مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

تاثیر رژیم آب و خاک بر خصوصیات مورفولوژیک و متابولیسمی گیاه داروئی آلوئه‌ورا (*Aloe vera* L.)

داود اکبری نودهی[1*]، ام‌البنین نتاج[2]، نادیا فهیمی بورخیلی[3]

۱-استادیار و عضو هیات علمی، گروه آبیاری، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران
۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران
۳-دبیر آموزش و پرورش منطقه ۲ مازندران، بهداشت، مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و متابولیسمی گیاه دارویی آلوئه‌ورا، آزمایشی در سال۱۳۹۰ در شهرستان قائمشهر انجام شد. آزمایش به صورت گلدانی در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام شد. سطوح مختلف خشکی شامل شرایط ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای بود. نتایج تجزیه آماری نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی داشت. با افزایش تنش خشکی، ارتفاع، تعداد، وزن تر و خشک برگ، ضخامت و حجم برگ، وزن تر و خشک و حجم ریشه کاهش معنی‌دار نشان داد. بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری رابطه عکس با تغییرات تنش نشان داد. تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه دارای بالاترین و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه دارای کمترین مقدار بهره‌وری آب بود. بیشترین میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه و بیشترین میزان پرولین، قند محلول و نامحلول مربوط به ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه بود. در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بالاترین میزان ژل حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات مورفولوژیک، خصوصیات متابولیسمی، ظرفیت مزرعه، کلروفیل، گیاه دارویی

* نگارنده مسئول (dakbarin@yahoo.com)

مقدمه

گیاه دارویی آلوئه‌ورا، گیاهی گوشتی، چند ساله، همیشه سبز، تک لپه و متعلق به خانواده *Liliaceae* می‌باشد. منشأ این گیاه نواحی حاره و بومی آفریقاست (Vega *et al.*, 2007). در کشور ما این گیاه به نام‌های مختلف از جمله صبر تلخ، صبر زرد، شاخ بزی، گیاه قبر و آلوئه خوانده می‌شود (امید بیگی، ۱۳۸۹). گیاه آلوئه‌ورا در نقاطی از کشور به صورت گلخانه‌ای و یا در فضای آزاد به طور وسیعی کشت و تولید می‌شود و به کارخانجات مواد آرایشی و بهداشتی و یا عطاری‌ها و سوپر مارکت‌ها عرضه می‌شود، لذا افزایش رشد بازده و کیفیت این گیاه ارزش اقتصادی فراوانی دارد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۱).

محصول زراعی یک گیاه دارویی، زمانی مقرون به صرفه است که مقدار متابولیت‌های اولیه و ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد (امید بیگی، ۱۳۸۹)، از طرفی با انتخاب عوامل محیطی و ارقام گیاهی مناسب نیز می‌توان به حداکثر محصول دست یافت (جعفرنیا و همکاران، ۱۳۸۶). یکی از عوامل تاثیرگذار بر روی گیاه، تنش خشکی می‌باشد، به‌طوری که در شرایط تنش، برخی از ترکیب‌های داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کنند (Atal & kapur, 1998). گیاهان در تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری، گرما و غیره با ذخیره مواد تنظیم اسمزی با این تنش‌ها مقابله می‌کنند (ایزدی و همکاران، ۱۳۸۸). پرولین یکی از اسید آمینه‌ها برای تنظیم فشار اسمزی گیاهان است. مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی بیشتر شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها هستند. پرولین یکی از اسید آمینه‌های فعال در پدیده اسمزی می‌باشد که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به سزایی دارد (صفی خانی و همکاران، ۱۳۸۶).

برخی محققین بیان داشتند که در شرایط تنش آبی، معمولاً قندها و پرولین افزایش می‌یابد (Aspinal & Palge, 1981). Sayed, (1992) طی آزمایشی بر متابولیسم پرولین در فلفل قرمز گزارش کرد که میزان پرولین در شرایط تنش در برگ‌ها و به خصوص در

ریشه‌ها افزایش یافت. Alkire *et al*(1993) با بررسی اثر آبیاری کامل، آبیاری مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی نتیجه گرفتند که تنش آبی طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد. بررسی رژیم‌های مختلف رطوبت خاک بر گونه‌ای از نعناع نشان داد که افزایش رطوبت خاک، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Muni Ram & Singh, 1995). در آزمایشی بر روی گیاه سنبل هندی نشان داده شد که تنش آبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش موجب کاهش میزان عملکرد اندام‌های رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ می‌شود (Farooqi *et al*., 1999). طی تحقیقی بر متابولیسم قند و توسعه گل‌های سرخ گزارش داده شد که تنش موجب افزایش میزان قندهای محلول شده است (Mayak *et al*., 2001). در زمینه تغییرات میزان پرولین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از گیاهان پرولین را برای سازگاری بیشتر با تنش کمبود آب در خود انباشته می‌کنند (Pavlíková *et al*., 2008). صفی‌خانی و همکاران (۱۳۸۶) طی تحقیقی بر گیاه بادرشبو نشان دادند که تاثیر تنش خشکی بر عملکرد اسانس، میزان کربوهیدرات‌های محلول، میزان کلروفیل a و b و کل در طی دو سال معنی‌دار بود. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که تنش خشکی در گیاه دارویی آویشن اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی، عملکرد اندام رویشی و انباشت پرولین و درصد تیمول داشت و با افزایش تنش خشکی درصد تیمول و میزان پرولین افزایش یافت، البته عملکرد مورفولوژیک یا متابولیت‌های ثانویه پرولین و تیمول رابطه عکس را با تغییرات تنش خشکی نشان داد. طی آزمایشی که محققان بر روی اثر تیمارهای تنش بر بهره‌وری آب و خصوصیات گیاه آلوئه‌ورا انجام دادند، مقادیر ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه به عنوان تیمارهای آزمایشی در نظر گرفته شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش میزان تنش خشکی، بهره‌وری افزایش داشته است، از طرفی با افزایش میزان تنش خشکی، مقدار ژل و حجم برگ گیاه کاهش داشته است (Delatorre-Herrera *et al*.,

2010). با توجه به تغییرات خصوصیات گیاه در مقابل تنش خشکی، این تحقیق به منظور بررسی تنش خشکی بر خصوصیات گیاه آلوئه‌ورا و بهره‌وری آب در شهرستان قائمشهر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر انجام گردید. آزمایش به صورت گلدانی در داخل گلخانه با کنترل شرایط محیطی اجرا شد. میانگین دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۶۰ درصد بوده است. خاک مورد آزمایش در گلدان‌ها لومی شنی بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ رژیم آبیاری (I_1: آبیاری براساس ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک (تیمار شاهد)، I_2: آبیاری براساس ۷۵ درصد ظرفیت زراعی خاک، I_3: آبیاری براساس ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک و I_4: آبیاری براساس ۲۵ درصد ظرفیت زراعی خاک اجراء شد.

روش اعمال تیمارها به صورت وزنی بود. ابتدا گلدان و شن ریزه کاملاً شسته و خشک شده به عنوان صافی ته گلدان مشخص گردید، سپس به هر گلدان وزن مشخصی از خاک مزرعه ریخته شد. گلدان‌ها با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر بوده‌اند. جهت تعیین رطوبت در ظرفیت مزرعه به هر گلدان قدری آب داده شد تا به حالت اشباع برسد. پس از آبدهی کامل گلدان‌ها، در فاصله زمانی مشخص گلدان وزن و زمانی که وزن گلدان ثابت شد، نمونه خاک تهیه وزن و در آون و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. رطوبت محاسبه و مقدار بدست آمده رطوبت در ظرفیت زراعی (FC) خاک می‌باشد. مقدار رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (PWP) با استفاده از روش دستگاه صفحات فشاری و در فشار ۱۵ اتمسفر در شرایط آزمایشگاه به دست آمد. مقادیر رطوبت در ظرفیت مزرعه و رطوبت در نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۲۴/۳ و ۱۳/۵ درصد وزنی بدست آمدند. گیاه به صورت نشاء در گلدان‌ها کاشته

شدند. پس از نشاءکاری، گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری شدند تا نشاءها در محل جدید مستقر گردند. زمان اعمال تیمار خشکی پس از استقرار نشاءها (دو هفته پس از نشاءکاری) بود. مقدار رطوبت خاک به روش وزنی تعیین شد. تیمارهای تنش خشکی از تاریخ ۲۰ اردِیبهشت تا ۱۰ مهر ۱۳۹۰ به مدت ۱۴۰ روز اجرا گردید. بعد از پایان تنش، صفات مرفولوژیک نظیر ارتفاع (سانتی‌متر)، تعداد، عرض (سانتی‌متر)، ضخامت (سانتی‌متر)، حجم (سانتی‌متر مکعب)، وزن تر و خشک برگ (گرم)، وزن تر و خشک (گرم) و حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب) و مقدار ژل آلوئه‌ورا (گرم) اندازه‌گیری شد. حجم برگ با استفاده از رابطه ۱ بدست آمد (Delatorre-Herrera *et al.*, 2010):

$$AV = \left[\frac{L}{12}\right].\pi.E.$$

در این رابطه، V حجم برگ (سانتی‌متر مکعب)، L طول برگ (سانتی‌متر)، E متوسط ضخامت برگ (سانتی‌متر) و A عرض برگ است. ارتفاع و عرض برگ با استفاده از خط‌کش، ضخامت برگ با استفاده از کولیس بدست آمد. وزن تر برگ و ریشه به طور جداگانه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و وزن خشک آن‌ها پس از قرار گرفتن در آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) تعیین شد. برای بدست آوردن صفات مربوط به ریشه، ریشه گیاه بعد از قطع قسمت هوایی از گلدان‌ها خارج، شسته و عاری از خاک گشته و وزن تر و خشک و حجم آن‌ها اندازه‌گیری شد. بهره‌وری آب (*WUE*) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Huang *et al.*, 2004):

$$WUE = \frac{Y}{ET_a} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه، Y عملکرد تر برگ و وزن ژل (گرم) و ET_a تبخیر-تعرق واقعی (لیتر) است. *ETa*برای تیمارهای جداگانه با استفاده از معادله بیلان آب از رابطه ۳ بدست آمد (Huang *et al.*, 2004):

$$ET_a = P + I + \Delta S + Dp \qquad \text{(رابطه۳)}$$ رابطه۱

در این رابطه، ΔS تغییرات ذخیره آب در ابتدا و انتهای فصل رشد (لیتر)، P بارندگی (لیتر)، I مقدار آب آبیاری (لیتر) و D_p آب زهکشی شده (لیتر) می‌باشد. با توجه به شرایط گلخانه‌ای مقدار باران نیز صفر منظور شد. بهره‌وری آب

آبیاری (*IWUE*) با استفاده از رابطه ۴محاسبه شد (*Huang et al, 2004*):

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

در این رابطه، I مقدار آب آبیاری (لیتر) است. صفات متابولیسمی گیاه نظیر، قندهای محلول و نامحلول (میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل a و b و کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم) و مقدار پرولین (میلی‌گرم بر گرم) اندازه‌گیری شد. برای استخراج و سنجش پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، استفاده شد. پس از آماده شدن نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-120-02) در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. جهت اندازه‌گیری مقدار رنگدانه‌های گیاهی (کلروفیل) از روش Arnon (1949) استفاده گردید. ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ‌های جوان گیاه وزن شدند و با استون ۸۰ درصد در هاون چینی روی یخ و به دور از نور مستقیم سائیده شدند. مخلوط به دست آمده با کمک کاغذ صافی درون بالن ژوژه صاف گردید و حجم عصاره به دست آمده با استون ۸۰ درصد به ده میلی‌لیتر رسانده شد. جذب محلول‌ها با اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شدند، سپس میزان کلروفیل‌ها بر حسب میلی‌گرم در گرم بافت گیاهی محاسبه گردید. سنجش قندهای محلول و نامحلول با استفاده از روش Kochert (1978) و به روش فنل اسیدسولفوریک انجام گرفت. پس از سنجش قندهای محلول و نامحلول ابتدا یک منحنی استاندارد گلوکز تهیه گردید و سپس با قرار دادن مقدار OD خوانده شده در معادله، میزان تغییرات قندهای محلول و نامحلول مشخص گردید که مقدار قند نمونه با استفاده از منحنی استاندارد بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که طول برگ گیاه تحت تاثیر تیمارهای تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد

(pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بوده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) با افزایش تنش خشکی، طول برگ کوتاه شد، به طوری که بیشترین طول برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (۲۴/۹۷ سانتی‌متر) و کمترین طول برگ در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (۲۰/۶۱ سانتی‌متر) مشاهده گردید. تاثیر کوتاه شدن گیاه به واسطه تنش آبی توسط محققین دیگر در گیاهان مختلف و آلوئه‌ورا گزارش گردید (امید بیگی، ۱۳۸۹؛ اردکانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Alkire *et al*, 1993؛ Delatorre-Herrera *et al*, 2010).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲)، بیشترین تعداد برگ با میانگین ۱۲/۳ عدد در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد که با تیمار ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو در یک گروه قرار گرفتند. حداقل تعداد برگ‌ها در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با میانگین ۷/۷ عدد مشاهده شد. محققین گزارش نمودند که تأثیر خشکی بر ساقه‌های گیاه سبب نازک‌تر و خشک‌تر شدن آن و همچنین برگ‌های گیاه تنش دیده نسبت به شاهد کوچک‌تر و کمتر می‌باشد (Bettaieb *et al*, 2009).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر عرض برگ در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. باتوجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، بیشترین عرض برگ متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه با ۴/۳۲ سانتی‌متر بود. کمترین عرض برگ متعلق به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۳/۰۶ سانتی‌متر بود. عرض برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه، ۲۹ درصد افزایش داشت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر وزن تر تک برگ در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه

میانگین‌ها (جدول ۲)، وزن تر تک برگ بین ۶۸/۰۲ تا ۹۸/۸۴ گرم متغیر بود. بیشترین و کمترین وزن تر تک برگ به ترتیب متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه بود. تیمار I1 نسبت به تیمار شاهد ۳۱ درصد کاهش داشت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر وزن خشک تک برگ در سطح احتمال یک درصد ($pf \leqslant ۰/۰۱$) معنی‌دار بود. بیشترین مقدار وزن خشک تک برگ متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه با ۲/۶ گرم و کمترین وزن خشک تک برگ متعلق به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۱/۶ گرم بدست آمد. کاهش وزن تر و خشک برگ می‌تواند تحت تأثیر تخصیص بیشتر بیوماس تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش میزان کلروفیل و یا بازدهی فتوسنتز باشد (Viera *et al*, 1991).

جدول ۱- تجزیه واریانس تیمارهای تنش خشکی در صفات مورفولوژیک آلوئه‌ورا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول برگ	تعداد برگ	عرض برگ	وزن تر تک برگ	وزن خشک تک برگ	ضخامت برگ	حجم برگ
تکرار	۲	۲۶/۱ **	۱/۰۸ ns	۰/۳۷۸ **	۱/۷۱ **	۰/۰۷ **	۰/۱۲ **	۲۸۷/۳ **
تنش خشکی	۳	۹/۵**	۱۲/۳**	۰/۸۸ **	۴۸۹/۳ **	۰/۵۸ **	۰/۴۱ **	۱۱۸۳۲۴/۷ **
خطا	۶	۲/۵	۰/۶۴	۰/۰۱۴	۲/۳۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۷/۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۷	۸	۳/۲	۲	۵/۵	۵	۳

تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده * و ** اختلاف معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد، ns عدم معنی‌دار بودن اختلاف

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین‌های صفات مورفولوژیک آلوئه‌ورا در تنش‌های مختلف خشکی

تیمار تنش خشکی (درصد FC)	ارتفاع برگ	تعداد برگ در گیاه	عرض برگ	وزن تر تک برگ	وزن خشک تک برگ	ضخامت برگ	حجم برگ
	(cm)	-	(cm)	(gr)	(gr)	(cm)	(cm^3)
۲۵	۲۰/۶۱^{c}	۷/۷^{c}	۳/۰۶^{d}	۶۸/۰۲^{d}	۱/۶^{c}	۰/۸^{d}	۱۰۱/۷^{d}
۵۰	۲۲/۶۶^{b}	۹/۳^{b}	۳/۵۸^{c}	۷۸/۹^{c}	۱/۸۶^{bc}	۱/۲^{c}	۲۶۳/۳^{c}
۷۵	۲۲/۹۱^{b}	۱۱^{a}	۳/۹۸^{b}	۸۹/۹۶^{b}	۲/۱۲^{b}	۱/۴۵^{b}	۳۸۰/۶^{b}
۱۰۰	۲۴/۹۷^{a}	۱۲/۳^{a}	۴/۳۲^{a}	۹۸/۸۴^{a}	۲/۶^{a}	۱/۶۶^{a}	۵۷۶/۳^{a}

حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر تیمارهای تنش خشکی بر ضخامت برگ در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه با ۱/۶۶ سانتی‌متر بیشترین ضخامت برگ و تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۰/۸ سانتی‌متر کمترین ضخامت برگ را به خود اختصاص داده بودند. مشابه با نتایج این تحقیق، Bettaie و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزایش تنش، باعث کاهش ضخامت برگ می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر حجم برگ در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) بیشترین و کمترین حجم برگ به ترتیب متعلق به تیمار ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۵۷۶/۳ و ۱۰۱/۷ سانتی‌متر مکعب بود (جدول ۲).*et al* (2010) Delatorre-Herrera بیشترین حجم برگ را در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (۵۰۵/۳ سانتی‌متر) گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین وزن تر و خشک ریشه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب با ۵۵/۴۸ و ۶/۵۴ گرم بود. کمترین وزن تر و خشک ریشه متعلق به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب با

۲۷/۵۸ و ۲/۹۳ گرم بود. نتایج نشان داد که صفت آب آبیاری با وزن تر و خشک ریشه رابطه مستقیمی داشت؛ به طوری که با کاهش میزان آب آبیاری، وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت. در تیمارهای بدون تنش، تنش-های ملایم، متوسط و تنش شدید میانگین عملکرد وزن تر و خشک ریشه به ترتیب کاهش یافت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد (pf ⩽۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین و کمترین مقدار حجم ریشه به ترتیب متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۵۲/۵۱ و ۳۰/۹۴ میلی‌متر مکعب اتفاق افتاد. با توجه به نتایج بدست آمده، با افزایش تنش خشکی، حجم ریشه کاهش یافت. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) طی تحقیقی بر روی گیاه آویشن، گزارش کردند که بیشترین وزن تر و خشک و حجم ریشه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بود که مشابه با نتایج این تحقیق است. در آزمایشی دیگر بر روی شاخص‌های رشد بومادران تحت تنش خشکی نیز کاهش معنی دار خصوصیات ریشه نشان داده شد؛ به‌طوری که با افزایش تنش کاهش خصوصیات ریشه اتفاق افتاد (لباسچی و شریفی عاشورآبادی، ۱۳۸۳). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که مقدار آب مورد نیاز گلدان‌ها ۲۴، ۱۸، ۱۲ و ۶ لیتر به ترتیب برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه برای هر گلدان بود. مقدار تبخیر-تعرق برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب برابر با ۱۶، ۱۲/۳، ۸/۲ و ۳/۹ لیتر بود که از تفاوت مقدار آب آبیاری از مقدار آب زهکشی شده در گلدان‌ها بدست آمد. در این تحقیق مقدار راندمان بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری بر حسب وزن تر برگ (گرم در لیتر) محاسبه گردید.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد (pf ⩽۰/۰۱)

معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین و کمترین بهره‌وری آب متعلق به تیمارهای ۲۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه با ۱۰۶/۴ و ۵۹/۶ گرم بر لیتر بود. تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه نیز مقادیر بیشتری نسبت به تیمار بدون تنش داشته‌اند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر بهره‌وری آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد ($pf \leqslant ۰/۰۱$) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین و کمترین بهره‌وری آب آبیاری متعلق به تیمارهای ۲۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه با ۷۲/۴ و ۴۲/۳ گرم بر لیتر بود. بر اساس نتایج بدست آمده، بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری با افزایش تنش افزایش داشته است. در مورد گیاهان دیگر نظیر گندم، پنبه و ذرت نیز نتایج مشابهی ارائه گردیده است (Zwart & Bastiaanssen, 2004). در راستای نتایج این آزمایش، طی تحقیقی، حداکثر مقدار بهره‌وری آب و آبیاری گیاه آلوئه‌ورا در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه گزارش شد؛ البته محققان بیان نمودند که تمام تیمارها نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) دارای مقادیر بیشتری بودند (Delatorre-Herrera *et al*, 2010).

جدول۳ -تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک آلوئه‌ورا در تنش‌های مختلف خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	بهره‌وری آب	بهره‌وری آب آبیاری
تکرار	۲	۵/۶ **	۰/۸۵۷ **	۱۳ **	۱۰/۴ ns	۲۳/۸ ns
تنش خشکی	۳	۴۴۳/۶ **	۳/۲ **	۲۳۵ **	۴۶۰ **	۱۱۲۶ **
خطا	۶	۰/۶۵۳	۰/۰۴۸	۱	۲۸/۹	۵۶/۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۲	۴/۵	۲/۵	۹	۹

تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده * و ** اختلاف معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد، ns عدم معنی‌دار بودن اختلاف

جدول۴- مقایسهٔ میانگین‌های صفات مورفولوژیک آلوئه‌ورا در تنش‌های مختلف خشکی

تیمار تنش خشکی (درصد FC)	مقدار آب آبیاری (lit)	مقدار تبخیر و تعرق (lit)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	حجم ریشه (mm^3)	بهره‌وری آب (gr/lit)	بهره‌وری آب آبیاری (gr/lit)
۲۵	۶	۳/۹	۲۷/۵۸^{d}	۲/۹۳^{c}	۳۰/۹۴^{c}	۱۰۶/۴^{a}	۷۲/۴^{a}
۵۰	۱۲	۸/۲	۳۴/۰۹^{c}	۴/۱۰^{b}	۴۰/۶۶^{b}	۸۸/۷^{b}	۵۴/۱^{b}
۷۵	۱۸	۱۲/۳	۴۳/۸۹^{b}	۵/۶^{ab}	۴۲/۷۷^{b}	۸۸/۴^{b}	۵۶/۱^{b}
۱۰۰	۲۴	۱۶	۵۵/۴۸^{a}	۶/۵۴^{a}	۵۲/۵۱^{a}	۵۹/۶^{c}	۴۲/۳^{c}

حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد (۰/۰۱≥ pf) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۲/۸۲ و ۱/۴ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۲/۳۷ و ۱/۲۹ میلی‌گرم بر گرم بود. بر اساس نظر محققین کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌باشد و این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند (Schutz & Fangmeir, 2001).

جدول۵ - تجزیه واریانس پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	پرولین	قند محلول	قند نامحلول	مقدار ژل
تکرار	۲	۰/۰۳۳ **	۰/۰۷۶ **	۰/۵۱ **	۰/۰۶۴ **	۴/۲ **	۰/۸۵۷ **	۲۱۸۶ **
تنش خشکی	۳	۱/۱۸**	۰/۷۱۸ **	۱/۷۷ **	۰/۳۷ **	۴۷۵۲/۶**	۳/۲ **	۱۹۰۳۶۹ **
خطا	۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۳۵	۵/۸	۰/۰۴۸	۱۷۵
ضریب تغییرات (٪)		۲/۵	۵/۲	۳	۲	۲/۶	۴/۵	۲/۱

تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده * و ** اختلاف معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد، ns عدم معنی‌دار بودن اختلاف

جدول ۶ - مقایسه میانگین صفات کمی مورد بررسی تحت تیمارهای تنش خشکی آلوئه‌ورا

تیمار تنش خشکی (درصد FC)	کلروفیل a (mg/gr)	کلروفیل b (mg/gr)	کلروفیل کل (mg/gr)	پرولین (mg/gr)	قند محلول (mg/gr)	قند نامحلول (mg/gr)	مقدار ژل (gr/plant)
۲۵	۱/۴۰ c	۱/۲۹ c	۳/۰۵c	۹/۶۳ a	۸۳/۴۶ a	۸۵/۸۲ a	۳۵۵d
۵۰	۱/۶۰ bc	۱/۴۵ c	۳/۲۳c	۹/۴۱ ab	۵۲/۲۹ b	۸۷/۱۵ a	۵۲۱/۵c
۷۵	۱/۹۴ b	۱/۹۳ b	۳/۷۷b	۸/۹۷ b	۳۵/۱۳ c	۷۱/۵۷ b	۷۹۸/۱b
۱۰۰	۲/۸۲ a	۲/۳۷ a	۴/۷۶a	۸/۹۰ b	۳۴/۸۸ c	۷۱/۲۷ b	۸۸۵/۱a

حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد (pf ≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل متعلق به تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه با ۴/۷۶ و ۳/۰۵ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد. مشابه با نتایج این تحقیق صفی خانی و همکاران (۱۳۸۶) طی تحقیقی در گیاه بادرشبو گزارش کردند که با افزایش تنش از میزان کلروفیل a و b کاسته شده و بیشترین مقدار کلروفیل a با میانگین ۱/۴۴ میلی‌گرم بر گرم و کلروفیل b با میانگین ۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم را در تیمار ۱۰۰ درصد

ظرفیت مزرعه بدست آمد. آرزمجو و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که بالاترین مقدار کلروفیل a و b را در تیمار شاهد (۹۰ درصد ظرفیت مزرعه) گزارش نمودند. تحقیقات اسدی کاوان و همکاران (۱۳۸۸) بر روی گیاه دارویی انیسون نشان داد که با پیشرفت تنش خشکی محتوای کلروفیل کاهش یافت.

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵)، تنش خشکی بر میزان پرولین گیاه دارویی آلوئه‌ورا در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (pf ⩽۰/۰۱). با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) بیشترین میزان پرولین متعلق به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه معادل ۹/۶۳ میلی‌گرم بر گرم و کمترین میزان پرولین متعلق به تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب معادل ۸/۹۷ و ۸/۹ میلی‌گرم بر گرم بود. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که افزایش میزان پرولین با افزایش تنش خشکی در گیاه رازیانه همراه بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش پرولین در گیاه می‌تواند سبب پایداری کلروفیل تحت تنش کم آبی شود و به دنبال آن منجر به حفظ ظرفیت فتوسنتزی و ثبات نسبی عملکرد گردد. تجمع پرولین در سیتوپلاسم مانند یک اسموتیکوم در حفاظت ساختمان ماکرومولکول‌ها، حفظ تورم و کاهش خسارت غشا عمل کرده و به عنوان منبع انرژی، کربن و نیتروژن در گیاهان به شمار می‌رود (Sanchez *et al*, 1998). باهر نیک و همکاران (۱۳۸۶) افزایش میزان پرولین را با افزایش تنش در گیاه وایول گزارش کردند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر قند محلول و نامحلول در سطح احتمال یک درصد (pf ⩽۰/۰۱) دارای اختلاف معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین و کمترین میزان قند محلول متعلق به تیمارهای ۲۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب با ۸۳/۴۶ و ۳۴/۸۸ میلی‌گرم بر گرم بود. نتایج برخی تحقیقات راجع به انباشت قندهای محلول تحت تاثیر تنش کم آبی، با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد (Irigoyen *et al*,

Turner *et al*, 1978 1992). افزایش پرولین و قندها به عنوان یک مکانیسم دفاعی در تنظیم اسمزی گیاهان اهمیت می‌باشند. Irigoyen *et al* (1992) تنظیم اسمزی یک پدیده فیزیولوژیکی است که در طی آن پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش در اثر انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین فشار تورگر سلول‌ها در حد مطلوبی نگهداری می‌شود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین و کمترین میزان قند نامحلول متعلق به تیمارهای ۲۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب با ۸۵/۸۲ و ۷۱/۲۷ میلی‌گرم بر گرم بود. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین و کمترین میزان قند محلول متعلق به تیمارهای ۲۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب با ۸۳/۴۶ و ۳۴/۸۸ میلی‌گرم بر گرم بود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی بر ژل آلوئه‌ورا در سطح احتمال یک درصد ($pf \leqslant ۰/۰۱$) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد که بیشترین مقدار ژل معادل ۸۸۵/۱ گرم در گیاه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین ژل معادل ۳۵۵ گرم در گیاه متعلق به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه بود که نسبت به تیمار شاهد ۶۰ درصد کاهش داشت. صفری کمال آبادی (۱۳۸۹) تاثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر درصد ژل را گزارش نمود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، تنش خشکی تاثیر منفی بر پارامترهای رشدی گیاه آلوئه‌ورا داشته است. فاکتورهایی مثل ارتفاع برگ، تعداد برگ، عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، ضخامت برگ و حجم برگ با افزایش تنش کاهش داشتند. مقادیر کلروفیل و میزان ژل نیز کاهش معنی‌داری داشت. اما فاکتورهایی مثل پرولین، قندهای محلول و نامحلول با افزایش تنش افزایش داشت؛ این مسئله نشان می‌دهد که گیاه به منظور مقابله با تنش خشکی راه‌های مختلفی را انتخاب می‌کند. کمبود آب موجب کاهش تورژسانس سلولی شده و در نهایت کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ساقه

و برگ‌ها را به دنبال داشت. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد. بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری با تغییرات تنش رابطه عکس نشان داد. تیمار ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه دارای بیشترین و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه دارای کمترین مقدار بهره‌وری بود. بیشترین میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل در تیمار بدون تنش و بیشترین میزان پرولین، قند محلول و نامحلول مربوط به تیمار با تنش شدید بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده بالاترین مقدار ژل نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید، اما با افزایش تنش خشکی میزان ژل بدست آمده در گیاه کاهش داشته است.

منابع

Alipoor, M. and S. Mohsenzadeh. 2012. Response of Aloe vera seedlings to different levels of nitrogen. Journal of Plant Process and Function, 1(1): 88-95.

Alkire, B.H., J.E. Simon, D. Palevitch, and E. Putievsky. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita L.*) growing in highly organic soel. Indiana, USA. In International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, 344: 544-556.

Ardakani, M.R., B. Abbaszadeh, E. Sharifi Ashourabadi, M.H. Lebaschi, and F. Paknejad. 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (Melissa officinalis L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(2): 251-261. (in Persian)

Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in (*Beta vulgaris L.*). Plant Physology, 24(1): 1-15.

Arzamjo, E., M. Heidari, and A. Ghanbari. 2009. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian* Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(4): 482-494. (in Persian)گ

Asadi Kavan, Z.H., M. Ghorbanli, and A. Sateei. 2009. The effect of drought stress and exogenous ascorbate on photosynthetic pigments, flavonoids, phenolic compounds and lipid peroxidation in Pimpinella anisum L. Iranian journal of medicinal and aromatic plants, 25(4): 456-469.(in Persian)

Aspinal, D. & Palge, L. G. 1981. The Physiology and biochemistry of drought resistant in plants. Sydney : Academic Press

Atal, C. and K. kapur. 1998. Cultivation and utilization of medicinal plant. Jammu-Tawi: Regional Research Laboratory, Council of Scientific & Industrial Research.

Babaei, K., M. Amini Dehaghi, S.A.M. Modares Sanavi, and R. Jabari. 2009. The effect of stress on morphological traits, proline content and thymol percentage in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(2): 239-251. (in Persian)

Irigoyen, J.J., D.W. Emerich, and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of prolin and total soluble sugars' in nodulated alfalfa plants. Plant Physiology, 84(1): 55-60.

Izidi, Z., M. Esna Ashari, and G. Ahmadvand. 2009. Effect of drought stress on Yield, Proline Contents, Soluble Sugars, Chlorophyll, Relative water contents and essential oil in Peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian journal of Horticultural science and Technology, 10(3): 223-234. (in Persian)

Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method .In **Helebust, J.A. and J.C. Craig.** 1979**.** Handbook physiological methods. Cambridge: Cambridge university Press.

Lebaschi, M.H. and E. Sharifi Ashourabadi. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses, 20(3): 249-261. (in Persian)

Mayak, S., S. Meir, H. Ben Sade, T.A. Nell, and D.G. Clark. 2001. The effect

Bates, I.S., R.P. Waldern, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Bettaieb, I., N. Zakhama, W. Aidi Wannes, M.E. Kchouk, and B. Marzouk. 2009. Water deficit effects on Salvia officinalis fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120(2): 271-275.

Delatorre-Herrera, J., I. Delfinoa, C. Salinas, H. Silva and L. Cardemil. 2010. Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe Vera plants (Aloe barbadensis Miller). Agricultural Water Management, 97(10): 1564–1570.

Farooqi, A.H.A., S. Fatima, S.R. Ansari, and S. Sharma. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in Cymbopogon martini (plamerosa) cultivars. Essential Oil Research, 11(4): 491- 496.

Huang, M., J. Calich, and L. Zhong. 2004. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the loes plateau of china. Irrigation Science, 23: 47-54.

Medicinal and Aromatic Plants, 23(1): 99-86. (in Persian)

Sanchez, F.J., M. Manzanares, E,F. Andres, J.L. Ternorio, L. Ayerbe, and E.F. De Andres. 1998. Turgor maintenance. Osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 Pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research, 59(3): 225-235.

Sayed, H. 1992. Proline metabolism during water stress in sweet pepper. Plant Physiology, 32: 255-261.

Schutz, M. and E. Fangmeir. 2001. Growth and yield responses of spring wheat to elevated CO2 and water limitation. Environmental pollution, 114(2): 187-194.

Sodaii zadeh, H., M. Shamsaie, M. Tajamoliyan, A.M. Mirmohammady maibody, and M.A. Hakim zadeh. 2016. The Effects of Water Stress on some Morphological and physiological Characteristics of Satureja hortensis. Journal of Plant Process and Function, 5 (15), 1-12. (in Persian)

Turner, N. C., J.E. Begg, and M.L. Tonnet. 1978. Osmotic regulation in germinating sunflower crops in of transient water stress on sugere metabolism and development of cut flowers. Acta Horticulture, 543: 191-194.

Muni Ram, D. and S. Singh. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural water management, 27(1): 45-54.

Omidbeigi, R. 2011. Production and processing of medicinal plants. Mashhad: Astan Quds Razavi. (in Persian)

Pavlíková, D., M. Pavlík, L. Staszková, V. Motyka, J. Száková, P. Tlustoš, and J. Balík. 2008. Glutamate kinase as apotential biomarker of heavy metal stress in plants. Ecotoxicology and Environmental Safety, 70(2): 223-230.

Safikhani, F.A., H. Heydari Sharifabadi, S.A.E. Siadat, A. Sharifi Ashourabadi, S.M. Seydenjad, and B. AbbasZadeh. 2007. The effect of drought stress on the percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of Deracocephalum Moldavica L. Iranian Journal of

response to water deficit and its fluence on water potential at which stomata close. Plant Physiology, 5(5): 597-608.

Vega, A., R. Elsa Uribe, and M. Margarita. 2007. Hot-air drying characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) and influence of temperature on kinetic parameters. LWT-Food Science and Technology, 40(2): 1698-1707.

Viera, H.J., H. Bergamaschi, L.R. Angelocci, and P.L. Libardi. 1991. Performance of two bean cultivars under two water availability regimes. II. Stomatal resistance to vapour diffusion, transpiration flux density and water potential in the plant (in Portugal). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 24(9): 1035-1040.

Zwart, S. and W. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural water management, 69(2):115–133.

The effect of water and soil regimes on morphological and metabolic characteristics of the medicinal plant Aloe vera

D .Akbari Nodehi[1*], O. Nattaj[2], N. Fahimi borkhali[3]

1.Assistante Professor and Academic member, Department of Irrigation, Qaemshahr Branch, Islamic Azad Univwersity, Qaemshahr, Iran.
2.M.Sc Graduated, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad Univwersity, Qaemshahr, Iran.
3.Mazandaran Region 2 Secretary of Education, Health, Mazandaran, Iran.

Abstrac

In order to investigate the effect of drought stress on water use efficiency and some properties of Aloe Vera plants, an experiment was conducted in 2011. A pot experiment was carried out under controlled conditions in a greenhouse as randomized complete block design with four treatments and three replications. Different levels of drought include 100 percent of field capacity (FC) (control treatment, without stress), 75 percent FC, 50 percent FC and 25 percent FC, respectively. Statistical analysis showed that drought had a significant effect on growth parameters. With increasing stress, height, number, width and dry, thickness and size of leaves, fresh and dry weight and root volume was decreased. Water use efficiency was increased with increasing stress. Treatment, 25 percent and 100 percent of FC has the highest and lowest water use efficiency, respectively. The highest amount of chlorophyll a and b and total chlorophyll was obtained in the treatment of 100 percent FC. The amount of proline, soluble sugar and insoluble was maximum in 25 percent FC. In treatments 100 percent FC the highest amount of gel was obtained.

Keywords: Chlorophyll, Field capacity, Medicinal plants, Metabolic characteristics, Morphological characteristics

* Corresponding author (dakbarin@yahoo.com)