



دانشگاه گوارش و تولید گیاهی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵

<http://jopp.gau.ac.ir>

## تأثیر تنش کم آبی بر رشد، عملکرد و غلظت آلوئین گیاه دارویی صبرزرد (*Aloe vera L.*) در تاریخ‌های مختلف برداشت

سعید حضرتی<sup>۱</sup>، \* زین‌العابدین طهماسبی سروستانی<sup>۲</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۳</sup> و  
علی مختصی بیدگلی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دوره دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه زراعت،

<sup>۲</sup> دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، <sup>۳</sup> استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس،

<sup>۴</sup> استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۸

### چکیده

سابقه و هدف: صبرزرد یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاه دارویی در بسیاری از کشورهای دنیا می‌باشد که در صنایع غذایی، داروسازی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این گیاه به‌طور گسترده در مناطق گرم و خشک دنیا کشت می‌شود. هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر شدت‌های مختلف تنش کم آبی بر میزان رشد، عملکرد و غلظت آلوئین گیاه دارویی صبرزرد در دوره‌های مختلف رشد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به صورت کرت‌های خردشده در زمان با چهار تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم آبی (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی در کل دوره رشد) و تاریخ‌های مختلف برداشت صبرزرد (۱۵۰، ۲۴۰ و ۳۳۰ روز پس از کاشت) که تیمارهای آبیاری به‌عنوان عامل اصلی و تاریخ‌های برداشت به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تغییرات رشد، عملکرد و غلظت آلوئین در طول زمان تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تنش کم‌آبی در همه مراحل رشد باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه صبر زرد شد به طوری که بیشترین تعداد، عرض و قطر برگ در تیمار ۲۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی که کمترین مقدار را داشت و به‌ترتیب ۱۹، ۲۲ و ۱۶ درصد افزایش نشان داد. همچنین بیش‌ترین ارتفاع گیاه و طول برگ در تیمار ۴۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی که کمترین مقدار را داشت به‌ترتیب ۱۶ و ۲۱ درصد بیشتر بودند. بیشترین میزان وزن‌تر برگ و ژل در تیمار ۴۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی ۳۳۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۴۴ و ۴۹ درصد بیشتر بودند. همچنین نتایج نشان داد تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد پاجوش شد به طوری که بیشترین تعداد در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی ۱۵۰ روز پس از کاشت به دست آمد. غلظت آلونین و درصد مواد جامد نامحلول در گیاهان با افزایش شدت تنش کم‌آبی افزایش یافت. بر اساس نتایج به‌دست آمده تنش کم‌آبی باعث افزایش غلظت آلونین و درصد مواد جامد محلول شد به طوری که بالاترین میزان در تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به ترتیب ۱۵۰ و ۳۳۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، تنش کم‌آبی باعث کاهش رشد و عملکرد و در مقابل باعث افزایش غلظت آلونین و مواد جامد محلول در گیاه صبرزرد گردید، به‌طوری که مناسب‌ترین سطح آبیاری ۴۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی برای صفات رشدی و عملکرد، همچنین ۸۰ درصد تخلیه رطوبت برای غلظت آلونین و درصد مواد جامد محلول در هر سه تاریخ برداشت تعیین گردید.

**واژه‌های کلیدی:** صبرزرد، رشد، عملکرد، ظرفیت زراعی، تاریخ برداشت

## مقدمه

صبرزد گیاهی گوشتی و چندساله متعلق به خانواده Xanthorrhoeaceae که منشأ آن آفریقا می‌باشد و به‌طور گسترده در مناطق گرم و خشک و بدون یخبندان دنیا مورد کشت قرار می‌گیرد (۶)، (۲۳). حدود ۵۴۸ گونه آلوئه شناسایی شده که در صنعت داروسازی، پزشکی و مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که مهم‌ترین گونه، صبرزد با نام علمی (*Aloe vera* L.) می‌باشد (۶، ۲۸). شیرابه و ژل حاصله از برگ صبرزد به‌دلیل فعالیت‌های زیستی و فیزیولوژیک متنوع، قابلیت ترمیم سوختگی پوست و زخم‌های ناشی از بریدگی، حفاظت پوست در برابر اشعه‌های مضر، مرطوب کننده پوست، ضد (التهاب، تورم، قارچ، باکتری و ویروس) در صنایع داروسازی و آرایشی-بهداشتی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹، ۲۹).

در بین عوامل محیطی، آب یکی از مهم‌ترین و محدود کننده‌ترین منابع در تولید محصولات کشاورزی است که استفاده بهینه از آن ضروری می‌باشد (۲، ۳۰). میزان عملکرد گونه‌های گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک رابطه مستقیم و بالایی با قابلیت دسترسی به آب و فصل رشد دارد (۳۴). گیاهان زمانی که تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار می‌گیرند واکنش‌های متفاوتی نسبت به تغییرات رطوبت از خود نشان می‌دهند. بنابراین درک فرآیندهای ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، راهبردهای مقاومت و سازگاری به شرایط مختلف محیطی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۱۱، ۳۳). هر چند گیاه صبرزد مقاوم به خشکی است اما نیاز آبی آن نیز بسته به دوره رشد و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک متفاوت می‌باشد و بر اساس گزارش‌های محققین مقدار آب موردنیاز برای هر گیاه صبرزد در یک سال زراعی به‌طور متوسط ۲۷۰ لیتر برآورد شده است (۷، ۶).

با توجه به این‌که صبرزد گیاهی چند ساله است و در هر سال معمولاً ۴ تا ۶ مرحله می‌تواند مورد برداشت قرار گیرد (۳۱) بنابراین بررسی تأثیر تنش محیطی در دوره‌های مختلف رشد مهم می‌باشد. بر اساس نتایج مطالعات محققان مختلف، رشد و عملکرد صبرزد با افزایش شدت تنش کم‌آبی کاهش پیدا می‌کند اما به‌دلیل دارا بودن برگ‌های گوشتی و روش فتوسنتزی کراسولاسه مقدار آب موردنیاز این گیاه در مقایسه با اکثر گیاهان دارویی دیگر خیلی کمتر می‌باشد، به طوری‌که آبیاری در حد ظرفیت زراعی برای حداکثر عملکرد گیاه توصیه نشده است (۶، ۷، ۱۷). از جمله‌ی شرایط مناسب برای رشد گیاه صبر زرد، درجه حرارت بالا با تابش نور گزارش شده است (۲۷).

با توجه به این که امروزه نقش دفاعی متابولیت‌های ثانویه برای همه تقریباً پذیرفته شده است شواهد زیادی نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش کم‌آبی تولید برخی از این ترکیب‌ها تا چندین برابر افزایش می‌یابد (۸، ۲۲). تنش کم‌آبی باعث افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاه صبرزرد می‌گردد و این ترکیبات به‌عنوان تنظیم اسموتیک عمل کرده و منجر به کاهش آسیب تنش کم‌آبی می‌شوند (۷، ۱۲، ۱۶). علاوه بر این، افزایش سنتز این ترکیبات به افزایش مقاومت به کم‌آبی در گیاه صبرزرد در شرایط تنش خشکی کمک می‌کند (۷). همچنین بر اساس مطالعات صورت گرفته فصل رشد روی غلظت انتراکوئینون گیاه صبر زرد تأثیر می‌گذارد (۳). گزارش شده که میزان ترکیبات موجود در ژل صبرزرد با افزایش تجمع ژل در برگ و فصل رشد و سن گیاه تغییر می‌کند (۹، ۲۴، ۲۵). درصد آلوتین در گیاه صبرزرد از فصلی به فصل دیگر و بسته به سن گیاه مقدار آن از ۱۰ تا ۲۵ درصد متغیر می‌باشد (۴). با توجه به این که صبرزرد یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی چند ساله و مقاوم به خشکی می‌باشد اما تحقیقات در زمینه میزان مقاومت خشکی و واکنش آن در مراحل مختلف رشد به‌خصوص در شرایط کشت گلخانه‌ای هنوز به‌خوبی مشخص نشده است. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی بر میزان رشد، عملکرد و غلظت آلوتین گیاه دارویی صبرزرد در دوره‌های مختلف رشد به‌منظور تعیین رژیم آبیاری مناسب در هر دوره از رشد می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی در کل دوره رشد) به‌عنوان عامل اصلی و تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری و اندازه‌گیری (۱۵۰، ۲۴۰ و ۳۳۰ روز پس از کاشت) به‌عنوان عامل فرعی در چهار تکرار اجرا شد. برای کاشت از پاجوش‌های به اندازه ۲۰-۱۸ سانتی‌متر و به وزن تقریباً ۱۵۰ گرم از گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی تهیه و گلدان‌هایی با ظرفیت ۱۸ کیلوگرم خاک با ارتفاع ۳۲ و قطر ۳۰ سانتی‌متری و که دارای زهکش مناسب بودند انتخاب و سپس درون هر گلدان یک عدد پاجوش کشت گردید. به‌منظور سازگاری و یکسان‌سازی ۲ ماه قبل از اعمال تیمارها پاجوش‌ها در ۳۱ فروردین سال ۱۳۹۲ کشت و تحت آبیاری یکسان قرار گرفتند. سپس گیاهان به‌مدت ۹ ماه تحت تیمار آبیاری قرار گرفتند. نمونه‌ای از خاک مورد استفاده

برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل گردید که نتایج تجزیه در جدول ۱ آورده شده است. همچنین وزن مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۳ گرم در سانتی‌متر مکعب بود. درجه حرارت گلخانه طی روز و شب به دلیل رشد بسیار مناسب گیاه صبر زرد در این محدوده دما به ترتیب ۲۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت نسبی ۷۰ درصد در طول دوره آزمایش تنظیم شد. مجموع ساعت آفتابی در فصل تابستان ۳۴۳/۹، فصل پائیز ۲۳۲/۲ و فصل زمستان ۱۹۸/۷ در طول دوره رشد ثبت گردید.

اولین، دومین و سومین نمونه‌گیری و اندازه‌گیری بر اساس سن گیاه به ترتیب در ۳۱ شهریور ماه ۱۳۹۲ (پایان تابستان یا ۱۵۰ روز پس از کاشت)، ۳۰ آذرماه ۱۳۹۲ (پایان پاییز یا ۲۴۰ روز پس از کاشت) و ۳۰ اسفندماه ۱۳۹۲ (پایان زمستان یا ۳۳۰ روز پس از کاشت) انجام گرفتند.

**تعیین مقدار رطوبت خاک:** برای اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک از دستگاه TDR<sup>۱</sup> با مارک TRIME-FM مدل ۱۰۷۷۶ ساخت کشور آلمان، با حسگر سه شاخه‌ای تدفینی به طول ۲۰ سانتی‌متر که ۱۵ سانتی‌متر آن در خاک فرو می‌رفت، مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌گیری از خاک در زمان‌های متفاوت، از طریق روش وزنی درصد حجمی رطوبت خاک تعیین گردید و سپس درصد حجمی رطوبت خاک به وسیله دستگاه TDR اندازه‌گیری شد و سپس یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده‌ها محاسبه شده که برای کالیبره کردن دستگاه TDR مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های دستگاه TDR به‌طور روزانه در طول دوره رشد گیاه ثبت شد. این روش با استفاده از روش وزنی چک و به رطوبت حجمی تبدیل گردید. همچنین به‌منظور برآورد رطوبت خاک و تعیین منحنی رطوبتی، از خاک نمونه‌برداری شده و در آزمایشگاه به وسیله دستگاه صفحات فشاری میزان رطوبت خاک در پتانسیل‌های مختلف تعیین شد (۱۴).

حداکثر تخلیه آب مجاز قابل دسترس از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$MAD = (FC - \theta) / (FC - PWP) \quad (1)$$

که در این فرمول، MAD: حداکثر مقدار مجاز تخلیه رطوبت در منطقه فعال ریشه، FC: درصد رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی خاک،  $\theta$ : درصد رطوبت حجمی خاک اندازه‌گیری شده با دستگاه TDR، PWP: درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم هستند. بر اساس این

1- Time Domain Reflectometry

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۳)، شماره (۳) ۱۳۹۵

فرمول حداکثر مقدار مجاز تخلیه رطوبت برای چهار تیمار آبیاری ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به ترتیب برابر ۰/۲۶۳، ۰/۱۹۷، ۰/۱۳۱ و ۰/۰۶۶ بود. حجم آب موردنیاز برای هر تیمار از طریق روابط ۲ و ۳ برآورد شد.

$$ASW = FC - PWP \quad (2)$$

$$V_d = MAD \times ASW \times R_z \times 10 \quad (3)$$

که در فرمول‌های ۲ و ۳، ASW: آب قابل دسترس خاک می‌باشد که مقدار آن ۱۳/۲۶ سانتی‌متر بر متر بود،  $V_d$  = حجم آب آبیاری (میلی‌متر)،  $R_z$  = عمق گلدان (۰/۳۲ متر)، عدد ۱۰ تبدیل سانتی‌متر به میلی‌متر می‌باشد.

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of soil used in pot experiments.

کربن آلی Organic carbon	نیتروژن کل Total nitrogen	پتاسیم قابل تبادل Exchangeable potassium	فسفر قابل دسترس Available phosphorus	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH	پژمردگی دائم Wilting point	ظرفیت زراعی Filed capacity	یافت خاک Soil texture
درصد (%)	درصد (%)	(میلی‌گرم در گرم) (mg. g <sup>-1</sup> )	(میلی‌گرم در گرم) (mg. g <sup>-1</sup> )	(میلی‌گرم در گرم) (mg. g <sup>-1</sup> )	(میلی‌گرم در گرم) (mg. g <sup>-1</sup> )	(درصد بر اساس حجم) (% by volume)	(درصد بر اساس حجم) (% by volume)	
1.09	0.09	433	17	1.68	7.50	7.61	20.87	لومی شنی Sandy loam

برای اندازه‌گیری صفات از هر ۵ گیاه کشت شده برای هر تیمار در هر تکرار چهار گیاه انتخاب و ارتفاع، تعداد برگ و پاجوش هر گیاه مورد اندازه‌گیری و شمارش قرار گرفت. در مرحله بعد برگ‌هایی بالغ‌تر که در قسمت بیرونی و پایین ساقه قرار گرفته بودند برای اندازه‌گیری صفات موردنظر برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردیدند و با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن و صفاتی از قبیل طول، قطر و عرض برگ‌های برداشت شده به وسیله خط‌کش و کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عرض برگ از محل اتصال برگ به ساقه و برای قطر برگ از قسمت وسط برگ مورد استفاده قرار گرفت. سپس پارانشیم رویی و زیری برگ از هم جدا و وزن تر ژل و پوست برگ اندازه‌گیری گردیدند.

کل مواد جامد محلول (TSS)<sup>۱</sup>: کل مواد جامد محلول ژل به وسیله دستگاه رفرکتومتر مدل (Atago DR\_A1۰۱۱۷۴۳) ساخت کشور ژاپن اندازه گیری شد. برای اندازه گیری محتوای کل مواد جامد محلول ژل، یک قطره از ژل مخلوط شده برگها (از هر سه بوته) را روی منشور رفرکتومتر ریخته و عدد آن قرائت گردید.

سنجش غلظت آلوئین: از روش والر و همکاران (۲۰۰۴) برای سنجش غلظت آلوئین استفاده شد (۳۲). غلظت آلوئین با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)<sup>۲</sup> شرکت واترز (Waters, USA) مجهز به آشکارساز (Waters UV-Vis model 2487) جداسازی و تعیین مقدار شدند. برای جداسازی این ترکیب از ستون  $\mu$ Bondapak<sup>TM</sup> C<sub>18</sub> (4.6×250mm, dp 10 $\mu$ m) استفاده گردید.

استاندارد آلوئین از شرکت (سیگما-آلدریچ<sup>۳</sup> آمریکا) که دارای خلوص ۹۷ درصد بود تهیه گردید سپس محلول استوک آلوئین با غلظت ۵۰۰۰ ppm در حلالهای آب و متانول به نسبت ۱:۱ تهیه و محلولهای استاندارد با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام تهیه و منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های رسم گردید.

به منظور خالص سازی ترکیبات فنولیک از کارتریج<sup>۴</sup> (Sep-Pak C18, 100 mg) عبور داده شد و ۲۰ میکرولیتر از نمونه با استفاده از سرنگ به سیستم HPLC تزریق شد. دکتور UV در دو طول موج کانال A ۲۷۵ و کانال B ۳۶۵ نانومتر تنظیم شدند و غلظت آلوئین نمونه‌ها با استفاده از کالیبراسیون منحنی‌ها به دست آمد.

تجزیه آماری: بعد از اطمینان از توزیع نرمال باقیمانده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

- 
- 1- Total Soluble Solids
  - 2- High Performance Liquid Chromatography
  - 3- Sigma-Aldrich
  - 4- Cartridge

## نتایج و بحث

صفات ریخت‌شناختی: شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی بر رشد گیاه صبرزرد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد، عرض و قطر برگ در تیمار ۲۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۱۹، ۲۲ و ۱۶ درصد بیشتر بودند. اما رشد گیاه در تیمار ۲۰ درصد در مقایسه با ۴۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی از لحاظ آماری تفاوتی نداشت. در بین تیمارها بیش‌ترین ارتفاع گیاه و طول برگ در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد که در مقایسه با ۲۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی تفاوتی از لحاظ آماری وجود نداشت، اما در مقایسه با تیمار ۸۰ درصد تخلیه رطوبت به‌ترتیب ۱۶ و ۲۱ درصد بیشتر بودند. همچنین در بین تاریخ‌های مختلف برداشت از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری که بیش‌ترین تعداد برگ، ارتفاع گیاه، طول برگ، عرض و قطر برگ ۳۳۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد (جدول ۳). تعداد برگ و رشد آن از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در رشد و عملکرد گیاه صبرزرد می‌باشد. همان‌طور که نتایج تحقیق حاضر نشان داد تنش کم‌آبی در شدت‌های بالا باعث کاهش تعداد برگ و رشد آن در گیاه صبرزرد شد. همچنین میزان رشد و تولید برگ در برداشت اول که مصادف با فصل تابستان بود نسبت به بقیه فصل‌ها بیشتر به‌دست آمد (جدول ۳). در برخی تحقیقات مشاهده شد که شدت‌های بالای تنش کم‌آبی تعداد برگ را در گیاه صبرزرد کاهش داد به‌طوری که به ازای هر ۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر تعداد برگ‌ها ۸/۶ عدد کاهش پیدا کرد. همچنین بیشترین تعداد برگ و رشد آن در طول دوره تابستان به‌دست آمد که محققین دلیل آن را درجه حرارت بالا و شدت نور بیشتر در این فصل گزارش کردند (۲۷، ۳۱). محققین گزارش کردند برگ‌های جوان گیاه صبرزرد به تنش کم‌آبی حساسیت بیشتری دارند بنابراین پتانسیل آب خاک پایین میزان رشد، عملکرد و توسعه برگ‌ها را در گیاه صبرزرد کاهش می‌دهد (۲۷).



جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری و تاریخ‌های مختلف برداشت بر رشد صبرزرد.

Table 2. Analysis of variance of the effect of irrigation and harvesting dates on growth of *A. vera*.

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	تعداد برگ	ارتفاع گیاه	طول برگ	عرض برگ	قطر برگ
Source of Variation	Leaf number	Plant height	Leaf length	Leaf width	Leaf thickness
تکرار Replication	1.243 <sup>ns</sup>	7.327*	4.052 <sup>ns</sup>	0.583 <sup>ns</sup>	0.017 <sup>ns</sup>
آبیاری Irrigation	30.520**	221.980**	276.30**	5.370**	0.145**
خطای اصلی Main error	0.539	9.034	7.392	0.209	0.0107
تاریخ Date	236.645**	81.920**	252.24**	32.400**	0.261**
آبیاری×تاریخ Irrigation×Date	0.396 <sup>ns</sup>	3.294 <sup>ns</sup>	3.341 <sup>ns</sup>	0.040 <sup>ns</sup>	0.028 <sup>ns</sup>
خطای فرعی Sub error	0.486	2.320	5.421	0.274	0.0123

\* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

\*, \*\*, <sup>ns</sup> Significant at  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$  and non-significant respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و تاریخ‌های مختلف برداشت بر رشد صبرزرد.

Table 3. Mean comparisons of the irrigation and harvesting dates on growth of *A. vera*.

تیمار	تعداد برگ	ارتفاع گیاه	طول برگ	عرض برگ	قطر برگ
Treatment	Leaf number	plant height	Leaf length	Leaf width	Leaf thickness
در هر بوته	در هر بوته	سانتی‌متر	سانتی‌متر	سانتی‌متر	سانتی‌متر
(Per plant)	(Per plant)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
20 درصد تخلیه	17.25 <sup>a</sup>	53.40	48.98 <sup>a</sup>	6.91 <sup>a</sup>	1.58 <sup>a</sup>
40 رطوبت ظرفیت	16.61 <sup>a</sup>	53.51 <sup>a</sup>	49.19 <sup>a</sup>	6.57 <sup>a</sup>	1.52 <sup>ab</sup>
60 زراعی	14.50 <sup>b</sup>	47.69 <sup>b</sup>	44.46 <sup>b</sup>	5.91 <sup>b</sup>	1.48 <sup>b</sup>
80 Water depletion FC (%)	14 <sup>c</sup>	44.86 <sup>c</sup>	39 <sup>c</sup>	5.41 <sup>c</sup>	1.32 <sup>c</sup>
روزهای پس از کاشت (فصل)					
Days after planting (Season)					
150 (پایان تابستان)	11.68 <sup>c</sup>	48.04 <sup>b</sup>	40.94 <sup>b</sup>	4.73 <sup>c</sup>	1.34 <sup>b</sup>
150 (End of summer)					
240 (پایان پاییز)	15.75 <sup>b</sup>	49.16 <sup>b</sup>	46.73 <sup>a</sup>	6.30 <sup>b</sup>	1.52 <sup>b</sup>
240 (End of autumn)					
330 (پایان زمستان)	19.37 <sup>a</sup>	52.40 <sup>a</sup>	48.54 <sup>a</sup>	7.58 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>
330 (End of winter)					

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 5%.

**عملکرد گیاه:** همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان عملکرد گیاه صبرزرد در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی‌داری گذاشته است. بیشترین میزان عملکرد وزن‌تر برگ و ژل در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی ۳۳۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۴۴ و ۴۹ درصد بیشتر بودند اما با تیمار ۲۰ درصد تخلیه رطوبت زراعی تفاوتی از لحاظ آماری مشاهده نشد (شکل‌های ۱ و ۲).

در آزمایش حاضر وزن‌تر برگ و ژل در صبر زرد در طول دوره رشد تحت تأثیر شدت‌های بالای تنش کم‌آبی کاهش یافت. محققین دیگر نیز نتایج مشابهی روی صبر زرد گزارش کردند (۷، ۲۷). میزان کاهش رشد و عملکرد در شدت‌های بالای تنش کم‌آبی بیشتر بود، اما در کل با توجه به مقاومت بالای صبر زرد به تنش کم‌آبی این کاهش در مقایسه با اکثر گیاهان دارویی کمتر است. رودریگز-گارسیا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که صبر زرد روزنه‌های خود را در شرایط تنش کم‌آبی باز نگه داشته و عمل فتوسنتز را به‌خوبی انجام می‌دهد و به‌خاطر این عامل از کاهش زیاد عملکرد جلوگیری می‌کند (۲۷).

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان داد، تنش کم‌آبی و تاریخ برداشت بر تعداد پاجوش تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین تعداد پاجوش در تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار ۸۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی ۳۶ درصد بیشتر بود. همچنین در بین تاریخ‌های برداشت بیشترین تعداد پاجوش ۱۵۰ روز پس از کاشت در فصل تابستان به‌دست آمد که در مقایسه با ۲۴۰ روز پس از کاشت یا آخر فصل پاییز ۲۷ درصد بیشتر بود (جدول ۵).

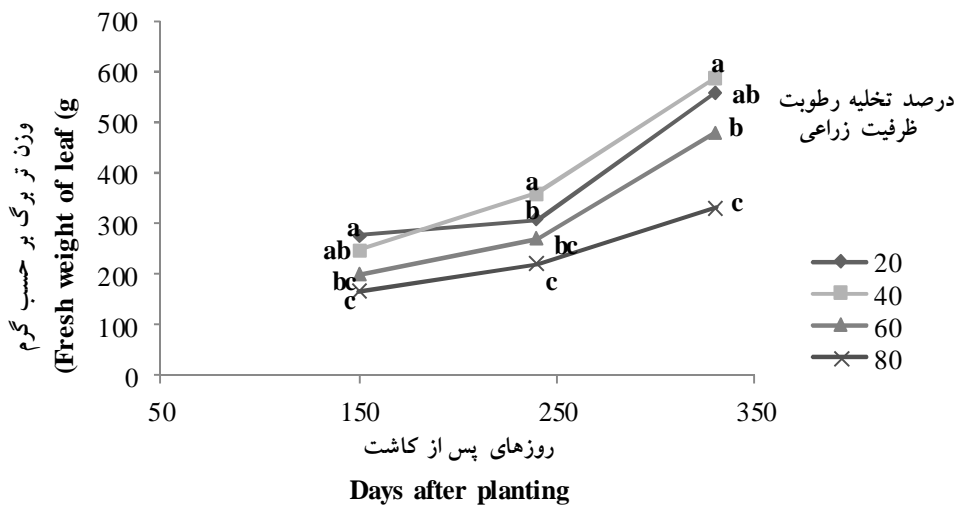
روش اصلی تکثیر صبرزرد، از طریق پاجوش هست. پاجوش‌ها از انتهای استولون‌های کوتاه گیاه مادری تولید می‌شوند (۹). بر اساس نتایج محققین، تنش‌های محیطی روی تولید پاجوش تأثیر می‌گذارند. در مطالعه‌ای تعداد پاجوش تولیدی در گیاه صبر زرد با کاهش شدید محتوی رطوبتی خاک کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کردند (۳۱). همان‌طور که نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش شدت تنش کم‌آبی تعداد پاجوش تولیدی توسط هر گیاه کاهش یافت. همچنین ۱۵۰ روز پس از کاشت که مصادف بود با فصل تابستان بیشترین تعداد پاجوش به‌دست آمد. دلیل افزایش تعداد پاجوش در فصل تابستان در مقایسه با فصل‌های دیگر سال ممکن است به‌خاطر شدت تابش بیشتر نور در این دوره باشد که محققان دیگر هم افزایش تعداد پاجوش در شدت تابش بیشتر نور را گزارش کردند (۱۸، ۲۶).

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد، تعداد پاجوش، غلظت آلونین و مواد جامد محلول در مراحل مختلف رشد صبرزد در تیمارهای مختلف آبیاری.

Table 4. Analysis of variance of the effect of irrigation on pup number, aloin concentration and Total Soluble Solids at different harvesting dates.

میانگین مربعات Mean squares					
مواد جامد محلول Total soluble solids	غلظت آلونین Aloin concentration	تعداد پاجوش Number of pup	وزن تر ژل Fresh weight of gel	وزن تر برگ Fresh weight of leaf	منابع تغییرات Source of Variation
0.0059 <sup>ns</sup>	0.897 <sup>ns</sup>	0.27740 <sup>ns</sup>	3917.16*	5490.36 <sup>ns</sup>	تکرار Replication
6.700**	33.543**	3.7297**	25545.75**	62564.16**	آبیاری Irrigation
0.0075	0.369	0.722	1639.17	1932.48	خطای اصلی Main error
0.1129**	0.369**	4.720**	116900.06**	309090.10**	تاریخ Date
0.0062 <sup>ns</sup>	37.385**	0.3555 <sup>ns</sup>	4935.03**	6986.38*	آبیاری×تاریخ Irrigation ×Date
0.0041	0.379	0.278	1158.13	2235.48	خطای فرعی Sub error

\* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.  
\*, \*\*, <sup>ns</sup> Significant at  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$  and Non-significant respectively.



شکل ۱- میانگین تأثیر برهمکنش تیمارهای آبیاری و تاریخ برداشت بر وزن تر برگ صبر زرد. حروف مشابه در هر تاریخ برداشت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای آبیاری در سطح ۵ درصد می باشد.

Figure 1. Mean comparison of interaction effect of irrigation regimes × harvesting date treatments on fresh weight of leaf. Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 5%.

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۳)، شماره (۳) ۱۳۹۵

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد، تعداد پاجوش، غلظت آلونین و مواد جامد محلول در مراحل مختلف رشد صبرزد در تیمارهای مختلف آبیاری.

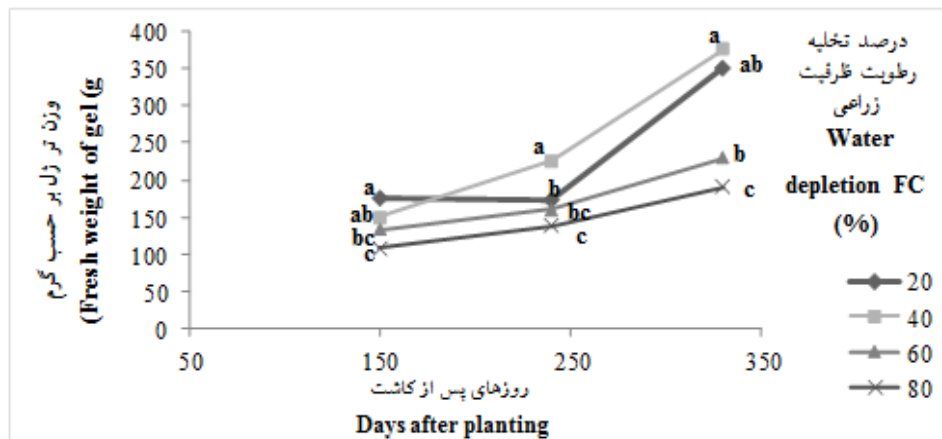
Table 5. Mean comparisons of the irrigation on number of pup, aloin concentration and total soluble solids at different harvesting dates.

مواد جامد محلول Total soluble solids	غلظت آلونین Aloin concentration	تعداد پاجوش Number of pup	وزن تر ژل Fresh weight of gel	وزن تر برگ Fresh weight of leaf	تیمار Treatment
درصد (%)			گرم در بوته (g per plant)		
1.83 <sup>c</sup>	20.67 <sup>d</sup>	3.25 <sup>b</sup>	233.51 <sup>a</sup>	381.80 <sup>a</sup>	20
1.87 <sup>bc</sup>	22.93 <sup>c</sup>	3.62 <sup>a</sup>	250.81 <sup>a</sup>	399.34 <sup>a</sup>	40
					درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی Water depletion FC (%)
1.91 <sup>b</sup>	24.28 <sup>b</sup>	2.58 <sup>c</sup>	198.26 <sup>b</sup>	317.48 <sup>b</sup>	60
2.08 <sup>a</sup>	25.41 <sup>a</sup>	2.33 <sup>c</sup>	146.28 <sup>c</sup>	240.11 <sup>c</sup>	80
					روزهای پس از کاشت (فصل) Days after planting (Season)
1.47 <sup>b</sup>	25.23 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	142.40 <sup>c</sup>	232.40 <sup>c</sup>	150 (پایان تابستان) 150 (End of summer)
1.52 <sup>b</sup>	22.59 <sup>b</sup>	2.50 <sup>c</sup>	175.16 <sup>b</sup>	290.39 <sup>b</sup>	240 (پایان پاییز) 240 (End of autumn)
2.79 <sup>a</sup>	22.14 <sup>b</sup>	2.87 <sup>b</sup>	304.09 <sup>a</sup>	490.42 <sup>a</sup>	330 (پایان زمستان) 330 (End of winter)

حروف مشابه در هر ستون به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 5%.

مواد جامد محلول موجود در ژل: نتایج نشان داد تنش کم‌آبی و تاریخ برداشت بر میزان مواد جامد محلول تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ۴). بیشترین مقدار در تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار ۲۰ درصد تخلیه رطوبت در حد ظرفیت زراعی که کمترین میزان مواد جامد محلول را داشت ۱۲ درصد بیشتر بود. همچنین بیشترین مقدار مواد جامد محلول ۳۳۰ روز پس از کاشت تنش کم‌آبی به دست آمد که در مقایسه با ۱۵۰ و ۲۴۰ روز به ترتیب ۵۳ و ۴۵ درصد بیشتر بود (جدول ۵).

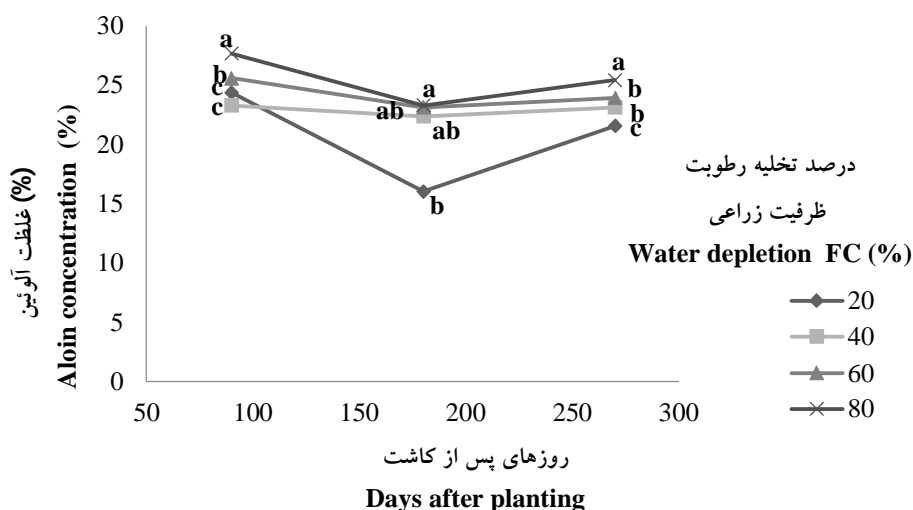


شکل ۲- میانگین تأثیر برهمکنش تیمارهای آبیاری و تاریخ برداشت بر وزن تر ژل صبر زرد. حروف مشابه در هر تاریخ برداشت نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Figure 2. Mean comparison of interaction effect of irrigation regimes × harvesting date treatments on fresh weight of gel. Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 5%.

کل مواد جامد محلول یکی از صفات کیفی است که غلظت مواد جامد محلول در ژل را معین می‌کند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد با افزایش شدت تنش کم‌آبی بر درصد مواد جامد محلول موجود در ژل افزوده شد. دلیل اساسی تجمع مواد جامد محلول در سلول در اثر کمبود آب آبیاری، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی بوده و در نتیجه، آب ذخیره شده کاهش و مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر افزایش پیدا می‌کند (۱، ۱۵).

**غلظت آلونین:** در این تنش کم‌آبی و تاریخ‌های مختلف برداشت بر غلظت آلونین گیاه دارویی صبرزرد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). با افزایش شدت تنش کم‌آبی بر میزان غلظت آلونین افزوده شد. بیشترین غلظت آلونین در تیمار ۸۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی در هر سه فصل رشد به دست آمد؛ اما در بین برداشت‌ها بیشترین غلظت آلونین ۱۵۰ روز پس از کاشت که با فصل تابستان مصادف بود به میزان ۲۷/۶۷ درصد به دست آمد. کمترین غلظت آلونین در تیمار ۲۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی ۲۴۰ روز پس از کاشت که مصادف با فصل پاییز بود به میزان ۱۶/۰۵ درصد به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر سطوح تیمارهای آبیاری و تاریخ برداشت بر میانگین غلظت آلوئین صبرزرد. حروف مشابه در هر تاریخ برداشت نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Figure 3. Mean comparison of interaction effect of irrigation regimes× harvesting date treatments on aloin concentration. Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the level of 5%.

تغییر در سنتز متابولیت‌های ثانویه یک سازگاری بسیار مهم گیاهان دارویی نسبت به شرایط نامطلوب محیطی می‌باشد. آلوئین یکی از مهم‌ترین ترکیبات مؤثره صبرزرد است که مقدار آن از ۰/۳ تا ۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر و از ۳ تا ۳۵ درصد وزن خشک شیرابه متفاوت گزارش شده است (۳۵). غلظت آلوئین در گیاه صبرزرد بسته به گونه و فصل متفاوت گزارش شده، به طوری که بیشترین غلظت در فصل تابستان و کمترین در فصل زمستان به دست آمد (۵، ۳۵). همان‌طور که در آزمایش حاضر مشاهده گردید با افزایش شدت تنش کم‌آبی بر غلظت آلوئین افزوده شد و در بین مراحل رشد ۱۵۰ روز پس از کاشت که مصادف با فصل تابستان بود بیشترین درصد آلوئین مشاهده گردید. بر اساس نتایج سایر محققان غلظت آلوئین در فصل گرم نسبت به سرد افزایش می‌یابد. بر این اساس محققان دلیل آن را افزایش دما و شدت تابش در فصل تابستان دانسته‌اند که موجب تغییر در سنتز متابولیت‌های ثانویه گردیده است (۳). همچنین علت افزایش غلظت آلوئین در فصل تابستان را شدت و میزان بیشتر تشعشع تابش نور خورشید دانسته‌اند که در آزمایش حاضر به میزان ۳۴۳/۹ ساعت وات بر مترمربع در روز که در مقایسه با بقیه فصول سال بر اساس اطلاعات موسسه

هواشناسی برای سال ۲۰۱۳ بیشتر می‌باشد. در اکثر موارد تنش‌های محیطی باعث افزایش غلظت آلونین شده است، به طوری که در مطالعه‌ای تنش شوری (۲۱) و شدت نور بالا (۱۳) و تنش سدیمی (۲۰) باعث افزایش غلظت آلونین در گیاه صبر زرد شدند.

### نتیجه‌گیری

تنش کم‌آبی می‌تواند عملکرد و کیفیت صبر زرد که پایه این آزمایش بود را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر شدت‌های بالای تنش کم‌آبی باعث کاهش میزان رشد و عملکرد و افزایش غلظت آلونین و مواد جامد محلول گردید. به طوری که مناسب‌ترین تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت زراعی برای رشد و عملکرد، ۸۰ درصد تخلیه رطوبت زراعی برای غلظت آلونین و مواد جامد محلول تعیین گردید. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده تاریخ مختلف برداشت بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاه صبر زرد تأثیر گذاشت. بیشترین میزان رشد، عملکرد و مواد جامد محلول ۳۳۰ روز پس از کاشت و بیشترین غلظت آلونین ۱۵۰ روز پس از کاشت تعیین شد.

### منابع

1. Aguado, A., Frías, J., García-Tejero, I., Romero, F., Muriel, J.L., and Capote, N. 2012. Towards the improvement of fruit-quality parameters in citrus under deficit irrigation strategies. *ISRN Agron.* 2012: 1–9.
2. Al-Busaidi, A., Yamamoto, T., Tanigawa, T., and Rahman, H.A. 2011. Use of zeolite to alleviate water stress on subsurface drip irrigated barley under hot environments. *Irrig. Drain.* 60: 473–480.
3. Beppu, H., Kawai, K., Shimpo, K., Chihara, T., Tamai, I., Ida, C., Ueda, M., and Kuzuya, H. 2004. Studies on the components of *Aloe arborescens* from Japan - Monthly variation and differences due to part and position of the leaf. *Biochem. Syst. Ecol.* 32: 783–795.
4. Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S., and Arce Vera, F. 2007. Quality and authenticity of commercial *Aloe vera* gel powders. *Food Chem.* 103: 22–30.
5. Chauser-Volfson, E., and Gutterman, Y. 1997. Content and distribution of the secondary phenolic compound homonataloin in *Aloe hereroensis* leaves according to leaf part, position and monthly changes. *J. Arid Environ.* 37: 115–122.
6. Cousins, S.R., and Witkowski, E.T.F. 2012. African aloe ecology: A review. *J. Arid Environ.* 85: 1–17.

7. Delatorre-herrera, J., Delfino, I., Salinas, C., Silva, H., and Cardemil, L. 2010. Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe Vera plants (*Aloe barbadensis* Miller). *Agric. Water Manag.* 97: 1564–1570.
8. Farzaneh, A., Ghani, A., and Azizi, M. 2010. The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Plant Prod.* 17(1): 103-111. (In Persian)
9. Hazrati-Yadekori, S., and Tahmasebi-Sarvestani, Z. 2012. Effects of different nitrogen fertilizer levels and hormone benzyl adenine (BA) on growth and ramet production of *Aloe vera* L. Iran. *J. Med. Aromat. Plants.* 28: 210–223. (In Persian)
10. Hazrati, S., Tahmasebi-Sarvestani, Z., and Ramazani, S. 2011. Effect of different harvest dates on growth characteristics and aloin content of *Aloe vera*. *Adv. environmental Biol.* 5: 439–442.
11. Ibáñez, H., Ballester, A., Muñoz, R., and José Quiles, M. 2010. Chlororespiration and tolerance to drought, heat and high illumination. *J. Plant Physiol.* 167: 732–738.
12. Joyce, P., Aspinall, D., and Paley, L. 1992. Photosynthesis and the Accumulation of Proline in Response to Water Deficit. *Aust. J. Plant Physiol.* 19: 249-261.
13. Lucini, L., Pellizzoni, M., and Molinari, G.P. 2013. Anthraquinones and  $\beta$ -polysaccharides content and distribution in Aloe plants grown under different light intensities. *Biochem. Syst. Ecol.* 51: 264–268.
14. Mokhtassi-Bidgoli, A., AghaAlikhani, M., Nassiri-Mahallati, M., Zand, E., Gonzalez-Andujar, J.L., and Azari, A. 2013. Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. *Ind. Crops Prod.* 44: 583–592.
15. Morales, C.G., Pino, M.T., and Del Pozo, A. 2013. Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Sci. Hortic.* 162: 234–241.
16. Moreira, L.R.S., and Filho, E.X.F. 2008. An overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 79: 165–178.
17. Nobel, P.S., and Zutta, B.R. 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.
18. Paez, A., Michael Gebre, G., Gonzalez, M.E., and Tschaplinski, T.J. 2000. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. *Environ. Exp. Bot.* 44: 133–139.
19. Radha, M.H., and Laxmipriya, N.P. 2015. Evaluation of biological properties and clinical effectiveness of *Aloe vera*: A systematic review. *J. Tradit. Complement. Med.* 5: 21–26.



20. Rahi, T.S., Singh, K., and Singh, B. 2013. Screening of sodicity tolerance in *Aloe vera*: An industrial crop for utilization of sodic lands. *Ind. Crop. Prod.* 44: 528–533.
21. Rahimi-Dehgolan, R., Tahmasebi Sarvestani, Z., Rezazadeh, S.A., and Dolatabadian, A. 2012. Morphological and Physiological Characters of *Aloe vera* Subjected to Saline Water Irrigation. *J. Herbs. Spices Med. Plants.* 18: 222–230.
22. Ramakrishna, A., and Ravishankar, G.A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal. Behav.* 6: 1720–1731.
23. Ray, A., Dutta Gupta, S., and Ghosh, S. 2013a. Isolation and characterization of potent bioactive fraction with antioxidant and UV absorbing activity from *Aloe barbadensis* Miller gel. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 22: 483–487.
24. Ray, A., and Gupta, S.D. 2013. A panoptic study of antioxidant potential of foliar gel at different harvesting regimens of *Aloe vera* L. *Ind. Crops Prod.* 51: 130–137.
25. Ray, A., Gupta, S.D., and Ghosh, S. 2013. Evaluation of anti-oxidative activity and UV absorption potential of the extracts of *Aloe vera* L. gel from different growth periods of plants. *Ind. Crops Prod.* 49: 712–719.
26. Ray, A., Gupta, S.D., Ghosh, S., Aswatha, S.M., and Kabi, B. 2013. Chemometric studies on mineral distribution and microstructure analysis of freeze-dried *Aloe vera* L. gel at different harvesting regimens. *Ind. Crops Prod.* 51: 194–201.
27. Rodríguez-García, R., Rodríguez, D.J. De, Gil-Marín, J.A., Angulo-Sánchez, J.L., and Lira-Saldivar, R.H. 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potentials. *Ind. Crops Prod.* 25: 123–128.
28. Rodríguez-González, V.M., Femenia, A., Minjares-Fuentes, R., and González-Laredo, R.F. 2012. Functional properties of pasteurized samples of *Aloe barbadensis* Miller: optimization using response surface methodology. *LWT-Food Sci. Technol.* 47: 225–232.
29. Sahu, P.K., Giri, D.D., Singh, R., Pandey, P., and Gupta, S. 2013. Therapeutic and Medicinal Uses of *Aloe vera*: A review, *Pharmacol. Pharm.* 4: 599–610.
30. Sankar, B., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Acta Bot. Croat.* 66: 43–56.
31. Silva, H., Sagardia, S., Seguel, O., Torres, C., Tapia, C., Franck, N., and Cardemil, L. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in *Aloe Vera* (*Aloe barbadensis* M.). *Ind. Crops Prod.* 31: 20–27.

32. Waller, T.A., Pelley, R.P., and Strickland, F.M. 2004. Industrial processing and quality control of *Aloe barbadensis* (*Aloe vera*) gel. The genus *Aloe* Ed. by Tom Reynolds CRC Press. 386p.
33. Wyka, T.P., Oleksyn, J., Zytковиak, R., Karolewski, P., Jagodziński, A.M., and Reich, P.B. 2012. Responses of leaf structure and photosynthetic properties to intra-canopy light gradients: A common garden test with four broadleaf deciduous angiosperm and seven evergreen conifer tree species. *Oecologia*. 170: 11–24.
34. Xu, Z., Zhou, G., and Shimizu, H. 2010. Plant responses to drought and rewatering. *Plant Signal. Behav.* 5: 649–654.
35. Zapata, P.J., Navarro, D., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-romero, D., Valero, D., and Serrano, M. 2013. Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: Potential crops for industrial applications. *Ind. Crops Prod.* 42: 223–230.