

## بررسی اثرات فاصله و میزان آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب آلوئه‌ورا

مهرداد نوروزی<sup>۱\*</sup>، بهزاد قربانی و بهرام بهزادی

دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

[nowroozi50@yahoo.com](mailto:nowroozi50@yahoo.com)

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد.

[Behg1955@yahoo.com](mailto:Behg1955@yahoo.com)

کارشناس ارشد زراعت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر.

[Behzadi\\_res@yahoo.com](mailto:Behzadi_res@yahoo.com)

### چکیده

آلوئه‌ورا (*Aloe Vera L.*) گیاهی دارویی است که با شرایط آب و هوایی گرم، خشک و کم‌آب سازگاری خوبی داشته و می‌تواند در الگوی کشت مناطق گرمسیری جنوب ایران قرار گیرد. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات فاصله و میزان آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب آلوئه‌ورا در منطقه دشتستان بوشهر بود. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاصله آبیاری شامل دو، چهار و شش روز و چهار ضریب تشتک تبخیر کلاس A شامل ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ با سه تکرار و طی دو سال زراعی (۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰) اجراء شد. طبق نتایج بدست آمده با افزایش فاصله آبیاری از دو به شش روز تغییرات معنی‌داری در عملکرد و کارایی مصرف آب مشاهده نشد. اثرات میزان آبیاری بر میزان عملکرد، تعداد برگ و ارتفاع بوته معنی‌دار بود و کمترین آن‌ها مربوط به ضریب ۰/۲ بود، ولی در ضرائب ۰/۶ و ۰/۸ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. با کاهش میزان آبیاری، کارایی مصرف آب بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، بطوریکه کمترین آن مربوط به ضریب ۰/۸ و بیشترین آن مربوط به ضریب ۰/۲ بود. بطور کلی برای حصول حداکثر عملکرد (۵/۷ کیلوگرم در بوته)، ضریب تشتک تبخیر ۰/۶ معادل ۶۵۶ میلی‌متر و برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب (۱۵/۵ گرم بر لیتر)، ضریب تشتک تبخیر ۰/۲ معادل ۲۱۸/۸ میلی‌متر آب و به لحاظ سهولت مدیریت آبیاری دور آبیاری شش روز توصیه گردید.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی آلوئه‌ورا، دور آبیاری، تشتک تبخیر، مدیریت آبیاری.

۱- آدرس نویسنده مسئول: شهرکرد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

\*- دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۴ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۵

## مقدمه

به دلیل داشتن ریشه‌های سطحی به باران‌های اتفاقی خفیف عکس‌العمل سریع نشان می‌دهند (نوبل، ۱۹۹۷). گیاهان CAM همچنین این قابلیت را دارند که در شرایط تنش رطوبتی، با ساخت مواد متابولیکی ثانویه و اسمولیت‌ها و تنظیم فشار اسمزی اثرات منفی این تنش‌ها را برطرف سازند (جوینس و همکاران، ۱۹۹۲؛ کریسی و گلیبا، ۲۰۰۰).

تحقیقات (گنت و ون اسکوتن، ۱۹۹۲) بر روی آلوئه‌ورا در جزایر کارائیب نشان داده است که آبیاری در مقایسه با شرایط بدون آبیاری، اثرات مثبتی بر رشد بوته، تعداد برگ‌ها و میزان ژل تولیدی از هر بوته دارد. طبق تحقیقات (گریندلی و رینولدز، ۱۹۸۶) برای آلوئه‌ورا در فصل خشک، آبیاری دقیق لازم است. اما آبیاری بی‌رویه باعث پوسیدگی قاعده آن می‌شود.

سیلوا و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری (T1، T2، T3 و T4) به ترتیب معادل پنج، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل) بر رشد و عملکرد آلوئه‌ورا گزارش نمودند که کارایی مصرف آب در تیمارهای T1 و T4 (به ترتیب برابر ۱۰/۸ و ۱۰/۹ گرم بر لیتر) کمتر از کارایی مصرف آب در تیمارهای T2 و T3 (به ترتیب برابر ۲۴/۵ و ۱۵/۶ گرم بر لیتر) بود. آنها همچنین گزارش نمودند که بوته‌های تیمار T2 با تولید ۱۷/۱ گرم ژل به ازای هر لیتر آب عملکرد بهتری نسبت به بوته‌های سایر تیمارها داشتند.

حسین و همکاران (۲۰۱۵) به منظور بررسی اثرات دور آبیاری بر رشد آلوئه‌ورا، یک آزمایش گلخانه‌ای با تیمارهای دور آبیاری بر اساس ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشک تبخیر کلاس A اجرا کرده و گزارش نمودند که در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر بیشترین عملکرد ژل و ماده خشک برگ حاصل شد.

دلانوره هرا و همکاران (۲۰۱۰) به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر کارایی مصرف آب و تنظیم

آلوئه‌ورا (Aloe Vera L.) گیاهی چند ساله و بومی مناطق گرمسیری جنوب آفریقا است (گنت و ون اسکوتن، ۱۹۹۲). این گیاه دارای ساقه‌ای ضخیم و کوتاه است (حداکثر ۱۰ سانتیمتر) که تعدادی برگ ساده، آبدار و گوشتی و بطول تقریبی ۶۰-۳۰ سانتیمتر بطور متقارن از قاعده آن رشد می‌کنند. یک ریشه اصلی به طول حدود پنج تا ۱۰ سانتیمتر دارد که تعدادی ریشه ثانویه از آن منشعب می‌شوند. بطور طبیعی بخش اعظم سیستم ریشه آلوئه‌ورا در ۱۵ سانتیمتر اول پروفیل خاک یافت می‌شود (وینتر و همکاران، ۲۰۰۵).

درخصوص نیاز آبی و مدیریت آبیاری آلوئه‌ورا تحقیقات چندانی صورت نگرفته و بیشتر تحقیقات معطوف به جنبه‌های دارویی و امکان ساخت اقلام بهداشتی و آرایشی بوده است. از آنجا که این گیاه دارای مسیر فتوسنتزی CAM می‌باشد، جذب شبانه CO<sub>2</sub> و بسته بودن روزنه‌ها در طول روز باعث می‌شود تا از تلفات آب جلوگیری شود و کارایی مصرف آب آن بیش از گیاهانی با مسیر فتوسنتزی C3 و C4 باشد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۵). در این زمینه نوبل (۲۰۰۱) گزارش نمود که کارایی مصرف گیاهان CAM بیش از پنج برابر گیاهان C3 و دو تا سه برابر بیشتر از گیاهان C4 می‌باشد. بالا بودن کارایی مصرف آب در گیاهان CAM به خاطر اختلاف کم غلظت بخار بین گیاه و اتمسفر در طول مدت حداکثر بازشدگی روزنه‌ها می‌باشد. در این گیاهان میزان بخار آب در برگ‌ها و ساقه‌ها حدود یک درصد میزان آن در هوای اشباع است (نوبل و ژنگ، ۱۹۹۷؛ نوبل و زوتا، ۲۰۰۷).

گیاهان CAM سازگاری‌های دیگری هم دارند که آن‌ها را در حفظ رطوبت کمک می‌کند. مانند تراکم کم روزنه‌ها (حدود ۲۰ تا ۳۰ روزنه در میلی‌متر مربع) و ظرفیت بالای تجمع آب در بافت برگ‌ها و ساقه‌ها از طریق بیوسنتز پلی‌ساکاریدهای نگهدارنده آب. این گیاهان

شرقی و عرض ۲۱ درجه و دو دقیقه شمالی با ارتفاع حدود ۱۱۰ متر از سطح دریا) اجراء گردید. خصوصیات کیفی خاک و آب محل اجرای آزمایش به شرح جداول ۱ تا سه می‌باشد:

آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاصله آبیاری شامل دو، چهار و شش روز و چهار ضریب تشکک تبخیر کلاس A شامل ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ با سه تکرار و طی دو سال زراعی (۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹) اجراء شد.

تیمارهای آبیاری بر اساس گزارش آلن و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص ضریب گیاهی (Kc) گیاهان CAM مانند آگاو (۰/۴ تا ۰/۷)، آناناس (۰/۳ تا ۰/۵) انتخاب شدند. دورنبوس و کسام (۱۹۷۹) هم ضریب گیاهی آناناس را ۰/۴ تا ۰/۵ گزارش کرده است. همچنین گنت و ون اسکوتن (۱۹۹۲) با مطالعات لایسیمتری ضریب گیاهی آلوئه‌ورا را (۰/۲۵ تا ۰/۴) خیلی شبیه گیاه آناناس و آگاو گزارش کرده بودند.

اسمزی گیاه آلوئه‌ورا آزمایش گلدانی انجام دادند. تیمارهای آبیاری شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد رطوبت خاک در وضعیت ظرفیت مزرعه بود. آنها گزارش کردند که بوته‌های مربوط به تیمار آبیاری ۷۵ درصد، به لحاظ تولید ماده خشک و ژل بیشترین کارایی مصرف آب را داشتند.

به کارگیری آلوئه‌ورا به عنوان گیاهی سازگار با شرایط آب و هوایی خشک و کم‌آب در الگوی کشت مناطق جنوبی کشور با هدف صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع محدود آب امری اجتناب به نظر می‌رسد. لذا هدف از پژوهش حاضر مطالعه دور و میزان مناسب آبیاری آلوئه‌ورا در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک استان بوشهر بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر (طول جغرافیائی ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی خاک

عمق cm	وزن مخصوص ظاهری g/cm <sup>3</sup>	رطوبت وزنی در F.C	رطوبت وزنی در P.W.P	متوسط سرعت نفوذ cm/hr	سرعت نفوذ لحظه‌ای cm/hr	بافت
۰-۳۰	۱/۴۳	۱۶/۹	۶/۳	۱۰/۵	۶/۲	S.L
۳۰-۶۰	۱/۴۳	۱۵/۴	۶/۵			
۶۰-۹۰	۱/۲۶	۱۳/۳	۷/۲			

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیائی خاک

عمق cm	EC ds/m	pH	T.N.V %	O.C %	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/l	SAR
۰-۳۰	۷/۱	۷/۹	۶۰	۱/۴	۵۸	۲۵	۲۰	۴	۵۹	۴/۶

جدول ۳- برخی از خصوصیات شیمیائی آب مورد استفاده

EC ds/m	pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/l	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SAR
۳/۴	۷/۶	۴/۵	۸/۵	۳۶	۳۷	۱۲	۲/۸

شدند و نهال‌های آلوئه‌ورا کنار قطره‌چکان‌ها کشت شدند. در آبیاری قطره‌ای به دلیل حداقل تلفات تبخیر، عملاً میزان تعرق گیاه برابر کل آب مصرفی است. لذا در آبیاری قطره‌ای آب مصرفی برآورد شده برای شرایطی که کل سطح مزرعه مرطوب می‌شود، با اعمال ضریب مربوط به

سیستم آبیاری قطره‌ای متناسب با اهداف آزمایش به گونه‌ای نصب گردید که هر کرت آزمایشی شامل سه خط لوله فرعی بطول ۱۰ متر و فاصله یک متر از یکدیگر باشد. قطره‌چکان‌های با آبدهی هشت لیتر در ساعت بفواصل یک متر از هم روی لوله فرعی نصب

$$K = Ps + 0.15(1 - Ps) \quad (1)$$

درصد پوشش گیاهی (Ps) اصلاح گردید (کلر و بلیسنر، ۱۹۹۰). درصد پوشش گیاهی به صورت نسبت سطح سایه‌انداز به حاصلضرب بین بوته‌ها و ردیف کشت تعیین شده و با استفاده از رابطه زیر به ضریب سایه‌انداز تبدیل گردید:

$$IW = \frac{Kp \times K \times E}{Ea(1 - LR)} - ER \quad (2)$$

جدول ۴- دمای حداقل و حداکثر، بارندگی مؤثر، تبخیر و ضریب سایه‌انداز در ماه‌های مختلف

سال	ماه	دما (درجه سانتیگراد)		بارندگی مؤثر (میلی‌متر)	تبخیر (میلی‌متر در روز)	ضریب سایه‌انداز
		حداقل	حداکثر			
۱۳۸۸	بهمن	۱۱/۸	۲۴/۳	۰	۴/۱	۰/۲۱
	اسفند	۱۶/۳	۳۰/۷	۰	۷/۴	۰/۲۳
	فروردین	۱۹/۴	۳۳/۲	۰	۹/۱	۰/۲۵
	اردیبهشت	۲۴/۱	۳۸/۵	۰	۱۱/۵	۰/۲۶
	خرداد	۲۹/۲	۴۵/۰	۰	۱۵/۷	۰/۲۸
	تیر	۲۹/۹	۴۵/۰	۰	۱۶/۳	۰/۲۹
	مرداد	۳۱/۴	۴۶/۲	۰	۱۵/۲	۰/۳۱
	شهریور	۲۹/۲	۴۳/۸	۰	۱۱/۵	۰/۳۳
	مهر	۲۵/۰	۴۰/۴	۰	۸/۷	۰/۳۴
	آبان	۱۹/۵	۳۳/۶	۰	۶/۶	۰/۳۶
	آذر	۱۲/۱	۲۷/۹	۰	۵/۰	۰/۳۷
	دی	۱۰/۵	۲۰/۴	۴۰	۳/۴	۰/۳۹
۱۳۸۹	بهمن	۱۰/۳	۱۹/۹	۹۸/۶	۳/۴	۰/۴۱
	اسفند	۱۴/۵	۲۶/۳	۱۳	۵/۵	۰/۲۱
	فروردین	۱۸/۲	۳۳/۲	۰	۸/۸	۰/۲۳
	اردیبهشت	۲۵/۴	۴۱/۱	۰	۱۲/۰	۰/۲۴
	خرداد	۲۸/۷	۴۵/۲	۰	۱۴/۰	۰/۲۶
	تیر	۲۹/۸	۴۵/۲	۰	۱۲/۰	۰/۲۸
	مرداد	۳۰/۸	۴۶/۳	۰	۱۲/۲	۰/۳۰
	شهریور	۲۷/۸	۴۳/۴	۰	۱۰/۱	۰/۳۱
	مهر	۲۲/۴	۳۹/۲	۰	۸/۸	۰/۳۳
	آبان	۱۷/۸	۳۰/۶	۱۵	۵/۳	۰/۳۵
	آذر	۱۰/۲	۲۱/۵	۵۶	۳/۰	۰/۳۷
	دی	۱۰/۶	۲۲/۰	۳۰	۳/۰	۰/۳۹
۱۳۹۰	بهمن	۱۰/۲	۲۱/۰	۳۲	۳/۴	۰/۴۰
	اسفند	۱۰/۹	۲۳/۸	۰	۵/۲	۰/۴۱

سیستم آبیاری و اختصاص کنتور حجمی جداگانه به هر تیمار آبیاری، راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد فرض گردید.

$$LR = \frac{EC_m}{2 \max EC_e} \quad (3)$$

که در آن:

در رابطه ۲، Kp ضریب تشنگ تبخیر در نظر گرفته شده، K ضریب پوشش گیاهی، E تبخیر تجمعی از تشنگ تبخیر کلاس A، Ea راندمان آبیاری، LR نیاز آبتجویی، ER بارندگی مؤثر می‌باشد. نیاز آبتجویی با استفاده از رابطه زیر تعیین شد. به دلیل کوچک بودن

جدول ۵- میزان آب آبیاری در سطوح مختلف تیمارهای آبیاری (مترمکعب در هکتار)

میانگین	سال زراعی		ضریب تشتت تبخیر
	۱۳۸۹-۹۰	۱۳۸۸-۸۹	
۲۱۸۸	۲۰۶۰	۲۳۱۶	۰/۲
۴۳۷۴	۴۱۱۶	۴۶۳۲	۰/۴
۶۵۶۱	۶۱۷۴	۶۹۴۸	۰/۶
۸۷۴۸	۸۲۳۲	۹۲۶۳	۰/۸

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد محصول (وزن برگ سبز)، عملکرد ژل (وزن ژل جداشده از برگ‌ها)، کارایی مصرف آب، تعداد برگ و ارتفاع بوته در دو سال آزمایش در جدول ۶ ارائه شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود، اثرات اصلی سال بر عملکرد برگ سبز، عملکرد ژل و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده است.

دور آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد برگ سبز، عملکرد ژل، کارایی مصرف آب، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته نداشته است. اثرات سطوح مختلف میزان آبیاری بر عملکرد برگ سبز، عملکرد ژل، کارایی مصرف آب و تعداد برگ در بوته در سطح احتمال ۱٪ و بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است.

$EC_{iw}$  هدایت الکتریکی آب آبیاری و  $max EC_e$  حداکثر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که گیاه در آن قادر به ادامه حیات نیست. بارندگی مؤثر با روش سازمان حفاظت خاک آمریکا قابل محاسبه است:

$$ER = \frac{P_t(125 - 0.2P_t)}{125} \quad (۴)$$

که در آن:

$P_t$  بارندگی کل در دوره مورد نظر برحسب میلی‌متر می‌باشد. در جدول ۴ میانگین دمای حداقل و حداکثر (درجه سانتیگراد)، بارندگی مؤثر (میلی‌متر)، تبخیر (میلی‌متر در روز) و ضریب سایه‌انداز در ماه‌های مختلف ارائه شده است. پس از اتمام آزمایش پاسخ‌های گیاهی بدست آمده شامل وزن بوته، عملکرد ژل، کارایی مصرف آب، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌های مربوطه با آزمون دانکن مقایسه شدند.

## نتایج

میزان آب آبیاری در سطوح مختلف تیمارهای

آبیاری طی دو سال زراعی در جدول ۵ ارائه شده است:

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد برگ سبز (وزن برگ سبز)، عملکرد ژل (وزن ژل جداشده از برگ‌ها)، کارایی مصرف آب، تعداد برگ و ارتفاع بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد محصول	عملکرد ژل	کارایی مصرف آب	تعداد برگ
سال	۱	۵/۲۸۱**	۱/۲۸۰**	۰/۹۵۷ <sup>ns</sup>	۶/۱۲۵ <sup>ns</sup>
سال × تکرار	۴	۰/۱۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۳/۵۰۴*	۰/۰۴۲ <sup>ns</sup>
دور آبیاری	۲	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱/۱۷۵ <sup>ns</sup>	۳/۰۴۲ <sup>ns</sup>
سال × دور آبیاری	۲	۰/۲۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۳ <sup>ns</sup>	۳/۰۴۲ <sup>ns</sup>
خطا	۸	۰/۲۰۸	۰/۰۵۳	۱/۲۰۶	۲/۵۲۱
ضریب تشتت	۳	۲۱/۲۷۴**	۵/۲۴۲**	۲۵۲/۵۵۹**	۳۷/۴۵۸**
سال × ضریب تشتت	۳	۰/۳۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۳ <sup>ns</sup>	۷/۷۶۷ <sup>ns</sup>	۰/۹۰۳ <sup>ns</sup>
دور آبیاری × ضریب تشتت	۶	۰/۴۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۸ <sup>ns</sup>	۱/۲۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۸۶ <sup>ns</sup>
سال × دور آبیاری × ضریب تشتت	۶	۰/۳۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۳۶ <sup>ns</sup>	۳/۰۹۷ <sup>ns</sup>
خطای کل	۳۶	۰/۲۱۸	۰/۰۰۵	۱/۲۰۵	۱/۲۱۳
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۵۴	۱۲/۹۱	۱۰/۶۱	۶/۰۵

<sup>ns</sup>: بیانگر این است که اثرات تیمار معنی‌دار نیست

\*: بیانگر این است که اثرات تیمار در سطح ۵٪ معنی‌دار است

\*\* : بیانگر این است که اثرات تیمار در سطح ۱٪ معنی‌دار است

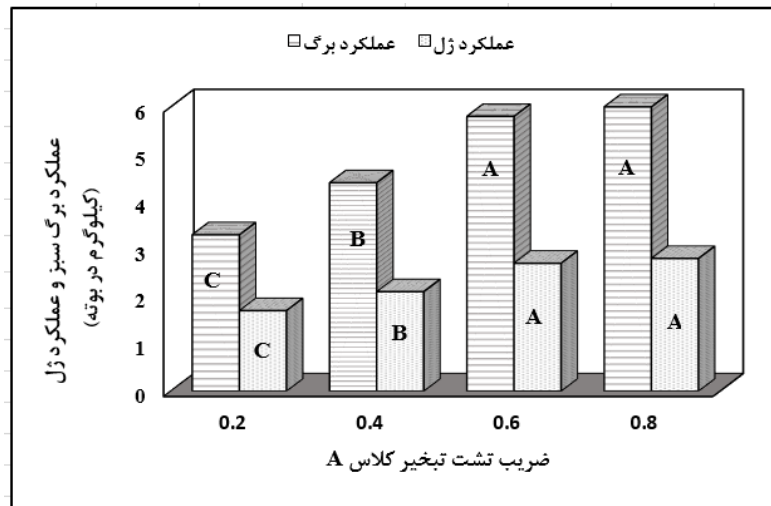
## بحث و نتیجه گیری

## اثر سال بر رشد و عملکرد آلوده ورا و کارایی مصرف آب

در گیاهان CAM مانند آلوده ورا پلی ساکاریدهای پیچیده‌ای که باعث ذخیره سازی آب در برگ‌ها و ساقه‌ها می‌شوند (مهنن، ۲۰۰۸)، هنگام افت دما به پایین‌تر از صفر درجه سانتیگراد از تشکیل بلورهای یخ در بافت‌های گیاه جلوگیری می‌کنند. بدین ترتیب نه تنها از گیاه در مقابل تنش رطوبتی محافظت می‌کنند، بلکه آن را در مقابل سرمازدگی نیز مقاوم می‌سازند (دل‌ویسو و همکاران، ۲۰۰۹). ولی بطور کلی آلوده ورا دمای کمتر از صفر درجه سانتیگراد را نمی‌تواند تحمل کند (ویلم و همکاران، ۱۹۹۲). سرمای کم سابقه و افت دما به پایین‌تر از صفر درجه سانتیگراد که در اول بهمن ماه سال دوم آزمایش خسارات شدیدی را به اکثر محصولات باغی و زراعی منطقه وارد آورد، بر رشد آلوده ورا، ارتفاع بوته و عملکرد محصول و به تبع آن عملکرد ژل و کارایی مصرف آب اثر نامطلوبی داشت. لذا میانگین عملکرد محصول از ۵/۲ کیلوگرم در بوته در سال اول به ۴/۷ کیلوگرم در بوته در سال دوم کاهش پیدا کرد. به همین ترتیب عملکرد ژل از ۲/۵ کیلوگرم در بوته در سال اول به ۲/۲ کیلوگرم در بوته در سال دوم کاهش پیدا کرد. از آنجا که سرمازدگی در مراحل پایانی فصل رشد و بعد از ظهور برگ‌ها اتفاق افتاده بود، لذا تعداد برگ در بوته در سال دوم تفاوت معنی‌داری با سال اول نداشت.

## اثر فاصله و میزان آبیاری بر رشد و عملکرد آلوده ورا و کارایی مصرف آب

از آنجا که گیاه آلوده ورا به آب کمی احتیاج دارد و نسبت به شرایط کم آبی مقاوم است (دل‌توره هررا و همکاران، ۲۰۱۰)، در این تحقیق با افزایش فاصله آبیاری -ها از دو روز به شش روز تغییرات معنی‌داری در میزان عملکرد اتفاق نیفتاده است. شکل ۱ نشان می‌دهد که کمترین میانگین وزن بوته (۳/۳ کیلوگرم) مربوط به ضریب ۰/۲ و بیشترین میانگین وزن بوته (شش کیلوگرم) مربوط به ضریب ۰/۸ است که تفاوت معنی‌داری با ضریب ۰/۶ ندارد. این نتایج بدان معنی است که با اعمال ضریب ۰/۸ افزایش معنی‌داری در میزان عملکرد نسبت به ضریب ۰/۶ اتفاق نیفتاده است. از طرف دیگر با اعمال ضریب ۰/۲ در مقایسه با سایر تیمارها گیاه دچار افت عملکرد شده است. در این رابطه تحقیقات سیلوا و همکاران (۲۰۱۰) در شرایط آب و هوایی خشک و مدیترانه‌ای و خاک لوم شنی نشان داده است که با آبیاری معادل ۵٪ تبخیر و تعرق پتانسیل، گیاه آلوده ورا دچار تنش شدید می‌شود و با آبیاری معادل ۲۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل، گیاه بیش از حد آبیاری شده که منجر به خفگی ریشه‌ها می‌شود. آبیاری بیش از حد باعث بروز شرایط اشباع و فقدان اکسیژن کافی می‌شود که توقف فرایند جذب و انتقال آب و عناصر غذایی به داخل ریشه‌ها را در پی دارد (ریچاردز، ۱۹۸۳).



شکل ۱- مقایسه نتایج میانگین عملکرد برگ سبز و عملکرد زل مربوط به سطوح مختلف میزان آبیاری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرده است. بطوریکه بیشترین میانگین کارایی مصرف آب (۱۵/۵ گرم بر لیتر) مربوط به ضریب ۰/۲ و کمترین آن (۶/۸ گرم بر لیتر) مربوط به ضریب ۰/۸ بوده است. با این حال افزایش دور آبیاری اثر معنی داری بر کارایی مصرف آب نداشته است که بیانگر آن است که افزایش دور آبیاری تا شش روز در روش آبیاری قطره‌ای تأثیر منفی بر کارایی مصرف آب نداشته است. در تحقیقات سیلوا و همکاران (۲۰۱۰) اگرچه ۵۰٪ بافت خاک شن و ظرفیت نگهداری رطوبت پایین بود، با کاهش مصرف آب کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرده بود. بطور کلی عمل کم‌آبیاری در صورت تأمین یک حداقل رطوبت در خاک باعث افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان می‌شود (گریتز و رائتز، ۲۰۰۹) که این حالت در مورد گیاهانی مانند گندم، پنبه و ذرت نیز صادق است (وینتر و همکاران، ۲۰۰۵). اما گیاهان گروه C4 مانند ذرت فاقد ظرفیت بالای ذخیره رطوبت گیاهان گروه CAM هستند و در نتیجه فاقد توانایی لازم برای مقاومت در برابر خشکی و کم‌آبی هستند. اما آلوده ورا هم توان بالای فتوسنتز گیاهان گروه C4 مانند ذرت را داراست و هم ظرفیت بالای ذخیره سازی رطوبت.

عملکرد زل به تبع عملکرد برگ سبز با افزایش فاصله آبیاری‌ها تغییرات معنی داری پیدا نکرده است. ولی با مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱ ملاحظه می‌شود که بیشترین میانگین عملکرد زل (۲/۸ کیلوگرم در بوته) مربوط به ضریب ۰/۸ است که تفاوت معنی داری با ضریب ۰/۶ ندارد و کمترین میانگین عملکرد زل (۱/۷ کیلوگرم در بوته) مربوط به ضریب ۰/۲ است. لذا کاهش مصرف آب اثر منفی بر میزان زل تولیدی از برگ‌ها دارد. این نتیجه با نتایج تحقیقات ویلم و همکاران (۱۹۹۲) که گزارش کرده بودند میزان زل تولیدی از برگ‌ها در کرت‌های با آبیاری، حدود شش برابر زل تولیدی از کرت‌های بدون آبیاری است، مطابقت دارد. آن‌ها همچنین گزارش کرده بودند که برای حصول بیشترین عملکرد محصول، آب آبیاری نباید بر اساس ضریب گیاهی کمتر از ۰/۲ تا ۰/۳ محاسبه شود.

افزایش کارایی مصرف آب تحت شرایط تنش آبی ویژگی عمومی گیاهان گروه CAM است (هررا، ۲۰۰۹). دلاتوره هررا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرده بودند که تأمین ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی خاک مبنای صحیحی برای مدیریت آبیاری آلوده‌ورا نیست. با توجه به جدول ۷ در همه سطوح دور آبیاری با کاهش میزان آب آبیاری

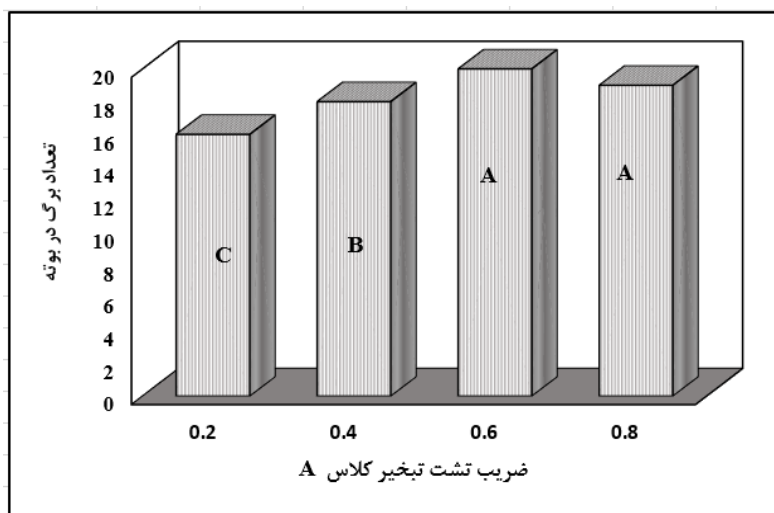
جدول ۷- مقایسه نتایج میانگین کارایی مصرف آب آلوده ورا (گرم بر لیتر) مربوط به اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف دور و میزان آبیاری

میانگین	ضریب تشنگ تبخیر (Kp)				دور آبیاری (روز)
	۰/۸	۰/۶	۰/۴	۰/۲	
۱۰/۸A	۶/۷e	۸/۴d	۹/۸bc	۱۵/۵a*	۲
۱۰/۴A	۶/۷e	۹/۰cd	۱۰/۸b	۱۴/۹a	۴
۱۰/۶A	۶/۸e	۹/۰cd	۱۰/۳bc	۱۶/۲a	۶
	۶/۸D	۸/۸C	۱۰/۳B	۱۵/۵A	میانگین

\* - میانگین‌هایی که دارای حروف کوچک یا بزرگ مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

قرار دارد. در گزارش آن‌ها با کاهش میزان آبیاری، تعداد برگ‌ها کاهش یافته بود. بطوریکه بیشترین میانگین تعداد برگ (۱۳ عدد) مربوط به تیمار آبیاری معادل ۲۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل و کمترین میانگین تعداد برگ (۸/۶ عدد) مربوط به تیمار آبیاری معادل ۵٪ تبخیر و تعرق پتانسیل بود.

افزایش دور آبیاری اثر معنی‌داری بر تعداد برگ در بوته نداشته است. ولی افزایش میزان آبیاری باعث افزایش تعداد برگ در بوته شده است. با توجه به شکل ۲ بیشترین میانگین تعداد برگ در بوته (۱۹ عدد) مربوط به تیمارهای ۰/۸ و ۰/۶ و کمترین میانگین تعداد برگ (۱۶ عدد) مربوط به تیمار ۰/۲ می‌باشد. این نتیجه در تطابق با نتایج بدست آمده از تحقیقات سیلوا و همکاران (۲۰۱۰)

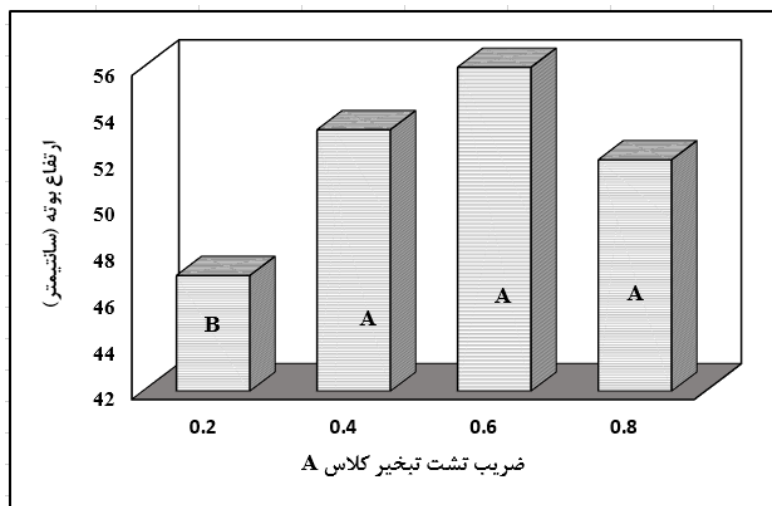


شکل ۲- مقایسه نتایج میانگین تعداد برگ در بوته با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪

یکدیگر ندارند. به نظر می‌رسد در تیمار ۰/۲ تنش رطوبتی باعث کاهش رشد طولی بوته‌های آلوده‌ورا گردیده است.

با توجه به شکل ۳ ملاحظه می‌شود که کمترین میانگین ارتفاع بوته (۴۷ سانتیمتر) مربوط به تیمار آبیاری ۰/۲ بوده ولی بقیه سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری با





شکل ۳- مقایسه نتایج میانگین ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف میزان آبیاری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪

کمترین کارایی مصرف آب مربوط به ضریب ۰/۸ و بیشترین آن مربوط به ضریب ۰/۲ بود. بنابر این در شرایط محل اجرای آزمایش برای حصول حداکثر عملکرد (۵/۷) کیلوگرم در بوته) ضریب تشت تبخیر ۰/۶ معادل ۶۵۶۰ مترمکعب در هکتار و برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب (۱۵/۵ گرم بر لیتر) ضریب تشت تبخیر ۰/۲ معادل ۲۱۸۸ مترمکعب در هکتار به عنوان تیمارهای مناسب تشخیص داده شدند.

#### سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های این طرح تحقیقاتی توسط سازمان جهاد کشاورزی استان بوشهر تأمین گردید که بدینوسیله تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

بطور کلی در این تحقیق مشخص گردید که گیاه آلوئه ورا به دلیل مقاومت آن به شرایط کم‌آبی، با افزایش فاصله آبیاری از دو به شش روز تغییرات معنی‌داری در میزان عملکرد و کارایی مصرف آب آن اتفاق نمی‌افتد. لذا دور آبیاری شش روز به دلیل سهولت برنامه‌ریزی آبیاری مزرعه برای کشاورزان مناسب تشخیص داده شد. کما اینکه کشاورزان منطقه در حال حاضر به طور تجربی مزارع آلوئه ورا خود را یک هفته در میان آبیاری می‌کنند. کمترین میزان عملکرد محصول و ژل، تعداد برگ و ارتفاع بوته مربوط به ضریب ۰/۲ بود که با افزایش میزان آبیاری این مقادیر نیز افزایش پیدا کردند. ولی میزان آبیاری معادل ضرایب ۰/۶ و ۰/۸ از لحاظ تأثیر بر صفات فوق تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از طرف دیگر با کاهش میزان آبیاری، کارایی مصرف آب بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، بطوریکه

#### فهرست منابع

- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., and M., Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.
- Del Viso, F., Puebla, A.F., Fusari, C.M., Casabuono, A.C., Couto, A.S., Pontis, H.G., Hopp, H.E., and R.A. Heinz. 2009. Molecular characterization of a putative sucrose Fructan 6-Fructosyltransferase (6-SFT) of the cold-resistant Patagonian grass *Bromus pictus* associated with fructan accumulation under low temperatures. *Plant and Cell Physiology*. 50: 489-503.

3. Delatorre-Herrera, J., Delfino, I., Salinas, C., Silva, H. and Liliana Cardemil. 2010, Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe Vera plants (*Aloe barbadensis Miller*), *Agricultural Water Management* 97: 1564–1570.
4. Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
5. Geerts, S., and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manage.* 96: 1275–1284.
6. Genet, W.B. M. and C.A.M. Van Schooten. 1992. Water requirement of Aloe Vera in a dry Caribbean climate, *Journal of Irrigation Science.* 13:81-85.
7. Grindlay, D., and T. Reynolds. 1986. The Aloe vera phenomenon: a review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology* 16: 117–151.
8. Herrera, A. 2009. Crassulacean Acid Metabolism and Fitness under Water Deficit Stress: If not for Carbon Gain, What is Facultative CAM Good for? *Ann. Bot.* 103: 645–653.
9. Hossein, S.M., Omrani Nejad, A. and A. Rezvani Aghdam. 2015. Investigation of different irrigation regimes on the morphological factors of Aloe vera. *Intl. J. Agri. Crop Sci.* 8 (3): 412-418.
10. Joyce, P., Aspinall, D., and L. Paleg. 1992. Photosynthesis and the accumulation of roline in response to water deficit. *Plant Physiology.* 19: 249–261.
11. Keller, J. and R.B. Bliesner, 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation.* Avi Book, Co. Ltd. New York. PP: 652.
12. Kerepesi, I., and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science.* 40: 482–487.
13. Mohnen, D. 2008. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology.* 11:266–277.
14. Nobel, P.S., 2006. Parenchyma–chlorenchyma water movement during drought for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. *Annals of Botany.* 97: 469–474.
15. Nobel, P.S. and H.H. Zhang. 1997. Photosynthetic responses of three co dominant species from the north-western Sonoran Desert – a C-3 deciduous sub-shrub, a C-4 deciduous bunchgrass, and a CAM evergreen leaf succulent. *Aust. J. Plant Physiol.* 24: 787–796.
16. Nobel, P.S. 1997. Root distribution and seasonal production in the northwestern Sonoran Desert for a C-3 subshrub, a C-4 bunchgrass, and a CAM leaf succulent. *Am. J. Bot.* 84: 949–955.
17. Nobel, P.S., 2001. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*. p. 13-19. In: C. Mondragón-Jacobo and S. PérezGonzález (Eds.). *Cactus (Opuntia spp.) as forage.* FAO Plant protection and production paper 169: 146 pp.
18. Nobel, P.S. and B.R. Zutta. 2007. Carbon dioxide uptake, water relations and drought survival for *Dudleya saxosa*, the ‘rock live-forever’ growing in small soil volumes. *Funct. Ecol.* 21: 698–704.
19. Silva, H., Sagardia, S., Seguel, O., Torres, C., Franck, N., Tapia, C. and L. Cardemil. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in Aloe Vera (*Aloe barbadensis Miller*). *Ind. Crop Prod.* 31: 20–27.
20. Willem, B. Genet, M. And C. A. M. Van Schooten. 1992, Water requirement of Aloe Vera in dry Caribbean climate. *Irrigation Science,* 13: 81-85.

21. Winter, K., Aranda, J. and J. A. M. Holtum. 2005. Carbon isotope composition and water use efficiency in plants with crassulacean acid metabolism. *Funct. Plant Biol.* 32: 381–388.
22. Zwart, S. and W. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manage.* 69: 115–133.
23. Richards, D. 1983. The grape root system, Anatomy and morphology, interactions of soil physical properties. *Hortic. Rev.* 5:127-168.