

بررسی تغییرات عملکرد، صفات زراعی و بهره‌وری مصرف آب کاکتوس تحت تأثیر تنش خشکی

حمید نجفی نژاد^{۱*}، محمد علی جواهری^۲، سید ذبیح الله راوری^۳



- ۱- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان
 - ۲- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان
 - ۳- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان
- *Email: hnajafinezhad@yahoo.com

چکیده

معرفی گیاهان علوفه‌ای مقاوم به خشکی و دارای پتانسیل تولید علوفه با حداقل نیاز آبی در شرایط خشک‌سالی و بحران کم آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور بررسی عملکرد، صفات زراعی و بهره‌وری مصرف آب کاکتوس علوفه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی بوته‌های دو ساله کاکتوس در منطقه ارزوئیه استان کرمان اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی در سه سطح شامل تنش کم، متوسط و شدید به ترتیب بر اساس ۱۴۰، ۱۹۰ و ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از سطح طشتک تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد. حجم آب مصرف شده در تیمارهای تنش خشکی کم، متوسط و شدید در طول مدت زمان آزمایش به ترتیب برابر با ۱۴۶۸، ۱۳۹۹/۲ و ۱۳۰۰/۴ متر مکعب در هکتار بود. با افزایش سطح تنش خشکی ضخامت پد، طول و عرض پد و وزن تر پد به طور معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد علوفه تر در تیمارهای تنش خشکی کم، متوسط و شدید به ترتیب ۵۷/۳، ۴۶/۸۵ و ۲۷/۹ تن در هکتار و عملکرد علوفه خشک به ترتیب ۴/۵، ۴/۲۳ و ۳/۲۹ تن در هکتار بود. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب برای علوفه تر و خشک به ترتیب به تیمارهای تنش خشکی کم و متوسط تعلق داشت. کم‌ترین فیبر علوفه و پروتئین خام علوفه در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده شد. با توجه به عملکرد علوفه تولید شده در شرایط آزمایش و حجم آب مصرف شده، کشت کاکتوس برای تولید علوفه در منطقه گرم ارزوئیه و اقلیم‌های مشابه برای اراضی حاشیه‌ای و کم بازده توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: کم آبی، کاکتوس، کارآیی مصرف آب، کمیت و کیفیت علوفه

بیان مسئله

یکی از راه‌کارهای افزایش تولید علوفه با منابع آب محدود، استفاده از گیاهان علوفه‌ای مقاوم به خشکی با بهره‌وری مصرف آب بالا است. بررسی توسعه کشت گیاهان علوفه‌ای جدید مانند کاکتوس علوفه‌ای به دلیل ویژگی‌های مناسبی از جمله نیاز آبی کم، بهره‌وری مصرف آب بالا و کم توقع بودن به حاصل‌خیزی خاک یکی از راه‌کارها برای کمک به تولید علوفه در شرایط سخت و کم آب است. کاکتوس علوفه‌ای گیاهی چند ساله است که در تمام قاره‌ها و در بسیاری از کشورها به منظور تولید علوفه و میوه کشت می‌شود، اما بیش‌ترین سطح زیر کشت کاکتوس (بالغ بر ۲۲۰۰۰۰۰ هکتار) به کشورهای برزیل، مکزیک، تونس، آفریقای جنوبی و اتیوپی تعلق دارد (۴). علوفه این گیاه از لحاظ کربوهیدرات، آسکوربیک اسید و املاح معدنی بخصوص کلسیم غنی بوده و می‌توان در جیره غذایی انواع دام (گاو، گوسفند و بز)، با مخلوط ۲۰ الی ۳۰ درصد علوفه کاکتوس و ۷۰ الی ۸۰ درصد سایر علوفه‌ها، نیاز غذایی دام را تامین کرد (۱). کاکتوس گیاهی مقاوم به خشکی و دارای ارزش اقتصادی و اکولوژیک است که میوه و پد آن به عنوان منبع غذایی برای انسان و حیوانات مصرف دارد (۳). کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia ficus-indica*) با مقاومت ویژه‌ای که به وضعیت نامساعد محیطی از جمله درجه حرارت‌های بالا، خشکی‌های طولانی مدت و خاک‌های فقیر دارد می‌تواند راه حل مناسبی برای تامین بخشی از کمبود علوفه و جایگزینی با محصولات با نیاز آبی بالا باشد. قابلیت این گیاه در ذخیره کردن مقدار قابل توجهی آب در اندام‌ها امکان مقاومت بیش‌تر آن را در شرایط خشکی فراهم کرده به نحوی که با توجه به شرایط در هر سال پتانسیل تولید چهار تا ۱۰۰ علوفه را دارد، ضمن این‌که علاوه بر تولید علوفه، قابلیت تولید میوه خوراکی را نیز دارا می‌باشد (۶،۷). از لحاظ کارآیی مصرف آب کاکتوس (*Opuntia spp.*) با مصرف ۲۶۷ لیتر آب یک کیلوگرم ماده خشک تولید می‌نماید درحالی‌که برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک ارزن ۴۰۰ لیتر، سورگوم ۶۶۶ لیتر و یونجه ۱۰۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود (۲).

با توجه به کمبود علوفه، بحران کم آبی، فقر مرتع و ادامه خشک‌سالی‌ها در استان کرمان ضرورت دارد پتانسیل تولید گیاهان علوفه‌ای جدید، مقاوم به خشکی و هم‌چنین سازگار به شرایط آب و هوایی استان شناسایی و معرفی شوند. بنابراین با توجه به فقدان اطلاعات علمی در خصوص سازگاری و عملکرد این گیاه در استان، مطالعه مذکور در اقلیم گرم استان (شهرستان ارزوئیه) در سال ۱۳۹۸ بر روی بوته‌های دو ساله کاکتوس انجام شده است.

جدول ۱- آمار میانگین ماهیانه دمای حداکثر، دمای حداقل، بارندگی و تبخیر در سال اجرای آزمایش در شهرستان ارزوئیه کرمان

ماه	بارندگی (میلی متر)	تبخیر (میلی متر)	دمای حداقل (سانتی گراد)	دمای حداکثر (سانتی گراد)
فروردین	۵/۴	۲۸۵/۶	۱۶	۲۸/۵
اردیبهشت	۱	۳۲۲/۳	۲۱/۴	۳۲/۶
مرداد	۰/۷	۴۰۸/۶	۲۵	۴۰/۶
تیر	۰/۴	۴۳۳	۲۹	۴۲/۶
مرداد	۲/۵	۴۲۸	۲۷/۳	۴۱
شهریور	۰/۴	۳۲۷	۲۴	۳۹/۸
مهر	۰	۲۶۸/۱	۲۰/۵	۳۳/۶
آبان	۰	۱۵۵/۴	۱۲/۴	۲۸/۵
آذر	۰	۱۱۵	۴/۸	۲۳/۵
دی	۲۳/۳	۹۸	۴/۵	۱۸/۷
بهمن	۶۸/۲	۹۴	۷/۸	۱۷/۳
اسفند	۱۰/۶	۱۲۳	۱۳	۲۵/۳

معرفی دستاورد

تاثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر تغییرات عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و برخی صفات زراعی کاکتوس در سال ۱۳۹۸ در شهرستان ارزوئیه مورد مطالعه قرار گرفت. منطقه ارزوئیه دارای اقلیم نیمه گرمسیری با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۱۲۱۰ متر از سطح دریا در فاصله ۲۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان واقع شده است. آمار میانگین دمای حداکثر و حداقل، بارندگی و تبخیر ماهیانه در جدول (۱) نشان داده شده است. آزمایش بر روی بوته های کاکتوس دو ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و سه تیمار تنش خشکی اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری نرمال، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب بر اساس ۱۴۰، ۱۹۰ و ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح طشتک تبخیر کلاس A بود. منشاء کاکتوس مورد مطالعه کشور تونس بود که از طریق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام دریافت گردید. خاک محل اجرای آزمایش مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت که نتایج تجزیه در جدول (۲) آورده شده است. برای هر کرت تعداد ۱۶ بوته دو ساله با فاصله $۱/۵ \times ۲$ متر در نظر گرفته شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی متر)

اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	کربن آلی O.C (%)	وزن مخصوص ظاهری B.D (g cm ⁻³)	رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم P.W.P (%)	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه F.C(%)	بافت خاک (سانتی متر)	عمق خاک
۷/۹	۳	۲۶۴	۱۲	۰/۵۴	۱/۴۳	۱۰/۱	۲۱/۲	لومی رسی	۰-۳۰
۷/۷	۲/۴	۲۲۷	۷/۸	۰/۲۶	۱/۴۶	۹/۶	۲۰/۱	لومی رسی	۳۰-۶۰

در زمان آبیاری هر تیمار، حجم آب آبیاری به اندازه‌ای بود که رطوبت خاک را تا عمق موثر توسعه ریشه به ظرفیت زراعی برساند. گسترش افقی و نفوذ عمودی موثر توسعه ریشه با حفر پروفیل برای بوته‌های کاکتوس در طول فصل رشد گیاه تعیین شد. اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک در عمق فعال توسعه ریشه و در زمان آبیاری هر تیمار با استفاده از دستگاه Time- Domain Reflectometry مدل (Trime-FM, IMKO, Ettlingen, Germany) کالیبره شده انجام شد. میزان آب مورد نیاز هر حرکت در هر مرحله آبیاری بر اساس کسر رطوبت موجود خاک از ظرفیت زراعی تعیین شده است. از سیستم آبیاری قطره‌ای برای آبیاری هر کرت استفاده شد. در جدول (۳) حجم آب مصرف شده و متوسط رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری برای هر تیمار آمده است. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد علوفه، بهره‌وری مصرف آب و برخی صفات زراعی و کیفی بود. صفات مذکور با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.2 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۳- درصد رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری و حجم آب مصرف شده در تیمارهای مختلف تنش خشکی

تنش خشکی بر مبنای تبخیر تجمعی از سطح طشتک تبخیر	رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (%)	آب مصرف شده (مترمکعب در هکتار)
۱۴۰ میلی‌متر (تنش کم)	۱۳/۷	۱۴۶۸
۱۹۰ میلی‌متر (تنش متوسط)	۱۲/۱	۱۳۹۹/۲
۲۴۰ میلی‌متر (تنش شدید)	۹/۷	۱۳۰۰/۴

مجموع عملکرد علوفه تر در تیمارهای تنش خشکی کم، متوسط و شدید به ترتیب ۵۷/۳، ۴۶/۸۵ و ۲۷/۹ تن در هکتار و عملکرد علوفه خشک به ترتیب ۴/۵، ۴/۲۳ و ۳/۲۹ تن در هکتار بود که بیانگر تاثیر معنی‌دار تنش خشکی در کاهش عملکرد علوفه کاکتوس بوده است (جدول ۴). بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب برای علوفه تر و خشک به ترتیب به تیمارهای تنش خشکی کم و متوسط و کم‌ترین آن به تیمار تنش خشکی شدید تعلق داشته است (جدول ۴). هم‌چنین تاثیر شدت تنش خشکی در کاهش ضخامت پد، طول و عرض پد و وزن تر پد معنی‌داری بود (جدول های ۴ و ۵). کم‌ترین فیبر علوفه و پروتئین خام علوفه و بیش‌ترین محتوی سدیم در علوفه در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده شد (جدول ۶). حجم آب مصرف شده در تیمارهای تنش خشکی کم، متوسط و شدید به ترتیب برابر با ۱۴۶۸، ۱۳۹۹/۲ و ۱۳۰۰/۴ متر مکعب در هکتار به دست

آمد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق کشت و توسعه کاکتوس در منطقه گرم ارزوئیه و مناطق با اقلیم مشابه با مصرف حداقل آب و تحت شرایط آبیاری قطره‌ای به منظور تامین بخشی از علوفه مورد نیاز دام امکان‌پذیر است.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی کاکتوس تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

تنش خشکی بر مبنای تبخیر تجمعی از سطح طشتک تبخیر	قطر پد (سانتی‌متر)	نسبت طول پد به عرض	عرض پد (سانتی‌متر)	طول پد (سانتی‌متر)	تعداد پد در بوته
۱۴۰ میلی‌متر (تنش کم)	۲/۱a	۱/۹a	۱۶/۵a	۳۰/۵a	۲۲/۵ a
۱۹۰ میلی‌متر (تنش متوسط)	۱/۹a	۱/۷a	۱۵/۶a	۲۶b	۲۰/۶ b
۲۴۰ میلی‌متر (تنش شدید)	۱/۶c	۱/۶a	۱۳/۹b	۲۱/۸c	۱۶ c

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد علوفه، بهره‌وری مصرف آب و ماده خشک کاکتوس تحت تاثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی

در منطقه ارزوئیه کرمان

تنش خشکی بر مبنای تبخیر تجمعی از سطح طشتک تبخیر	عملکرد خشک (تن در هکتار)	عملکرد تر (تن در هکتار)	وزت تر پد (گرم)	بهره‌وری مصرف آب علوفه خشک (کیلوگرم بر متر مکعب آب)	بهره‌وری مصرف آب علوفه تر (کیلوگرم بر متر مکعب آب)	درصد ماده خشک
۱۴۰ میلی‌متر (تنش کم)	۴/۵a	۵۷/۶a	۷۹۹/۲a	۳/۱a	۳۹/۲a	۷/۸c
۱۹۰ میلی‌متر (تنش متوسط)	۴/۲a	۴۶/۸b	۶۷۶/۷b	۳a	۳۳/۵b	۹b
۲۴۰ میلی‌متر (تنش شدید)	۳/۳b	۲۷/۹c	۵۵۴/۷c	۲/۵b	۲۱/۵c	۱۱/۸a

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی صفات کیفی علوفه کاکتوس تحت تاثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی

تنش خشکی بر مبنای تبخیر تجمعی از سطح طشتک تبخیر	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ADF (%)	فیبر نامحلول در شوینده خنثی NDF (%)	سدیم (%)	پروتئین خام (%)
۱۴۰ میلی‌متر (تنش کم)	۱۸/۷b	۲۹a	۰/۰۷b	۷/۵b
۱۹۰ میلی‌متر (تنش متوسط)	۱۹/۲a	۲۹/۶a	۰/۰۶۹b	۸/۳a
۲۴۰ میلی‌متر (تنش شدید)	۱۶/۹c	۲۵/۷b	۰/۱۴a	۶/۳c



شکل ۱: نمونه کرت های آزمایشی با شرایط آبیاری قطره‌ای (شهرستان ارزوئیه)



شکل ۲: وضعیت ظاهری بوته‌های دو ساله کاکتوس



شکل ۳: تصویر میوه کاکتوس (سمت راست)، گل کاکتوس (سمت چپ)

توصیه ترویجی

با توجه به کم آبی و خشک‌سالی‌های دهه‌های اخیر در استان کرمان تامین علوفه مورد نیاز دام با استفاده از گیاهان علوفه‌ای مقاوم به خشکی با عملکرد قابل قبول و با حداقل مصرف آب ضرورت دارد. بر اساس نتایج این تحقیق و تحت شرایط آبیاری قطره‌ای، با مصرف ۱۴۶۸ متر مکعب آب در هکتار ۵۷/۶ تن علوفه تر تولید شد. حداکثر بهره‌وری مصرفی آب برای علوفه تر ۳۹/۱۵ و برای علوفه خشک کاکتوس ۳/۰۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود. با توجه به مصرف حداقل آب در هکتار و همچنین بهره‌وری مصرفی آب بالای کاکتوس در مقایسه با اغلب گیاهان علوفه‌ای رایج، توسعه کشت کاکتوس در شرایط بحران کم آبی توجیه اقتصادی دارد. با در نظر گرفتن موارد فوق توسعه کشت کاکتوس علوفه‌ای در مناطق گرم و

معتدل استان و در اراضی حاشیه‌ای به منظور تامین بخشی از علوفه تازه و سبز مورد نیاز دام به خصوص برای فصل زمستان توصیه می‌شود.

کاکتوس گیاه جدیدی می‌باشد که برای کشت و استقرار آن رعایت موارد زیر توصیه می‌گردد:

- ۱- جداسازی پد بالغ یک‌ساله از گیاه مادری در اواخر بهمن ماه
- ۲- نگهداری پدهای جدا شده در محیط سایه به مدت دو الی سه هفته برای این‌که در زمان کاشت ضمن جلوگیری از پوسیدگی، ریشه‌زایی آن‌ها تسریع گردد.
- ۳- آماده سازی زمین شامل عملیات خاک‌ورزی (شخم عمیق، دیسک و تسطیح) و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به صورت سوپر فسفات تریپل در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری خاک .
- ۴- کشت پدها با فاصله ۱/۵ متر از یک‌دیگر در روی ردیف و فاصله ۲ متر بین ردیف.
- ۵- در زمان کاشت (دهه اول اسفندماه) بایستی یک سوم طول پدها در داخل خاک قرار گیرد.
- ۶- کاکتوس به آبیاری سنگین و زیاد حساس بوده و به خصوص در سال اول آبیاری سنگین می‌تواند منجر به پوسیدن و نابودی پد شود. بنابراین لازم است پس از کاشت پد، آبیاری بسیار سبک صورت گیرد به نحوی که آب ایستادگی در اطراف پد ایجاد نشود.
- ۷- بهتر است هر سال در شروع فصل بهار مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در اواخر اسفند ماه مصرف شود.

۸- برای کشت و توسعه کاکتوس در مناطق گرم و با اقلیم مشابه به شهرستان ارزوئیه در سال اول و در فصول گرم دور آبیاری به طور متوسط ۱۴ روز و از سال دوم به بعد دور آبیاری ۲۰ تا ۲۵ روز در محدوده زمانی ۱۵ اردیبهشت لغایت پایان آبان ماه توصیه می‌گردد.

۹- از آذرماه تا پایان فروردین ماه با توجه به بارندگی و خنک بودن هوا و دوره استراحت کاکتوس در فصل زمستان به آبیاری نیازی نیست. در صورتی که شرایط خشک‌سالی شدید داشته باشیم در طول فصل زمستان بهتر است یک نوبت آبیاری انجام شود.

۱۰- برداشت علوفه کاکتوس برای تغلیف دام بهتر است در فصل زمستان که کمبود علوفه تازه وجود دارد انجام شود.

فهرست منابع

1. Chiteva, R., Wairagau, N., 2013. Chemical and nutritional content of *Opuntia ficus indica* (L.). African Journal of Biotechnology. 12, 3309-3312.
2. Dekock, G.C., 1998. The use of cactus pear (*Opuntia spp.*) as a fodder source in the arid areas in Southern Africa. p.83-95, in Proceedings of International Symposium on Cactus Pear and Nopalitos Processing and Uses. Universidad de Chile, Santiago, and FAO International Cooperation Network on Cactus Pear.
3. Dubeux, J.C.B., Jr., dos Santos, M.V.F., da Cunha, M.V., dos Santos, D.C., de Almeida Souza, R.T., de Mello, A.C.L., de Souza, T.C. 2021. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: a review. Animal Feed Science and Technology. 275: 114890.
4. Grunwaldt, J.M., Guevara, J.C., Grunwaldt, E.G., 2015. Review of scientific and technical bibliography on the use of *Opuntia* spp. as forage and its animal validation. Journal of Professional Association for Cactus Development. 17, 13-32.
5. Gregory, R.A., Felker, P., 1992. Crude protein and phosphorus contents of 8 contrasting *Opuntia* forage clones. Journal of Arid Environments. 22, 323-331.
6. Liguori, G., Inglese, G., Pernice, F., Sortino, G., Inglese, P., 2013. CO₂ uptake of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.

whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. Italian Journal of Agronomy. 8.3, 14-20.

7. Nobel, P.S., 2001. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*, in: Mondragón-Jacobo, C., Perez-Gonzalez, S. (Eds.), *Cactus (Opuntia spp.) as forage*, FAO Plant. FAO, Rome, IT, pp. 13-20.