مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
ص ۵۸۳-۵۷۱

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۳/۲۳
تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۰۷/۲٦

# بررسی کاشت کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia ficus indica* L.) در احیا و اصلاح مراتع تخریب‌شده گرمسیری (مطالعه موردی: مراتع قصرشیرین استان کرمانشاه)

❖ **خسرو شهبازی***؛ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

❖ **برزو یوسفی؛** کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

**چکیده**

یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه مدیریت مراتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تهیه اطلاعات جامع از گونه‌های کلیدی و ضروری رویشگاه و چگونگی توسعه و کشت گونه‌های جدید با بازدهی بالا در مراتع با هدف اصلاح و احیای مراتع تخریب‌شده است. کاکتوس علوفه‌ای گیاهی مقاوم با شرایط خشک و نیمه‌خشک است که در این مناطق می‌تواند برای تولید علوفه کشت شود. به‌همین‌منظور ارزیابی قابلیت کشت گیاه کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia ficus indica* L.) در منطقه نفت‌شهر شهرستان قصرشیرین، استان کرمانشاه مدنظر قرار گرفته است. در این تحقیق از تیمارهای مختلف، بدون آبیاری، یک، ۱۵ و ۳۰ روز یک آبیاری در طول دوره رشد در سه تکرار به مدت سه سال بر اساس طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. کشت گیاه کاکتوس در نیمه اول آبان و آبیاری از اول خرداد ماه شروع شد. برخی از ویژگی‌های زراعی گیاه مانند تعداد پد، ارتفاع گیاه و ماندگاری تعداد گیاهان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار SPSS انجام شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری و اثر متقابل دور آبیاری در زمان اندازه‌گیری بر تعداد پد و ارتفاع گیاه دارای اثر معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۱ داشته است. زنده‌مانی ۷۵، ۵۷، ۴۳ و ۳۸ درصد گیاهان به‌ترتیب با تیمارهای، دور آبیاری ۱۵، ۳۰ روز، یک‌بار و بدون آبیاری به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد کاشت کاکتوس در مناطقی با اقلیم خشک بیابانی مانند قصرشیرین، نفت‌شهر و سومار استان کرمانشاه با توجه به سازگاری بالای آن توصیه می‌شود. تولید علوفه خشک کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند برای توسعه دامداری در این مناطق و مناطق مشابه مؤثر باشد. همچنین، با توجه به نقش کاکتوس در حفاظت خاک، می‌توان با توسعه کشت از بروز پدیده گردوغبار، بیابان‌زایی، تخریب مراتع و فرسایش خاک در منطقه جلوگیری نمود. همچنین پوشش گیاهی می‌تواند سبب تولید علوفه دامی شود که نقش مؤثری در توسعه دامپروری و حتی صادرات آن و ارزآوری برای منطقه داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** اثر دوره آبیاری، فرسایش خاک، قصرشیرین، کاکتوس علوفه‌ای، گردوغبار.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۱۸۱۴۱۵۰۷۰
Email: k.shahbazi42@areeo.ac.ir

## ۱. مقدمه

وجود پوشش گیاهی در هر منطقه‌ای باعث کاهش سرعت جریان‌های سطحی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود. اندام‌های بیرونی گیاهان با افزایش زبری و کاهش سرعت جریان آب و در نتیجه کاهش انرژی تنش برشی آن نقش مؤثری در حفاظت خاک بر عهده خواهند داشت [۲۰]. امروزه عمده زمین‌لغزش‌ها حاصل از قطع و بهره‌برداری بی‌رویه از پوشش گیاهی و کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع کشور است. علاوه بر آن می‌توان با شناخت مناطق حساس به فرسایش بادی و بیابان‌زایی به‌صورت بهینه به اقدامات حفاظتی پرداخت [۱۶]. عوامل متعددی چون پارامترهای مؤثر خاک، آب وهوا، زبری سطح خاک، پستی و بلندی، سرعت باد و پوشش گیاهی در بررسی و ارزیابی فرسایش و حفاظت خاک نقش دارند. در این بین پوشش گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است، به‌طوری که عمدهٔ اختلافات بین مناطق خشک و مرطوب از نظر فرسایش، پوشش گیاهی زیاد در نقاط مرطوب است که نقش عمده‌ای در حفاظت خاک ایجاد می‌کند [۳۲]. بر اساس برخی از مطالعات انجام شده مشخص شده است که بین پوشش گیاهی و فرسایش بادی اکثراً در مناطق خشک، رابطه‌ای به‌صورت تابع نمایی وجود دارد، که با افزایش پوشش گیاهی از میزان فرسایش بادی کاسته می‌شود [۲۷].

کاکتوس در گذشته‌ها وجود داشته و در آینده هم می‌تواند وجود داشته باشد و یک فرصت برای کشاورزان خرده‌پا در مناطق کم‌بازده به‌ویژه در مناطقی که امکان زراعت سایر محصولات به صورت موفق وجود ندارد، استفاده از کاکتوس علوفه‌ای می‌تواند انتخاب مناسبی باشد [۲۸].

مناطقی که از شیب تقریباً بالایی برخوردار می‌باشند معمولاً در معرض تهدید خطر فرسایش قرار گرفته‌اند، همچنین به‌علت بارندگی‌های کم و نامنظم، پوشش علفی مناسبی ندارند، کاکتوس‌های علوفه‌ای به‌عنوان روش مناسبی برای تثبیت خاک این مناطق می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. کاکتوس علوفه‌ای نیازی به کاشت نداشته و به هزینه‌های کاشت گزافی نیز نیاز ندارد. حجم بالای رطوبتی از سایر امتیازات بالای این گیاه در مراتع است که در خود نگه‌داری می‌کنند. از سوی دیگر در مناطق خشک خطراتی که گیاهان علفی از لحاظ خشک‌شدن و خطر آتش‌سوزی که ایجاد می‌کنند را ندارند. خشک‌سالی باعث کاهش علوفه و تلف‌شدن تعداد زیادی از احشام و چهارپایان اهلی و خسارت به محصولات لبنیاتی می‌شود. قابلیت بالای تبدیل آب به ماده خشک از ویژگی‌های بارز کاکتوس علوفه‌ای [۱۴، ۲۵ و ۲۶] در مناطقی که از نظر آب با محدودیت مواجه هستند؛ می‌باشد [۱۰]. کاکتوس‌های علوفه‌ای با داشتن کارایی بالا نسبت به گراس‌ها و لگوم‌ها در تبدیل آب به ماده خشک، تولید متنابهی علوفه، میوه و سایر فرآورده‌های مفید که ارزش اقتصادی بالایی دارند و نیز دارا بودن میانگین عملکرد بالا، به‌طوری‌که در مناطقی با بارندگی ۱۵۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی تا ۱۰۰ تن در هکتار توانایی تولید داشته، می توانند راه‌گشای این مشکل باشند. از این رو در برزیل از ۴۰۰ هزار هکتار [۲۴، ۲۳] و در آفریقای شمالی (تونس، الجزایر و موروکو) از ۷۰۰ هزار تا یک میلیون هکتار [۴، ۵] به کشت کاکتوس به‌منظور تأمین علوفه اختصاص داده شده است. در مناطق عمده کاشت این محصول، تاریخ کاشت را به‌نحوی انتخاب می‌کنند که گیاه از بارش‌های پاییزه استفاده کرده و تا زمان برخورد به شرایط بدی آب و هوایی استقرار یافته، به نحوی که تحمل این گیاه نسبت به شرایط سخت افزایش یابد.

با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر کشور به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک که تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها به‌ویژه در فصول گرم و خشک و در شرایط خشک‌سالی بسیار دشوار بوده و اکثر دامداران مجبور به تحمل هزینه‌های گزاف جهت تأمین علوفه مورد نیاز دام‌هایشان می‌شوند. کاشت محصولی که بتواند در فصول گرم جواب‌گوی نیاز دامداران منطقه از نظر تأمین علوغه و آب باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد، که می‌تواند نقش مؤثری

در تأمین علوفه در این مناطق را ایفاء کند. گیاه کاکتوس با جذب حجم زیادی از آب در اندام خود می‌تواند علاوه بر تأمین غذا، آب مورد نیاز احشام را نیز را فراهم کند. استان کرمانشاه با توجه به داشتن شرایط اقلیمی خاص به‌ویژه در نوار مرزی غرب استان یعنی منطقه قصرشیرین، نفت‌شهر و سومار از امکانات لازم برای کاشت این گیاه کاکتوس برخوردار است. به همین منظور هدف از مطالعه پیش رو تعیین روش مناسب توسعه کاکتوس علوفه‌ای در مناطق خشک بیابانی در استان کرمانشاه بود. از سویی دیگر کشورهای حاشیه خلیج فارس به‌ویژه قطر از خریداران این گیاه محسوب می‌شوند، که در صورت توسعه می‌تواند علاوه بر حفظ خاک، و جلوگیری از پدیده گردوغبار، کاهش خطرات بیابان‌زایی، ایجاد پوشش گیاهی در منطقه، توسعه دامپروری و حتی صادرات آن و ارزآوری نقش مؤثری داشته باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. معرفی گیاه

کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia* spp) از خانواده Cactaceae است و گیاه بومی مناطق بایر و نیمه‌بایر است. میوه گیاه به شکل توت است. قسمت گوشتی گیاه بسیار خوش‌طعم و حاوی دانه‌های زیادی است. این قسمت گوشتی را پوسته ضخیمی در بر گرفته است. میوه کاکتوس می‌تواند مدت‌ها در برابر خشکسالی مقاومت کند و به همین دلیل این گیاه محصول مناسبی برای کشت در مناطق خشک به‌شمار می‌آید [۱۶، ۱، ۱۱]. میوه آبدار و کاملاً رسیده را می‌توان به صورت تازه یا به شکل سبزی پخته‌شده مورد استفاده قرار داد [۱، ۱۴].

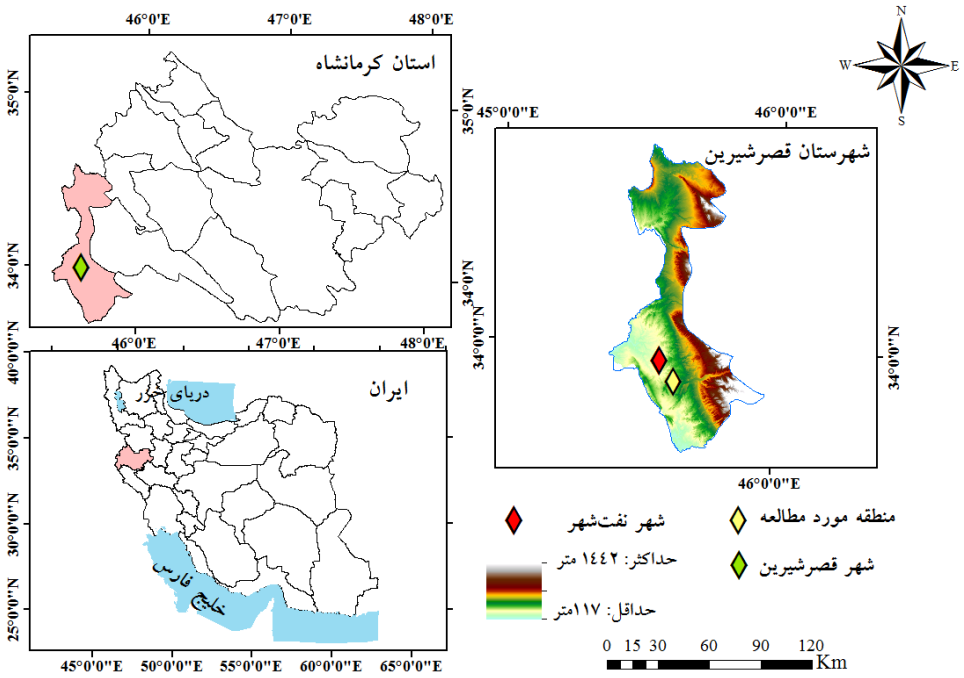
میوه کاکتوس حاوی رنگدانه بتالئین است، و می‌توان از این رنگدانه به‌عنوان یک نوع رنگ طبیعی برای مواد غذایی به‌کار برد. این میوه حاوی بتاسیانین های قرمز–بنفش و همچنین بتاگزانتین زرد است. طول میوه کاکتوس دو تا پنج سانتی‌متر و عرض آن چهار تا هشت سانتی‌متر است. بیش از ۰/۳۰ تا ۰/۴۵ میوه از پریکاپ (پوسته) ضخیم تشکیل شده است. بقیه میوه نیز از قسمت‌های گوشتی آبدار تشکیل شده که در داخل آن دانه‌های سفت زیادی وجود دارد. پنج تا ده درصد از وزن قسمت گوشتی را دانه تشکیل داده است [۱۸، ۱، ۱۱، ۲۹]. در گونه‌های مختلف آپونتیا که در آرژانتین و آمریکا می‌رویند مقدار دانه‌های موجود در میوه نیز متفاوت است. ۲/۱۹ تا ۵/۵۹ درصد از کل میوه و ۴/۳۲ تا ۱۰/۵۱ درصد از قسمت گوشتی را دانه تشکیل داده‌اند [۶]. وزن میوه ۸۰ تا ۱۲۰ گرم است و ۸۵ درصد آن از آب تشکیل شده است [۸].

اسیدیته طبیعی میوه ۵/۴ تا ۵/۷۵ است [۲۲، ۱۱]. مقدار اسید اندازه‌گیری شده ۰/۱۵ درصد تا ۰/۲۵ درصد است. مقدار قند موجود در میوه ۰/۶ تا ۰/۱۴ است. مقدار ماده خشک حل‌شده، قند میوه از گلوکز و فروکتوز به‌ترتیب ۱۳ تا ۱۴، ۵۳ و ۴۷ درصد می‌باشد، از طرف دیگر مقدار ساکارز موجود در میوه بسیار ناچیز است [۱۸، ۲۴]. در ۱۰۰ گرم قسمت گوشتی میوه، میزان، Ca، Mg، Na، k، P و Fe به‌ترتیب ۲۷/۶، ۷/۲۷، ۰/۸، ۱۶۱، ۱۵/۴، و ۱/۵ میلی‌گرم و ۰/۴۴ درصد از آن نیز خاکستر تشکیل شده است [۳۴، ۳، ۷، ۲۱]. به خاطر ارزش تغذیه‌ای و همچنین منافع اقتصادی این گیاه در سال‌های اخیر مطالعات مربوط به فیزیولوژی میوه کاکتوس در حین رشد و پس از چیده‌شدن افزایش چشم‌گیری یافته است. عمده تحقیقات در کشورهای مکزیک، شیلی و ایتالیا صورت گرفته زیرا در این کشورها گیاه را به خاطر سود اقتصادی کشت می‌کنند [۳۰، ۳۱].

### ۲.۲. معرفی منطقه

منطقه مورد مطالعه در شهرستان قصر شیرین به فاصله ۱۱ کیلومتر از شهر در حد فاصل شهرقصر شیرین و نفت‌شهر با طول جغرافیایی″۳۵ ′۳۴ °۴۵ و عرض جغرافیایی″۱۵ ′۵۷ °۳۳ واقع شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک بیابانی

معتدل است. متوسط دمای سالانه براساس آمار بلند مدت اداره هواشناسی استان ۲۰/۷، متوسط بارندگی سالیانه ۳۸۱/۸ میلی‌متر و رژیم بارندگی منطقه بیشتر به‌صورت باران است. توزیع فصلی بارندگی در این منطقه به‌ترتیب ۳۰/۶، ۴۸، ۲۱/۲ و ۰/۲ درصد در فصل پاییز، زمستان، بهار تابستان است.




**شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه و ایران**

خاک منطقه عمدتاً از خاک‌های تکامل نیافته تشکیل شده است به‌گونه‌ای که مواد آلی موجود در خاک کمتر از یک درصد است. عمق متوسط خاک در اراضی مرتعی و زراعی به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر است که روی بستری از خاک‌های تکامل نیافته و عمدتاً سازندهای مارنی قرار دارد. بافت خاک سطح‌الارض لومی و بافت خاک تحت‌الارض رسی لومی است.

اراضی زراعی منطقه نفت‌شهر، ۲۰ درصد معادل ۱۴۸۹۵ هکتار و اراضی مرتعی ۸۰ درصد معادل ۵۹۵۸۰ هکتار بر اساس بازدیدهای صحرایی و آمار موجود تخمین زده شده است، این در صورتی است که گستره اراضی استان کرمانشاه شامل: سطح مراتع ۱۱۹۲۰۰۰ هکتار، اراضی جنگلی با وسعت ۵۲۷۰۰۰ هکتار مساحت اراضی زراعی ۸۵۳۱۵۶ هکتار که شامل اراضی دیم ۶۵۳۱۹۷ هکتار و اراضی آبی ۱۹۹۹۵۹ بوده است[1]. لازم بذکر است با توجه به اجرای طرح سامانه گرمسیری در منطقه که بخش عمده‌ای از اراضی قصرشیرین و نفت‌شهر را شامل می‌شود سطح اراضی افزایش خواهد یافت. و امکان تأمین آب برای توسعه و کشت کاکتوس به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای و دارویی در اراضی مرتعی و کم‌بازده منطقه فراهم خواهد شد.

## ۳.۲. مراحل پژوهش

### ۱.۳.۲. انتخاب تیمارها

طرح مذکور در طی سه سال اجرا شد. گیاه کاکتوس در اوایل آبان ماه کاشته شد و بدین‌منظور از تیمارهای

[1] http://crcbook.ir/cmp/kermanshah.agri-jahad/fa-ir

مختلف آبیاری، بدون آبیاری (دیم)، یک، ۱۵ و ۳۰ روز در طول سال، از اول خرداد ماه در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تیمار به صورت دو پدی[1] و تک پدی اجرا شده است.

### ۲.۳.۲. آماده‌سازی پلات‌ها

پس از تعیین محل اجرای طرح و گونیا کردن آن به‌منظور آماده‌سازی زمین ابتدا به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متری زمین شخم زده شد. به‌منظور بررسی شرایط خاک، ازعمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌گیری مرکب به‌عمل آمد تا میزان عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف خاک اندازه‌گیری شود. سپس نقشهٔ آزمایش روی زمین پیاده و شیارهایی در سطح زمین ایجاد شد. هر کرت آزمایشی از دو ردیف کاشت به فاصله دو متر و طول ۱۶ متر تشکیل شد. فاصله در روی ردیف‌ها دو متر و بین هر دو تیمار دو متر و بین دو کرت اصلی نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. فاصله بین دو تکرار نیز سه متر تعیین گردید. پدها اندام تکثیری در این طرح است، زیرا پدها کلیه ویژگی‌های گیاه مادری را دارا می‌باشند و از طرفی با توجه به قدرت تکثیری بالای گیاه امکان تأمین آن به‌راحتی فراهم می‌شود. همچنین به‌منظور انجام کشت موفقیت آمیز و استقرار مطلوب گیاهان ابتدا پس از برداشت پدها چند روز در هوایی آزاد قرار داده شدند تا استرس لازم به آن‌ها وارد شود و گیاه اقدام به ریشه‌زایی کند.

### ۳.۳.۲. انتخاب پدها

پدهای کشت شده از دو مکان تهیه شدند اول تعدادی پد که از کشور تونس با همکاری سازمان خواربار جهانی (F.A.O) و وزارت جهادکشاورزی تهیه شدند.

دوم پدهای موجود در مزرعه محوطه جهاد کشاورزی قصرشیرین و استان اصفهان، که منشاء آنها باز هم کشور تونس بوده است که در سال‌های قبل وارد کشور شده بودند و مورد کشت و بررسی قرار گرفته بودند. لازم به ذکر است، هر دو نوع از یک گونه می‌باشند.

### ۴.۳.۲. کاشت پدها

پس از انتخاب تیمارها و آماده‌سازی پلات‌ها و پدها به‌منظور رشد پدها اقدام به حذف قسمت‌های پوسیده پدهای وارداتی، به‌منظور ریشه‌زایی بهتر ۲/۳ پدها در زیر خاک شد. پس از کاشت تا زمان اعمال تیمارهای آبیاری (از اول خرداد ماه)، به هیچ وجه آبیاری صورت نگرفت. با توجه به دستور بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی سه تا هفت روز پس از کاشت پدها در مزرعه، کلیه پدها با استفاده از سم ایپرودیون از کار انداخته شدند و به نسبت ۲ در هزار مورد محلول‌پاشی قرار گرفت. با توجه به کم بودن سطح زیر کشت طرح، در طول فصل رشد مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد.

به‌دلیل تلفات زیاد در زمان حمل از کشور تونس به ایران عمدتاً از پدهای موجود در منطقه و از پدهای تولیدی استان اصفهان و موجود در مزرعه قصرشیرین به‌صورت کاشت یک پدی اجرا شد. تیمارهای بدون آبیاری (دیم) در طول اجرای تحقیقات هیچ‌گونه آبی به آن‌ها داده نشده، تیمارهای، ۱۵، ۳۰ روز و یکبار آبیاری در سال (لازم بذکر است که آبیاری از خرداد ماه تا اواخر مهرماه ادامه داشت و در زمان بارندگی آبیاری صورت نمی‌گرفت) مورد آزمایش قرار گرفتند.

نتایج آزمایش فیزیکی و شیمیایی خاک نشان می‌دهد که عمدتاً از سطح به عمق از میزان شن و سیلت کاسته شده و به میزان رس افزوده می‌شود. ترکیب درصد بافت خاک شامل ۱۲ تا ۳۶درصد رس، ۲۷/۶ تا ۴۳/۴ درصد سیلت، ۲۷/۴۰ تا ۴۴/۶ درصد شن تغییر می‌کند. میزان شوری، اسیدیته خاک نیز بین ۳/۳۸تا ۸۷/۵ و بین ۷/۶ تا ۸/۳ میلی موس بر سانتی‌متر، همچنین میزان SP بین ۳۴ تا ۵۹ میلی اکی والان بر لیتر است. میزان گچ از صفر تا ۶۲ درصد متغیر است. C.E.C بین ۱۳/۶ تا ۳۴ میلی

[1] Pad

اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک بوده درصد سدیم قابل تبادل (E.S.P)، نسبت جذب سدیم (S.A.R) و آهک (T.N.V) به‌ترتیب بین ۱/۴۸ تا ۱۶/۱، ۰/۲۳ تا ۲۷ و ۱۶ تا ۳۰/۵ بوده است.

### ۵.۳.۲. جمع‌آوری اطلاعات

پس از کاشت و آبیاری پدها ماهانه اقدام به آماربرداری از تیمارها شده است و در جدول‌های طراحی شده این اطلاعات ثبت شدند. جداول مورد نظر شامل اطلاعاتی اعم از شماره بوته، تاریخ آماربرداری، تاریخ کاشت، شماره تیمار، تعداد پد جدید، تاریخ گلدهی، تعداد گل، خسارت و آسیب‌ها، متوسط رشد و تولید میوه است. اطلاعات این جداول برای تجزیه و تحلیل آماری وارد نرم‌افزار SPSS شد. در سال‌های اولیه کاشت، تعداد گل و میوه بسیار کم بود که در نتیجه آمارها قابل تجزیه و تحلیل نبودند اما تعداد پدهای جدید و متوسط رشد طولی پدها اندازه‌گیری شده‌اند و از طرفی بررسی‌های لازم در رابطه با ظهور علائم سرمازدگی، تنش خشکی، آفات و امراض و پوسیدگی به‌عمل آمده است. نتایج همه جانبه در رابطه با نحوه کشت و چگونگی استقرار و نیاز آبی گیاه می‌تواند ابزاری مناسب برای مدیران بخش اجرایی منابع طبیعی و کشاورزی کشور قرار گیرد.

## ۳. نتایج

نتایج به دست آمده نشان می‌دهدکه اعمال اولین آبیاری، با توجه به این‌که همه تیمارها در شرایط یکسانی به سر می‌برند روند رشدی یکسانی را داشته‌اند به نحوی که در تمامی تیمارها به‌طور متوسط چهار پد جدید بر روی پد مادری مشاهده شده است. وضعیت عمومی تحقیق در ابتدای کاشت با توجه به اینکه زمان زیادی از آخرین بارندگی فصلی نگذشته بود و از طرفی با توجه به رطوبت بالای موجود در خود پدها، مطلوب بوده است با گذشت زمان، از آنجاکه شروع اولین دور آبیاری ۱۵ خرداد ماه بود، تفاوت بین تیمارها مشخص شده است.

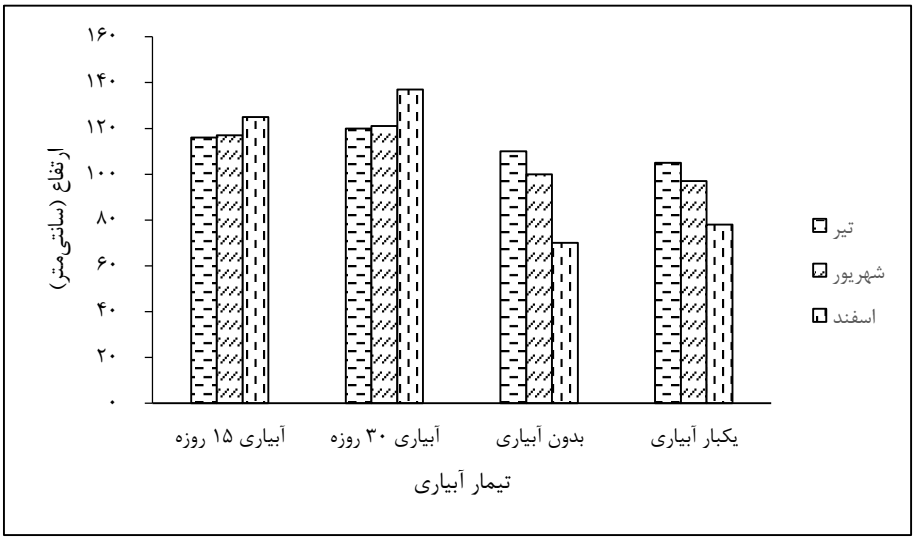
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر تعداد پد، تیمارهای دور آبیاری، زمان اندازه‌گیری و اثرات متقابل آن‌ها اثرات معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۱ داشته است، همچنین در فاکتور تعداد پد در زمان اندازه‌گیری نشان داده شده است که اثر فاکتور دور آبیاری، زمان اندازه‌گیری و اثرات متقابل آن‌ها اثرات معنی‌داری نشان نداده است. علاوه بر آن در فاکتور ارتفاع پد در زمان اندازگیری تیمار دور آبیاری، زمان اندازه‌گیری و اثر متقابل آن‌ها اثرات معنی‌داری نشان داده است (جدول ۱).

**جدول ۱. آنالیز تجزیه واریانس**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | تعداد پد در دور آبیاری | درجه آزادی | تعداد پد زمان اندازه‌گیری | ارتفاع پد در زمان اندازه‌گیری |
|---|---|---|---|---|---|
| دور آبیاری | ۳ | ۶/۷** | ۳ | ۱۴۶/۶۲Ns | ۳۷۰۵** |
| خطا | ۱۲ | ۰/۵۵ | ۱۲ | ۳۰/۴ | ۵۶۷ |
| زمان اندازه‌گیری | ۳ | ۲۴/۱۲** | ۲ | ۷/۷۷Ns | ۳۱۵ ** |
| دور آبیاری×زمان | ۹ | ۲/۱۷** | ۶ | ۲۰,۱۵ns | ۸۵۳** |
| خطای کل | ۳۶ | ۰/۱۵۶ | ۲۴ | ۲/۶۷ | ۵۶ |
| cv | | ۵/۷۴ | | ۵/۵۷ | ۶/۹۷ |

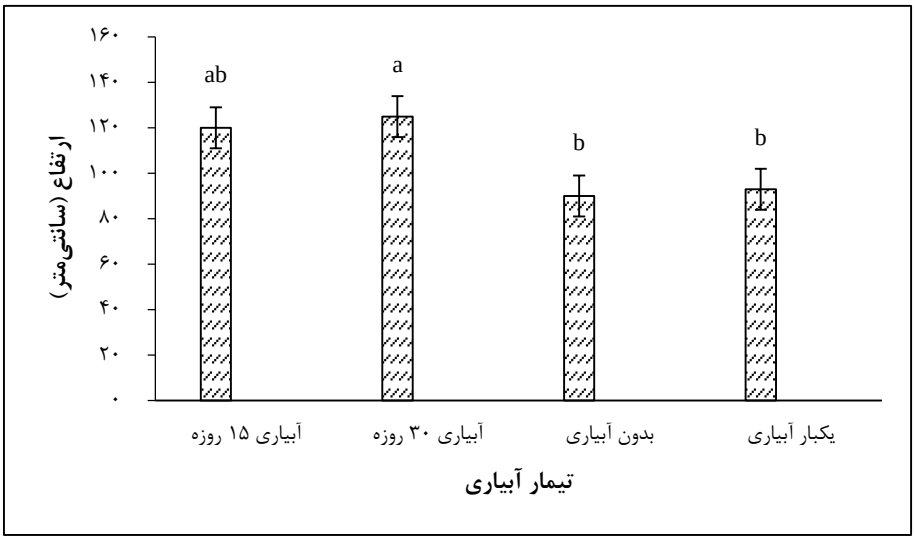
در بررسی اثر متقابل تیمار آبیاری با زمان اندازه‌گیری نشان داده شده است که بیشترین میزان ارتفاع پد در دور آبیاری ۳۰ روزه و در اسفندماه به دست آمده است. همچنین نشان داده شد کمترین اندازه پدها در تیمار

بدون آبیاری و در اسـفندماه بوده اسـت. تیمار دور آبیاری ۱۵ روزه نیز در اسـفندماه از وضـعیت مناسـبی برخوردار بوده است (شکل ۲).



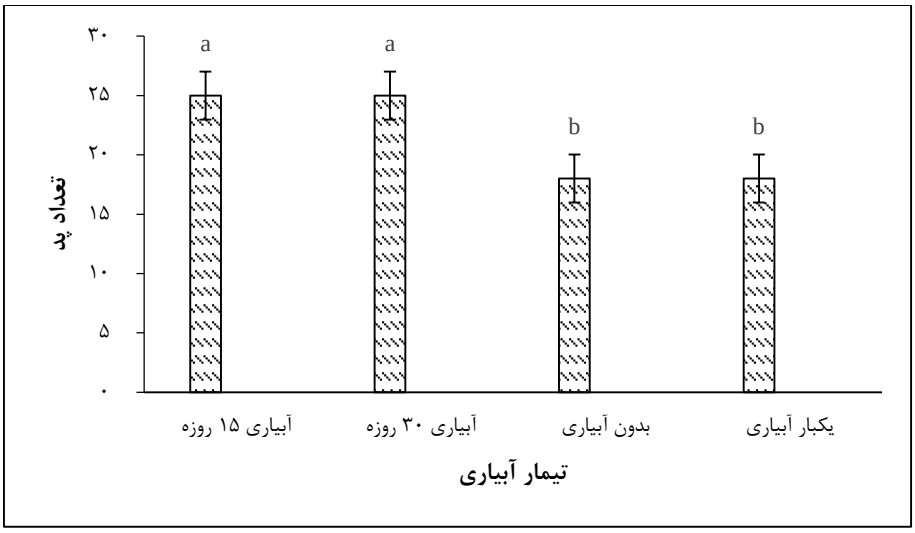

**شکل۲. اثر متقابل تیمار آبیاری در زمان اندازه‌گیری**

در بررسـی اثر تیمار آبیاری بر ارتفاع پدها نشـان داده شـده اسـت که بیشـترین اندازه پدها در تیمار دور آبیاری ۳۰ روزه و بعد از آن در دور آبیاری ۱۵ روزه بوده اسـت، همچنین کمترین میزان در تیمـار دور آبیـاری یـک بـار آبیاری و بدون آبیاری بوده است (شکل ۳).



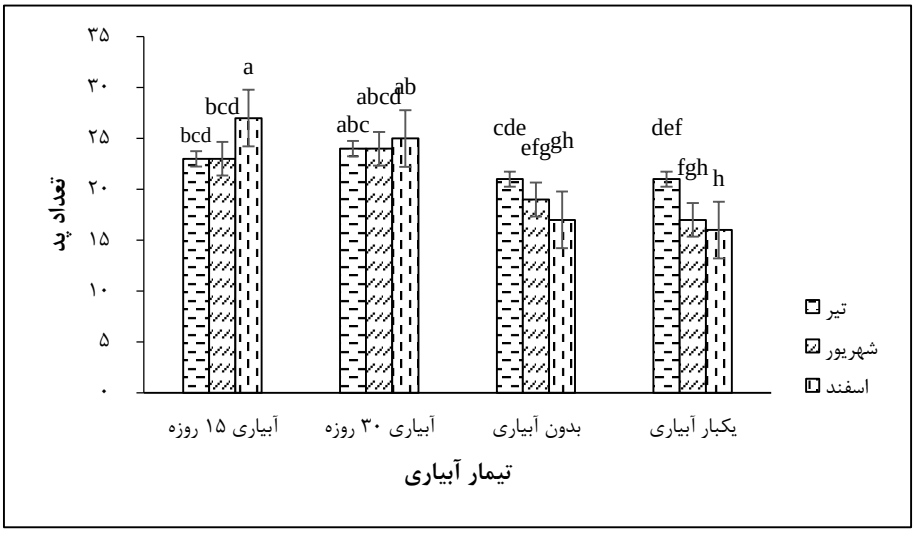

**شکل۳. بررسی اثر تیمار آبیاری بر ارتفاع پدها**

در بررسـی اثر دور آبیـاری بر تعداد پد که بیش‌ترین تعـداد پـد در تیمـار دور آبیـاری ۱۵ و ۳۰ روز آبیاری در اسفندماه بوده است. هم‌چنین کم‌ترین میزان تعداد پد در تیمار بدون آبیاری و یکبار آبیاری در اسـفندماه می‌باشـد (شکل ۴).



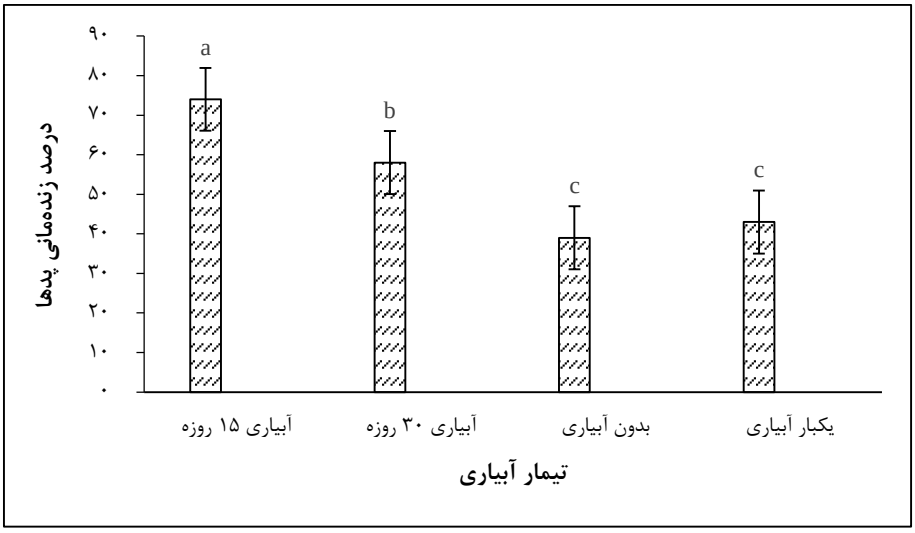

**شکل ۴. بررسی اثر فاصله آبیاری بر تعداد پدها**

بر اساس شکل (۵)، بیشترین تعداد پد در تیمار دور آبیاری ۱۵ و ۳۰ روز، یک‌بار آبیاری و در اسفند ماه بوده است، همچنین کمترین میزان تعداد پد در تیمار بدون آبیاری و یک بار آبیاری در اسفندماه است.




**شکل ۵. بررسی اثر دور آبیاری در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری بر تعداد پدها**

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که در تیمارهای بدون آبیاری و یک بار آبیاری آثار خشکیدگی نمایان شده است اما تیمارهایی که ۱۵ و ۳۰ روز یک بار آبیاری می‌شدند از رشد تقریباً مناسبی برخوردار بودند، با سپری شدن زمان بیش‌تری از تاریخ کاشت، پدهای جدید نمودار شدند اما به‌دلیل تنش خشکی پدهای مادری دچار آسیب‌دیدگی شدند به گونه‌ای که تلفات در تیمارهای بدون آبیاری و یکبار آبیاری شروع شد به نحوی که نتایج به دست آمده نشان داد که در تیمار بدون آبیاری ۳۸ درصد، در تیمار یک بار آبیاری ۴۳ درصد، در تیمار ۳۰ روز آبیاری ۵۷ درصد و در تیمار ۱۵ روز یک بار آبیاری ۷۵ درصد ماندگاری به دست آمد (شکل ۶).




**شکل ۶- درصد زنده ماندن پدها**

نکته دیگر این‌که، بر اساس مشاهدات خوشخوراکی این گیاه به‌ویژه برای جوندگان صحرایی مانند خرگوش، بسیار زیاد بوده و از پدهای تازه رشد کرده به میزان قابل‌توجهی استفاده نموده‌اند (شکل ۸ الف)، همچنین در طول اجرای این پژوهش، این گیاه علائم متفاوتی از بیماری و حمله آفات را نشان داده است که می‌تواند به شناسایی و مبارزه به عوامل پدیدآورنده بیماری در سال‌های آتی کمک نماید (اشکال ۷ ب و ج).

در تعدادی از پدها که دارای پایه مادری مناسب و قوی بودند رشد و نمو و جوانه‌زنی مناسبی مشاهده شد (شکل ۸).

(الف)

(ب)

(ج)

**شکل ۷. نمایی از خسارت و علائم بیماری در پدهای تازه**

**شکل ۸. شاخه‌زایی مناسب و رشدونمو پدها در اواخر بهار**

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده نشان داده شد که اثر تیمارهای دور آبیاری و زمان آبیاری بر تعداد و ارتفاع پدها اثرات معنی‌داری داشته است، که با درنظر گرفتن انتخاب پد مناسب از نظر اندازه و با اجرای دقیق دور آبیاری می‌توان رشد و نمو مناسبی را در این گیاه شاهد بود. برای استانداردسازی تکنیک‌های کاشت و نیاز آبیاری کاکتوس در هیسار (هاریانا)، گزارش شده که مزارع بستر بلند باعث بقا و ارتفاع بهتر بوته می‌شود. میزان بقا در تیمار بدون آبیاری بیش‌تر بوده اما با آبیاری ماهانه ارتفاع گیاه بیش‌تر بود [۹]. به‌نظر می‌رسد پس از استقرار کامل پدها می‌توان فواصل دوره‌های آبیاری را طولانی‌تر در نظر گرفت، از سوی دیگر با بررسی‌های انجام شده از نظر سازگاری مناطق غربی استان کرمانشاه (شهرستان قصرشیرین) شامل: منطقه قصرشیرین، نفت‌شهر و سومار با توجه به سازگاری آن با اقلیم و شرایط آب و هوایی منطقه و وجود خاک نسبتاً مناسب و تأمین آب از پروژه مهار آب‌های کشور برای کشت و تولید علوفه این محصول مناسب می‌باشد. همچنین مشاهده شد، در زمانی که کاکتوس علوفه‌ای با تنش آبی مواجه است، اقدام به تولید پد جدید می‌نماید، با این مشاهده می‌توان نتیجه‌گیری نمونه که در شرایط استرسی و تنش، گیاه می‌تواند اقدام به تکثیر جوانه جدید کند و حتی قادر به افزایش ریشه‌زایی است. واکنش سریع به آب، گیاه گلابی کاکتوس را با شرایط بسیار کم‌باران سازگار می‌کند [۳۲]. به‌طوری که در تصاویر نشان داده شده است که تنش آبی گاهی سبب تضعیف پایه مادری و باعث از بین‌رفتن پدهای تولیدی ضعیف که در شرایط تنش ظاهر شده‌اند می‌شود مگر این‌که ظهور این پدها هم‌زمان با آغاز فصل بارش باشد، و یا این‌که در این شرایط اقدام به آبیاری گردد تا بتوان نسبت به زنده‌مانی گیاه (پایه مادری) اقدام نمود. در غیر این‌صورت خود این عمل باعث حساسیت و تضعیف پدهای مادری نسبت به خشکی شده و حیات گیاه به خطر می‌افتد. از آن‌جائی‌که سیستم فتوسنتز و ذخیره آب در گیاه کاکتوس به صورت CAM است خود این سیستم عاملی برای مقاومت در مقابل تنش‌های خشکی می‌باشد اما در زمان ظهور پدهای جدید سیستم فتوسنتز و سیستم ذخیره آب گیاه جدید C3 است و در این شرایط روزنه‌ها باز مانده و باعث از دست دادن آب زیاد و جذب آب از پدهای مادری می‌شود و این عمل خود می‌تواند تأثیر منفی در ماندگاری کاکتوس‌های تنش‌دیده باشد. اما اگر ظهور پدهای جدید در زمانی که رطوبت کافی در خاک و هوا وجود داشته باشد به‌دلیل عمل فتوسنتز مناسب باعث تقویت پایه‌های مادری می‌شود. در تحقیقی، توده ریشه، طول ریشه و نسبت ریشه به پد، بر اساس

جرم خشک، طی تنش آبی در طی سه ماه برای کاکتوس علوفه‌ای به طور قابل توجهی کاهش یافته است. البته کاربرد آب به مقدار ۱۳/۶۳ میلی متر برای جبران تنش آبی کافی بود [۳۲].

نتایج حاصله نشان می‌دهد گونه‌های گیاهی علوفه‌ای کاکتوس با شرایط منطقه مورد تحقیق سازگاری داشته است، علاوه بر آن، استقرار و ماندگاری بیش از ۱۵ سال پایه‌های مادری در مزرعه تحقیقاتی قصرشیرین، نشان می‌دهد که پس از استقرار کامل گیاه دیگر نیازی به آبیاری نیست و بیش از ۱۰ سال است که این پایه‌ها آبیاری نشده‌اند. اما در صورتی‌که امکان آبیاری وجود داشته باشد پایه‌ها از رشد بهتری برخوردار خواهند شد. امکان کاشت آن با حداقل آبیاری و حتی به‌صورت دیم امکان‌پذیر است. در تحقیقی، مشخص شده که بالاترین تولید علوفه و کانوپی در تیمار ۷/۲ متر مکعب بر هکتار آبیاری در هفته به دست آمده است ولی تا حدود ۳۰ درصد ظرفیت آب مزرعه، میزان عملکرد کاهش معنی‌داری نداشته است [۱۹]. توصیه می‌گردد در صورت کشت در مراتع سامانه آبگیر مناسبی طراحی شود که گیاه نیازی به آبیاری نداشته باشد، و یا بتواند با حداقل آبیاری رشد و تولید مناسبی داشته باشد. در هر صورت توسعه و کشت این گونه‌ی علوفه‌ای که می‌تواند نقش مؤثر بر حفظ خاک و جلوگیری از پدیده گردوغبار، کاهش خطرات بیابان‌زایی، ایجاد پوشش گیاهی در منطقه، توسعه دامپروری و حتی صادرات آن و ارزآوری داشته باشد لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرفی کشت این گیاه در خاک‌های شور میسر و حتی گاهی اقتصادی‌تر است. در تحقیقی، تیمار با آب شور و ۳۳ درصد ETo با دوره آبیاری سه روزه باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد پدها، شاخص سطح پد، توده سبز و عملکرد ماده خشک کاکتوس علوفه‌ای نسبت به آب شیرین شد [۳۵].

خاک‌های دارای بافت خیلی سبک در شرایط اقلیمی منطقه نفت‌شهر امکان تنش آبی را به‌ویژه در سال اول افزایش می‌دهد، لذا با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی این گیاه و شرایط اقلیمی منطقه، خاک‌های متوسط به‌ویژه دارای بافت لوم ماسه‌ای (Sandy loam) مناسب‌تر هستند.

شروع زمان آبیاری بایستی متناسب با شرایط آب و هوایی منطقه به‌ویژه آخرین زمان بارندگی و درصد رطوبت نسبی و نیز زمان شروع فصل گرما در نظر گرفته شود. لذا استفاده از تشتک تبخیر بهترین مقیاس برای شروع تیمارهای آبیاری می‌باشد.

با توجه به شرایط منطقه تیمار بدون آبیاری فاقد عملکرد اقتصادی بوده و در این تیمار گیاه فقط زنده‌مانی خواهد داشت اما در سال‌هایی که از نظر شرایط رطوبت مناسب است و یا در اقالیمی که هوا خنک‌تر و بارندگی بیشتری دارند می‌تواند گزینه مناسبی باشد تیمار ۳۰ روز یک بار آبیاری می تواند مناسب‌تر باشد و در منطقه قابل توصیه است، چرا که رشد مناسب و عملکرد مناسبی دارد اما تیمار ۱۵ روز یک بار آبیاری مناسب‌ترین گزینه برای کاشت است اما از آن‌جایی‌که کشاورزان و دامداران از نظر اقتصادی و از نظر تأمین آب کافی به‌دلیل صعب‌العبور بودن مناطق توان آبیاری ندارند بهترین راه این است در مناطق صعب‌العبور گزینه بدون استفاده از آبیاری و با استفاده از سطوح و سامانه‌های آبگیر صورت بگیرد و برای موفقیت در این روش در مراتعی که از نظر شرایط خاک و اقلیم مناسب‌تر هستند برنامه‌ریزی شود.

بهترین زمان کشت پدها در منطقه نفت‌شهر با توجه به دمای هوا و رطوبت نسبی منطقه، قبل از شروع فصل سرما و در پائیز می‌باشد. چرا که در این بازه زمانی، رطوبت خاک از طریق نزولات جوی بهتر تأمین شده و تا فرارسیدن فصل گرما و تنش خشکی، ریشه‌دوانی کاکتوس‌ها انجام می‌گیرد و در حقیقت نیاز آبی گیاه در ابتدایی رشد فراهم می‌شود. بهتر است در زمان کشت، میزان رطوبت خاک کمتر و یا در حد ظرفیت مزرعه باشد تا احتمال له‌شدگی و پوسیدگی پایه‌های کشت شده به حداقل برسد. به‌طور کلی کاکتوس علوفه‌ای در زمینه تولید علوفه و مقاومت به خشکی می‌تواند برای مراتع گرمسیری گزینه مناسبی باشد.

# References

[1]Barbera, G., Inglese, P., and Pimienta-Barrios, E. (1995). Agroecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear Eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 132, Rome.

[2]Basile, F., and Foti, V.T. (1997). Economic features of cactus pear production in Italy. Acta Horticulturae. 438,139-150.

[3]Coskuner, Y., Turker, N., Ekiz, H.I., Aksay, S., and Karababa, E. (2000). Effect of pH and temperature on the thermostability of prickly pear (Opuntia ficus-indica) yellow-orange pigments. Nahrung 44(4), 261-263.

[4]Domingues, O. (1963). Origem e introducao da palma forrageira no nordeste. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Socias, Pernambuco, Brazil.

[5]Dos Santos, D.C., and de Albuquerque, S.G. (2001). Fodder use in the semi arid northeast of Brazil. p. 37–49. In C. Mondragon-Jacobo and S. Perez-Gonzalez (ed.) Cactus (Opuntia spp.) as forage. FAO plant production and protection paper 169, FAO, Rome, Italy.

[6]Felker, P., Soulier, C., Leguizamón, G., and Ochoa, J. (2002). A comparison of the fruit parameters of 12 Opuntia clones grown in Argentina and the United States. Journal of Arid Environments, 52(3), 361-370.

[7]Forni, E., Polesello, A., Montefiori, D., and Maestrelli, A. (1992). High-performance liquid chromatographic analysis of the pigments of blood-red prickly pear (Opuntia ficus indica). Journal of Chromatography 593, 177-183.

[8]Frank, N. (2000). El cultivo tecnificado de la tuna. Simpo-sio Internacional Cultivo Frutales de Zonas ridas, San-tiago, Chile, April 27-28, 156-169

[9]Gagender, Y., Sing, G., Dagar, J. C., and Khajanchi, L. (2014). Performance of edible cactus (*Opuntia ficus-indica*) in saline environments. INDIAN J AGR SCI, 84(4),73-87.

[10]Galizzi, F., Felker, P., and Gardiner, G. (2004). Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Santiago del Estero, Argentina. J. Arid Environ. 59, 115–132.

[11]Gonzalez, C.L. (1989). Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (Opuntia lindheimerii Engelm.). J. Arid Environ. 16, 87–94.

[12]Guevara, J.C., Colomer, J.H.S., Jua´rez, M.C., and Estevez. O.R. (2003). Opuntia ellisiana: Cold hardiness, above-ground biomass production and nutritional quality in the Mendoza plain, Argentina [Online]. Available at: www.jpacd.org; verified 28 June 2006. Journal Prof. Assn. Cactus Devel. 5, 55–64.

[13]Gregory, R.A., and Felker. P. (1992). Crude protein and phosphorus contents of 8 contrasting Opuntia forage clones. Journal of Arid Environments 22:323-331.148 J. PACD – 2003.

[14]Han, H., and Felker. P., (1997). Field validation of water use efficiency of a CAM plant Opuntia ellisiana in south Texas. J. Arid Environ. 36, 133–148.

[15]Joubert, E. (1993). Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa. International Journal of Food Science Technology 28, 377-387.

[16]Kheyrodin H. (2013). Effects of vegetation on soil erosion in desert areas. The 3th National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd University, IRAN.

[17]Kuti, J.O., and Galloway, C.M. (1994). Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. Journal Food Science 59(2), 387-393.

[18]Lopez, J.J., Rodriguez-G, A., Perez-R, L., and Fuentes-R. J.M. (1996). A survey of forage uses of cactus in northern Mexico [Online]. Available at: www.jpacd.org; verified 28 June 2006. J. Prof. Assn. Cactus Devel. 1, 10–19.

[19]Elbana, M., El-Gamal, E. H., Mohamed, A., Fernando, A. L., Pari, L., Outzourhit, A., Elwakeel, M., El-Sheikh, E.A., and Rashad, M. (2020). Effect of irrigation scheduling on canopy cover development and crop-water management related parameters of *O.ficus-indica* under prolonged drought conditions. Scientific Journal of Agricultural Sciences 2 (2): 113-122.

[20]Masjedi, A. R., and Fathi Moghadam. M. (2009). A laboratory study of vegetation effects on preventing soil erosion in water catchments. Journal of Watershed Engineering and Management.

[21]Merin, U., Gagel, S., Popel, G., Bernstein, S., and Rosenthal. I. (1987). Thermal degradation kinetics of prickly pear fruit red pigment. Food Science 52, 485-486.

[22]Mondragon-Jacobo, C., and Perez-Gonzalez. S. (2001). Cactus (Opuntia spp) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169. FAO, Rome, Italy.

[23]Monjauze, A., and LeHouerou. H.N. (1965). Le role des Opuntia dans l'economie agricole Nord Africaine. Extrait de Bulletin de l'Ecole Nationale Superieure d'Agriculture de Tunis.

[24]Nefzaoui, A., and Salem, H.B. (2001). Opuntia spp. A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region. p. 73–90 In C. Mondragon-Jacobo and S. Perez-Gonzalez (ed.) Cactus (Opuntia spp.) as forage. FAO plant production and protection paper 169, FAO, Rome, Italy.

[25]Nobel, P.S. (1991). Tansley Review no 32. Achievable productivities of CAM plants: Basis for high values compared with C3 and C4 plants. New Phytol. 119, 183–205.

[26]Nobel, P.S. (1994). Remarkable agaves and cacti. Oxford Univ. Press, New York

[27]Pourjavad, H., Rashki, A., Hosseinalizadeh, M. (2017). Assessing the influence of plant species on wind erosion in arid regions: (a case study of the Sebri region of Sabzevar, Iran). Desert Ecosystem Engineering Journal, 6(14), 21-32.

[28]Rearte, D. (1996). La integracion de la ganaderia Argentina. INTA-SAGPyA. Balcarce (Argentina), 31 pp.

[29]Redhead, J. (1990). Utilization of tropical foods: fruits and leaves. FAO Food and Nutrition Paper No: 47/7. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

[30]Retamal, N., Durán, J. M., and Fernández. J. (1987). Seasonal variations of chemical composition in prickly pear (Opuntia ficus-indica (L.) miller). Journal of the Science of Food and Agriculture, 38(4): 303-311.

[31]Rodriguez-Felix, A., and Cantwell, M. (1988). Developmental changes in the composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). Plant Foods Hum. Nutr. 38, 83–93.

[32]Snyman, H.A. (2004). Effect of Various Water Application Strategies on Root Development of Opuntia ficus-indica and O. robusta Under Greenhouse Growth Conditions. anuary 2004 Journal of the Professional Association for Cactus Development (6):34-61.

[33]Suter-Burri, K., Gromke, C., Leonard, K. C., and Graf, F. (2013). Spatial patterns of aeolian sediment deposition in vegetation canopies: Observations from wind tunnel experiments using colored sand. Aeolian Research, 8, 65-73. 71- Szarek, S. R., & Ting, I. P. (1975). Physiological responses to rainfall in Opuntia basilaris (Cactaceae). American Journal of Botany, 62(6), 602-609.

[34]Turker, N., Coşkuner, Y., Ekiz, H. I., Aksay, S., and Karababa, E. (2001). The effects of fermentation on the thermostability of the yellow-orange pigments extracted from cactus pear (Opuntia ficus-indica). European Food Research and Technology, 212(2), 213-216.

[35]Varley, A., Fonseca, M., Dos Santos, R., Abel da, J., Silva, S., Rodrigues, L., Santos, D. C., Cleiton, R., and Barbosa Brito, F. (2019). Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of Opuntia ficus-indica irrigated with saline water. Acta Scientiarum. Agronomy 41.