (от 0 до 300 см) на участке под кустарниками с поливом и без полива 11 мая 2004 г. (до осуществления поливов) было идентичным (также как и в декабре 2003 года) и составило по 1.43%.

Ровно через год, 21 апреля 2005 года, на рассматриваемом участке кустарников средневзвешенное засоление снизилось не только для каждого метрового слоя почвы, но и для общего средневзвешенного засоления всей трехметровой толщи как для участка с поливом, так и для участка без полива.

Для первого метрового слоя почвы (для 0-100 см) средневзвешенное засоление снизилось в средней степени (на 0.36%) при поливе и в слабой степени (на 0.02%) без полива: до 1.43% (при поливе) и до 1.64% (без полива);

для второго метрового слоя почвы (для 100-200 см) средневзвешенное засоление снизилось в средней степени (на 0.27% и 0.29%): до 0.86% (при поливе) и до 0.84% (без полива);

для третьего метрового слоя почвы (для 200-300 см) средневзвешенное засоление снизилось в средней степени (на 0.39%) при поливе и в сильной степени (на 0.80%) без полива: до 1.12% (при поливе) и до 0.71% (без полива);

для всего почвенного разреза (для 0-300 см) средневзвешенное засоление снизилось в средней степени (на 0.29% и 0.28%): до 1.14% (при поливе) и до 1.15% (без полива).

Таким образом, сравнение разногодичных изменений засоления почв на участке кустарников с начала производства работ на новом месте (с декабря 2003 года) с данными 11 мая 2004 года и 21 апреля 2005 года, выявляет значительное рассоление почвенных профилей на протяжении этих полутора лет, которое характерно, как для естественных (контрольных) условий без полива, так и для условий с поливом. Такое рассоление солончаков на бывших морских отложениях обсохшей части Аральского моря полностью связано с климатическими изменениями и, в наибольшей степени, с увеличением атмосферных осадков (Кузьмина и др., 2004) в осенне-зимне-весенний период, начиная с 2002 года.

Влажность почвы на участке солончаков под посадками кустарников с декабря 2003 г по май 2004 г также претерпела изменения. В декабре 2003 и в апреле 2004 г первые 0-10 см почвы

были довольно сильно иссушены (0.41% и 0.72% соответственно). В мае (11.05.2004) в горизонте 0-10 см влажность почвы за счет обильных весенних осадков (9 мая 2004 г был сильный дождь) достигла 14.25%, в то время как второй почвенный горизонт 10-30 см в мае 2004 был довольно сильно иссушен 2.37%, что было сравнимо с декабрьскими значениями влажности почвы для этого горизонта (2.15%). В апреле 2004 влажность почвы в горизонте 10-30 см достигала 7.03%.

Горизонт максимальной влажности в пределах первого метра почвы располагался на глубине 30-50 см для декабря 2003 (10.41%) и апреля 2004 (14.33%) и на глубине 30-70 см для мая 2004 г (15.7% для 30-50 см; 16.28% для 50-70 см). С декабря 2003 года по май 2004 года происходило постоянное плавное повышение увлажнения в горизонте максимальной влажности почвы в пределах первого метрового слоя почвы.

Также с декабря по май происходило повышение увлажненности в горизонте 50-70 см (3.5%, 9.96%, 16.28%) и в горизонте 70-100 см (5.08%, 13.75%).

Таким образом, анализ влажности почвы в первом метровом слое показал, что для всех горизонтов, кроме 10-30 см, наблюдалось постоянное увеличение влажности почвы с декабря по май 2004 года. Это связано с повышенным количеством осадков зимой 2003 и весной

годов в регионе работ (табл. 1). Существенное снижение влажности почвы во втором горизонте (10-30 см) в мае (11.05.2004) связано с гравитационным просачиванием зимней влаги в нижележащие горизонты с одной стороны, а также испарением влаги из-за капиллярного поднятия в теплые дни мая и майскими дождями - с другой стороны.

Рассматривая влажность почв 21 апреля 2005 года под кустарниками можно заметить, что для двух участков с поливом и без полива она имеет мало различий. С поверхности, т.е. на глубинах 0-20 см и 20-40 см влажность почвы для двух участков под кустарниками (с поливом и без полива) была практически одинакова. На глубине 0-20 см от поверхности почвы для участка с поливом влажность почвы достигала 5.4%, а на участке без полива - 3.9%, на глубине 20-40 см влажность достигала 31.9% и 30.4% соответственно. Некоторые отличия начинаются только глубже 40 см от поверхности почвы. На глубине 40-120 см влажность почвы колебалась на участке с поливом от 24.9% до 29% и на участке без полива от 19.2% до 32%. И лишь в третьем метровом слое почвы двух участков под кустарниками (с поливом и без полива) заметны некоторые более существенные различия. На участке с поливом отмечается общее менее значительное снижение влажности почвы (особенно с глубины 220 см и глубже) с 39.9% до 26.2%, в то время как на участке без полива (т.е. в естественных условиях) влажность почвы снижалась более значительно - от 37.5% до 15.3%.

Таким образом, летний полив несколько улучшает показатели влажности почвы как в корнеобитаемом горизонте 40-110 см, так и в более глубоких слоях почвы - 200-300 см. При этом, редкие летние поливы, практически, не оказывают воздействия в годовом цикле на верхние 0-40 см почвы, которая большую часть года остается чрезвычайно иссушенной, с влажностью 4-5%, (за исключением небольшого времени после полива).

Анализ результатов выращивания кустарников и трав

В период проведения наших опытных работ (2002-2005 годы) распределение осадков в северной части Каракалпакии имело явно аномальный характер (Кузьмина и др., 2004). Произошло сильное годовое увеличение атмосферных осадков за счет зимне-весеннего периода, что способствовало как частичному рассолению солончаков, так и обеспечению достаточной влагозарядки почвы перед посадкой (табл. 1). Состояние высаженных кустарников галофитов (*Haloxylon aphyllum*, *Salsola richteri*, *Calligonum caput-medusae*) и травяного многолетника *Ceratoides papposa* на солончаках обсохшего дна Аральского моря отражают характеристики высоты, количества и приживаемости растений для каждого последующего полугодия их жизни (табл. 2). Приживаемость для каждого из полугодий определялась от общего количества экземпляров растений, учтенных 11 мая 2004. Данные для *Haloxylon aphyllum* и *Salsola richteri* приводятся для 8-ми рядов длиной по 50 м, а для *Calligonum caput-medusae* и *Ceratoides papposa* - для 4-х рядов такой же протяженности.

Таблица 2. Приживаемость и высота кустарников и травяного многолетника *Ceratooides papposa* на солончаках обсохшей части Аральского моря (по полугодиям за весь период наблюдений). **Table 2.** The table of high (cm) and take rest of bushes landings and biennial herbs *Ceratooides papposa*.

<i>Salsola richteri</i> с поливом								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Мин. высота, см	8	3	8	29	8	4	5	н/д
Средн. высота, см	16.8	38.5	34.8	50.0	21.8	18.1	20.5	н/д
Макс. высота, см	35	70	75	76	52	52	45	н/д
Кол-во растений	64	56	54	40	134	134	55	н/д
% от общего кол-ва	32	29	50		68	71	50	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	198	189	109	40	198	189	109	
Приживаемость, %	32.3	28.2	27.3	20.2				
<i>Haloxylon aphyllum</i> с поливом								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Мин. высота, см	7	11	10	55	7	5	5	н/д
Средн. высота, см	17.3	35.5	30	85.7	18.6	13.9	16	н/д
Макс. высота, см	32	65	62	120	29	40	35	н/д
Кол-во растений	94	68	72	42	126	143	59	н/д
% от общего кол-ва	43	32	55		57	68	45	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	220	211	131	42	220	211	131	
Приживаемость, %	42.7	30.9	32.7	19.1				
<i>Calligonum caput-medusae</i> с поливом								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0
Мин. высота, см	10*	38	25	19*	н/д	15	25	н/д
Средн. высота, см	37.6*	48.4	33.7	26.8*	н/д	35.9	50	н/д
Макс. высота, см	90*	80	50	34*	н/д	60	90	н/д
Кол-во растений	99	5	3	6	н/д	26	18	н/д
% от общего кол-ва	100*	16	14		н/д	84	86	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	99	31	21	6	99	31	21	
Приживаемость, %	100.0	5.1	3.0	6.1				
<i>Ceratooides papposa</i> с поливом								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
		06.11.04	21.04.05	11.11.05		06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах		0.5	1.0	1.5		0.5	1.0	1.5
Мин. высота, см		5	5	11		-	12	-
Средн. высота, см		14.3	12.2	21.3		-	13	-
Макс. высота, см		29	21	27		-	14	-
Кол-во растений		120	100	24		0	2	0
% от общего кол-ва		100	93	100		0	7	0
Общее кол. (жив.+сух.)		120	102	24		120	102	24
Приживаемость, %		100.0	83.3	20.0				

Окончание таблицы 2.

<i>Salsola richteri</i> без полива (естественные условия, контроль)								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Мин. высота, см	14	18	15	29	10	5	10	н/д
Средн. высота, см	21.8	35.9	30.5	41.1	22.9	20.5	22.3	н/д
Макс. высота, см	40	52	45	51	52	42	35	н/д
Кол-во растений	64	40	40	15	100	98	16	н/д
% от общего кол-ва	39	29	71		61	71	29	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	164	138	56	15	164	138	56	
Приживаемость, %	39.0	24.4	24.4	9.1				
<i>Haloxylon aphyllum</i> без полива (естественные условия, контроль)								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Мин. высота, см	9	8	10	19	1	5	8	н/д
Средн. высота, см	17.3	32.4	25.6	37.3	16.4	15.3	15.0	н/д
Макс. высота, см	26	65	45	72	30	37	30	н/д
Кол-во растений	64	48	44	18	100	92	16	н/д
% от общего кол-ва	39	34	73		61	66	27	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	164	140	60	18	164	140	60	
Приживаемость, %	39.0	29.3	26.8	11.0				
<i>Calligonum caput-medusae</i> без полива (естественные условия, контроль)								
Показатели растений /Дата	Живые растения				Сухие растения			
	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05	11.05.04	06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0
Мин. высота, см	12*	22	10	32*	н/д	8	8	н/д
Средн. высота, см	27.1*	57.5	27.0	42.7*	н/д	42.1	18.0	н/д
Макс. высота, см	48*	90	45	55*	н/д	88	35	н/д
Кол-во растений	108	20	12	6	н/д	88	18	н/д
% от общего кол-ва	100*	19	40		н/д	81	60	н/д
Общее кол. (жив.+сух.)	108	108	30	6		108	30	
Приживаемость, %	100.0	18.5	11.1	5.6				
<i>Ceratoides papposa</i> без полива (естественные условия, контроль)								
Показатели растений /Дата	Живые растения			Сухие растения				
		06.11.04	21.04.05	11.11.05		06.11.04	21.04.05	11.11.05
Возраст, в годах		0.5	1.0	1.5		0.5	1.0	1.5
Мин. высота, см		5	5	11		-	-	-
Средн. высота, см		13.3	13.4	21.8		-	-	-
Макс. высота, см		27	25	39		-	-	-
Кол-во растений		122	90	26		0	0	0
% от общего кол-ва		100	100	100		0	0	0
Общее кол. (жив.+сух.)		122	90	26		122	90	26
Приживаемость, %		100.0	73.8	21.3				

99* - совокупно для живых и сухих растений. 99*- resulted for all together (alive+dry) of plants.

Результаты сравнения состояния *Ceratoides papposa* на участке солончака обсохшего дна Аральского моря 6 ноября 2004 года и 21 апреля 2005 года показали, что первоначальное увеличение высоты растений (средней, максимальной и минимальной) в первом полугодии своей жизни (т.е. 6 ноября 2004 года) при поливе (14.3, 29, 5 см) по сравнению с таковой без полива (13.3, 27, 5 см) в последствии, а именно, через полгода (т.е. в годовалом возрасте - 21 апреля 2005 года) было полностью сnivelировано. В весенний период 2005 года (21 апреля) высота *Ceratoides papposa* на солончаках оказалась выше на участке без полива (13.4, 25, 5 см) по сравнению с поливом (12.2, 21, 5 см), что полностью соответствует данным, полученным для слабозасоленных почв совхоза "Арал" на участках с выращиванием однолетних трав (Кузьмина и др., 2004). Конечно, анализируя данные весны 2005 года, необходимо учитывать, что некоторая часть растений *Ceratoides papposa* погибла в осенне-зимний период. Данные нашего анализа показывают, что погибшие растения были, в основном, экземплярами с максимальной высотой. К тому же, на участке солончаков без полива 21 апреля 2005 года, не было отмечено сухих растений, в то время, как на участке с поливом в этот период их было отмечено 7% (тех, которые еще не были унесены ветром).

Всхожесть семян на участках солончаков без полива оказалась выше в 2-4 раза, чем на участках с поливом. А приживаемость растений полуторагодовалого возраста от исходно взошедших для участков солончаков с поливом и без полива отличается не очень сильно. Так, на участке с поливом приживаемость для полуторагодовалых растений *Ceratoides papposa* от числа зафиксированных растений полуугодового возраста оказалась 20%, а на участке с поливом -немного выше - 21.3% (табл. 2).

В то же время высота растений (средняя, максимальная, минимальная), начиная с возраста 1 года, становится выше на участке без полива (13.4, 25, 5 см - 21.04.2004 и 21.8, 39, 11 см - 11.11.2005) по сравнению с поливным участком (12.2, 21, 5 см - 21.04.2004 и 21.3, 27, 11 см - 11.11.2005; табл. 2). В анализе хода роста растений *Ceratoides papposa* необходимо отметить, что наибольшая скорость роста экземпляров растений отмечалась для всех участков как в первое полугодие жизни - за первые 6 месяцев после всхожести семян (13.3 см без полива и 14.3 см с поливом; табл. 2), так и в период от года до полутора лет жизни (10.5 см без полива и 7 см с поливом).

Поскольку летние поливы проводились только в 2004 году, они смогли поддержать жизнеспособность основной массы взошедших растений до возраста 1 года. Так убыль (потеря) растений в возрасте до 1 года составила для участка полива 17% и участка с естественными условиями (без полива) - 26%, в то время как уже для полуторагодовалых растений (без проведения поливов в 2005 году) дальнейшая убыль растений *Ceratoides papposa* от количества живых растений годового возраста составила 80% и 79% (для участка с поливом и без полива соответственно). Таким образом, в первое полугодие жизни растений полив на солончаках сохраняет на 8% большее количество живых экземпляров *Ceratoides papposa* от взошедших по сравнению с участком без полива. Но уже начиная с возраста 1 года, на участках с поливом и без полива сохраняется равное количество экземпляров растений *Ceratoides papposa* от взошедших (табл. 2).

Лучшую сохранность растений и более высокие показатели хода роста растений на участке без полива в период от одного года до полутора лет по сравнению с поливным участком можно объяснить более высокой приспособленностью к аридным условиям взошедших семян на участке без полива (в естественных условиях), по сравнению с искусственными условиями дополнительного увлажнения. Возможно, при продолжении полива в 2005 г., на поливном участке (там, где были осуществлены поливы в 2004 г.) смогло бы выжить большее количество растений от оставшихся после первого полугодия жизни.

Анализ жизнеспособности и роста *Calligonum caput-medusae* на солончаках обсохшего дна Аральского моря из-за специфики роста и физиологии растений (которые в осенне-зимний период всегда остаются без листвы, а при сильной жаре полностью сбрасывают листья уже весной) не всегда удавалось провести для каждого из полугодий. В некоторые периоды (май 2004, ноябрь 2005; табл. 2) приживаемость и высота растений приводились для всех высаженных

растений, т.е. без разделения их на живые и сухие экземпляры. Приживаемость растений *Calligonum caput-medusae* составляла на солончаках обсохшего дна Аральского моря в разные периоды наших исследований от 3% до 6% для участка с поливом и от 5.6% до 18.5% для участка без полива (табл. 2). Анализ высоты живых растений старше двух лет нельзя считать репрезентативным из-за малой величины выборки оставшегося анализируемого материала (табл. 2), вследствие плохой приживаемости этого вида на глинисто-суглинистых солончаках. Можно лишь отметить, что общая приживаемость (т.е. приживаемость экземпляров растений от первоначально высаженных черенками) к концу второго года после посадки выровнялась для двух участков (с поливом и без полива), достигнув соответственно 6.1% и 5.6%. Одинаково низкая приживаемость *Calligonum caput-medusae* на супесчано-суглинистых солончаках обсохшего дна Аральского моря отмечается при разной агротехнике (боронование - 0.03% и/или создание гряд 5.6-6.1%). При этом надо отметить, что приживаемость видов рода *Calligonum* в Приаральских Кызылкумах всегда очень низкая даже в благоприятных естественных условиях на незаселенных песчаных почвах, где она составляет для разных видов от 3 до 22 % (Сапарниязов, 1983).

Данные хода роста и жизнеспособности *Haloxylon aphyllum* с декабря 2003 года по ноябрь 2005 года показали, что полив увеличивает высоту растений и их приживаемость на солончаках обсохшего дна Аральского моря. Высота (ср., макс, мин.) экземпляров растений *Haloxylon aphyllum* на участке с поливом во все периоды наблюдений оказалась выше (17.3, 32, 7 см -11.05.2004; 35.5, 65, 11 см - 06.11.2004; 30, 62, 10 см - 21.04.2005; 85.7, 120, 55 см - 11.11.2005), чем на участке без полива (17.3, 26, 9 см - 11.05.2004; 32.4, 65, 8 см -06.11.2004; 25.6, 45, 10 см -21.04.2005; 37.3, 72, 19см - 11.11.2005). Таким образом, учитывая, что при высадке саженцами *Haloxylon aphyllum* средняя высота растений для двух участков (с поливом и без полива) оказалась абсолютно одинаковой (17.3 см; табл. 2), прибавка средней высоты растений *Haloxylon aphyllum* на участке с поливом составила (по сравнению с участком без полива) за второе полугодие после посадки - 2.9 см, за третье полугодие - 4.4 см и за четвертое полугодие -48.4 см. При этом следует отметить, что в четвертом полугодии на участке с поливом отмечался чрезвычайно быстрый рост растений *Haloxylon aphyllum* как по сравнению с предыдущими полугодиями на этом же участке, так и по сравнению с участком без полива (табл. 2). Ранее рост растений *Haloxylon aphyllum* за полугодие не превышал 15-18 см. К концу четвертого полугодия средняя высота растений на участке с поливом увеличилась на 55.7 см, по сравнению с третьим полугодием, а на участке без полива - только на 11.7 см (табл. 2). Общая приживаемость растений *Haloxylon aphyllum* на участке с поливом во все периоды наблюдений оказалась выше (42.7%, 30.9%, 32.7%, 19.1%; табл.2), чем на участке без полива (39.0%, 29.3%, 26.8%, 11.0%; табл. 2).

Несмотря на то, что первоначально (в конце первого полугодия после посадки саженцев) высота растений *Salsola richteri* была неодинаковой для участка с поливом (16.8, 35, 8 см; табл. 2) и без полива (21.8, 40, 14 см; табл. 2), где высота растений оказалась значительно выше, начиная со второго полугодия и до конца четвертого полугодия после посадки ситуация полностью изменилась. Высота (ср., макс, мин.) экземпляров растений *Salsola richteri* на участке с поливом (также как и для растений *Haloxylon aphyllum*) начиная со второго полугодия после посадки, оказалась выше (38.5, 70, 3 см - 06.11.2004; 34.8, 75, 8 см - 21.04.2005; 50, 76, 29 см - 11.11.2005), чем на участке без полива (35.9, 52, 18 см - 06.11.2004; 30.5, 45, 15 см -21.04.2005; 41.1, 51, 29 см - 11.11.2005). Таким образом, учитывая, что при высадке саженцами *Salsola richteri* средняя высота растений для двух участков (с поливом и без полива) оказалась разной (табл. 2), прибавка средней высоты растений *Salsola richteri* на участке с поливом составила (по сравнению с участком без полива) за второе полугодие после посадки - 6.8 см, за третье полугодие - 4.3 см и за четвертое полугодие - 8.9 см.

Общая приживаемость растений *Salsola richteri*, начиная со второго полугодия после посадки, оказалась выше на участке с поливом (32.3%, 28.3%, 27.2%, 20.2%; табл. 2), чем на участке без полива (39.0%, 24.4%, 24.4%, 9.1%; табл. 2).

Таким образом, на участке с поливом приживаемость *Salsola richteri* к 3-х летнему возрасту остается выше в 2.2 раза, чем в естественных условиях (т.е. без полива), средняя высота растений становится больше в 1.2 раза, а максимальная в 1.5 раза, даже несмотря на то, что первоначально (при посадке) на участке с поливом высота растений была значительно меньше, чем на участке без полива (средняя - в 1.3 раза, максимальная в - 1.1 раза, минимальная - в 1.8 раза).

Помимо этого, для саженцев *Haloxylon aphyllum* и *Salsola richteri*, высаженных на солончаках обсохшего дна моря, характерно, в целом, постепенное усыхание более мелких экземпляров растений по сравнению с оставшимися. Особенно это отмечается для второго и третьего полугодий жизни растений после их высадки на поля. Такая тенденция характерна как для участков с поливом, так и для участков без полива двух видов кустарников (*Haloxylon aphyllum* и *Salsola richteri*), в отличие от посадок черенков *Calligonum caput-medusae*, где усыханию первоначально подвергались наоборот - самые крупные экземпляры растений. Таким образом, для формирования растительного покрова на солончаках обсохшей части Аральского моря необходимо рекомендовать посадку годовичных саженцев средних (около 17 см) и крупных (около 30 см) размеров, исключая посадку мелких (менее 10 см) растений, поскольку они более всего подвержены усыханию.

Для общего контроля хода развития высаженных кустарников на солончаках обсохшего дна моря, их сравнили с растениями семенного высева участков незасоленных и слабозасоленных почв близ совхоза "Арал", где силами лесхоза выращивали кустарник *Haloxylon aphyllum* на слабосформированных отакыранных легкосуглинистых слабозасоленных (промытых) с поверхности на песчаных морских отложениях почвах, которые были близки почвам под однолетниками, рассмотренным нами ранее (Кузьмина и др., 2004). Опытный участок лесхоза с незасоленными почвами был разбит на подучастки в соответствии с типом выращивания. На одной части участка проводился ежегодный двукратный полив незасоленными (пресными и слабозасоленными - 0.3-0.7 г/л) водами канала Главмясо и осуществлялась однократная прополка (весной); на другой - помимо двукратного полива ежегодно вносились удобрения и осуществлялась двукратная прополка (при появлении всходов и весной); третья часть участка считалась контрольной, хотя там без полива и удобрений все же проводилась поздняя (летняя) прополка. Полив посадок за два года осуществлялся поверхностным заливанием по бороздам в марте и июне 2003 года, а также в мае и июне 2004 года. Таким образом, сравниваемые нами территории: наш опытный солончаковый участок обсохшего дна моря и участок слабозасоленных аллювиальных почв Муйнакского лесхоза, имеют идентичные двухлетние растения *Haloxylon aphyllum*. На солончаках они были высажены саженцами одного года, а на незасоленных почвах первоначально выращивались из семян, вносимых во вспаханные перед этим борозды-гряды в 1 м друг от друга.

Результаты наблюдений за *Haloxylon aphyllum* на солончаках и слабозасоленных почвах показали, что средняя, максимальная и минимальная высота растений в контрольных участках, т.е. без полива в возрасте 2-х лет отличается незначительно: 32.4 см, 65 см, 8 см и 34.3 см, 82 см, 9 см соответственно. В то время как на солончаках при поливе засоленной водой показатели высоты растений даже выше, чем в контроле на незасоленной почве: 35.5 см, 65 см, 11 см.

При этом, конечно, при поливе незасоленной водой на слабозасоленных почвах (до 0.3% по сух. остатку) показатели высоты двухлетних растений *Haloxylon aphyllum* существенно выше: 44.9 см, 81 см, 11 см. Наилучших результатов роста *Haloxylon aphyllum* достигает за два года при двукратном пресном поливе и однократном удобрении ежегодно: 125.6 см, 190 см, 70 см. Однако, из-за внутривидовой конкуренции при таком типе выращивания за каждые полгода количество растений *Haloxylon aphyllum* в каждой из гряд на незасоленных почвах уменьшается на 53%-57% от первоначально выросших. При этом пока приживаемость здесь значительно выше (на 20-40%), чем на солончаках обсохшего дна моря.

Таким образом, результаты грядовой посадки кустарников *Haloxylon aphyllum* и *Salsola richteri* на оголенных солончаках обсохшего дна Аральского моря при минимальном поливе сбросными водами или без полива можно признать вполне удовлетворительными. Но, однако,

нужно отметить, что наилучшего развития и приживаемости кустарниковые галофиты достигают все же на незасоленной почве с поливом пресными водами.

Опыты с посадками однолетних трав на солончаках были продолжены по опробованной методике (Кузьмина и др., 2004) и полностью подтвердили наши предыдущие результаты. Для выращивания *Kochia iranica* на обсохшем дне Южного Приаралья естественные условия (без полива) являются наиболее предпочтительными. В тоже время, для галофитной солянки *Climacoptera lanata* полив сбросными водами несколько улучшает показатели роста и приживаемости растений.

Выводы

- Анализ разногодичного изменения средневзвешенного засоления почв на участке посадок кустарников показал, что в солончаковых почвах после посадок кустарников с декабря 2003 года по апрель 2005 года, а также на средnezасоленных почвах под посадками однолетников отмечается активное рассоление почв как на участке с поливом, так и на участке без полива, которое, в целом, имеет естественный характер.
- Анализ годичного и разногодичного изменения засоления почв на участке посадок кустарников показал, что летние поливы этого опытного солончакового участка оказывают влияние только на первый метровый слой почвы, где отмечается рассоление первых 0-100 см почвы на 0.21-0.36% (по средневзвешенному засолению сухого остатка) в год от первоначального, а также возникновение наибольших различий в характере химизма и степени засоления для отдельных горизонтов в пределах метровой толщи.
- Установлено, что летний полив кустарников улучшает показатели влажности почвы как в корнеобитаемом горизонте 40-110 см, так и в более глубоких слоях почвы - 200-300 см. На верхние 0-40 см почвы полив не оказывает воздействия в общем годовом цикле. Здесь почва остается иссушенной большую часть года до 4-5% по влажности.
- Для искусственного формирования растительного покрова на солончаках обсохшего дна Аральского моря наиболее перспективными следует признать выращивание кустарников саксаула (*Haloxylon aphyllum*) и черкеза (*Salsola richteri*) грядовой посадкой после влагозарядки, с редкими поливами сбросными водами в первый год после посадки (до 2-х раз).
- Нашими опытами установлено, что посадки солевыносливых видов кустарников *Salsola richteri* и *Haloxylon aphyllum* на солончаках обсохшей части Аральского моря целесообразно проводить не семенами, а саженцами годичного возраста, высотой 17-30 см (исключая посадку мелких, менее 10 см, растений), поскольку приживаемость и сохранность саженцев на сильнозасоленных почвах в первые два года после посадки в 10-50 раз выше, чем после посадки семенами.
- Попытки высадить черенками *Calligonum caput-medusae* на солончаках обсохшего дна Аральского моря (в декабре 2002 г., в апреле 2003 г. и в декабре 2003 г) при разной агротехнике (после боронования и по грядам) не увенчались успехом. Как при поливе, так и без полива приживаемость черенков *Calligonum caput-medusae* составляет минимальную величину (0.03-6.1%), которая не может считаться удовлетворительной для производства работ по формированию пастбищ на обсохшем дне Аральского моря.
- В современных климатических условиях как на слабозасоленных почвах, так и на солончаках Южного Приаралья наиболее благоприятными для формирования растительного покрова из многолетника *Ceratoides papposa* и однолетника *Kochia iranica* можно считать естественные условия (без полива). Высота растений *Ceratoides papposa* (средняя и максимальная) годового и полуторагодичного возрастов остается выше без поливов, кроме того, без полива на солончаках также выше всхожесть семян и приживаемость растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахиев А., Новикова Н.М., Мамутов И. Пастбища и сенокосы низовьев Амударьи. Нукус; Каракалпакстан. 1989. 68 с.
2. Верник Р.С., Майлун З.А., Момотов И.Ф. Растительность низовьев Амударьи. Ташкент: Наука Узбекской ССР. 1964. 212 с.
3. Глазовский Н.Ф. Аральский кризис. М.: Наука. 1990. 136 с.
4. Григорьев А.А. Антропогенные воздействия на природную среду по наблюдениям из космоса Л.: Наука. 1985. 239 с.
5. Димеева Л.А. Сохранение и восстановление растительности в Аральском регионе. Алма-Ата: АЛЕМИ. 2003. 12 с.
6. Егоров В.В., Фридланд В.Н., Иванова Е.Н. Классификация и диагностика почв СССР. М: Колос. 1977. 224 с.
7. Ережпенов СЕ. Флора Каракалпакии, её хозяйственная характеристика, использование и охрана. Ташкент: ФАН УзССР. 1978. 298 с.
8. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Мамутов Н.К. Влияние климатических изменений и полива на формирование растительности опытным путем в обсохшей части Аральского моря // Аридные экосистемы. 2004. Т. 9. №21. С.82-94.
9. Методические рекомендации по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах. М. 1985. 73 с.
10. Рубанов И.В., Богданова Н.М. Количественная оценка солевой дефляции на осушающемся дне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. 1987. №3.
11. Сапарниязов Ж. Род *Calligonum* L. в Приаральских Кызылкумах. Ташкент: Фан. 1983. 107 с.
12. Novikova N.M., Kust G.S., Kuzmina J.V. et al. Contemporary plant and soil cover changes in the Amu-Dar'ya and Syr-Dar'ya river deltas // Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. Paris: UNESCO. 1998. P. 55-80.
13. Novikova N.M., Kuz'mina J.V., Dikareva T.V., Trofimova T.U. Preservation of the Tugai Bio-Complex Diversity Within the Amu-Dar'ya and Syr-Dar'ya River Deltas in Aridization Conditions // Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas: a basis for restoration. Book-2. Paris: UNESCO. 2001. P. 155-188.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL FORMATION OF NATURAL VEGETATION ON SALINE SOILS OF THE DRIED BOTTOM OF THE ARAL SEA

© 2006 . J.V. Kouzmina*, S.Y. Treshkin**, N.K. Mamutov**

*Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences
19991 Moscow, ul. Gubkina, 3, Russia

**Institute of Bioecology Karakalpak Branch, Uzbek Academy of Sciences
742000 Nukus, pr. Berdakha, 41, Uzbekistan

Since the end of 2002 year on solonchaks dried bottom of the Aral Sea the Institute of Bioecology of the Uzbek Academy of Sciences and Ben-Gurion University, Israel, under financial support of USAID, scientific works on artificial formation of vegetation cover from local, sustainable to salinization species of plant in conditions maximal similar to natural were started (Kouzmina and others, 2004).

Conclusions

- The analysis of changes in the weighted average salinization of soils taken place in different years showed, that the highly saline soils (solonchaks) under shrubs and moderate saline soils under annual grasses are becoming desalinized not only in the test area with watering but also in the control area since December 2003 to April 2005.
- The analysis of changes in soil salinization taken place for a year and in different years showed, that the summer watering exerts an effect only upon the first 1m soil layer. It becomes desalinized by

0.21-0.36% (according to the weighted average salinization in dry residue) for a year and the separate soil horizons within the 1m layer that reveal great differences in the pattern of chemical composition and degree of salinization.

- For artificial formation of vegetation cover on solonchaks of dried bottom of the Aral Sea more perspectives are cultivation bushes (*Haloxylon aphyllum* and *Salsola richteri*) with the use of method of range planting after watering by waste water in first year after planting (till two times).
- Planting of salt-tolerant species of *Salsola richteri* and *Haloxylon aphyllum* bushes on solonchaks of dried bottom of the Aral Sea is necessary make not to seeds and saplings of one year age 17-30 sm. height, (excepting planting less than 10 sm/h of plants), as safety of saplings on strong saline soils in first two years after planting in 10-15 times higher than after planting of seed's what our experiments established.
- It has been established that the summer watering of shrubs improves the indices of soil moisture both in the root 40-110 cm and in the 200-300 cm soil layers. The watering has no influence on the upper 0-40 cm soil layer in the total year's cycle. This soil layer remains dried during the major part of the year (4-5%).
- It is specific for *Haloxylon aphyllum* and *Salsola richteri* to display drying of small plants as compared with remained ones, especially in the second and third half a year after planting.
- The attempts to plant *Calligonum caput-medusae* in the dried bottom of the Aral Sea (in April 2003 and December 2003) revealed no success. Both with watering and under natural conditions (without watering) the vital capacity of *Calligonum caput-medusae* showed a minimum value (0.03-0.7%), which cannot be considered as satisfactory for further work oriented to develop the pastures in the dried bottom of the Aral Sea.
- Under conditions of anomalous higher precipitation not only the slightly saline soils but also solonchaks may be considered as favorable for growing the perennial *Ceratoides papposa* and annual *Kochia iranica* under natural conditions (without watering) in the Southern Pre-Aral region. The height of these one-year old plants (middle and maximum) remains higher under natural conditions, and their germination and vital capacity are increased by 2-4 times as compared to those observed in test areas with watering.