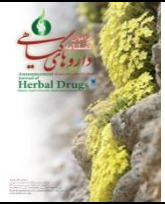




فصل نامه‌ی داروهای گیاهی

Journal homepage: www.jhd.iaushk.ac.ir



اثرات کاربرد آلومینوسیلیکات زئولیت بر صفات مورفولوژیک و ترکیبات شیمیایی گیاه دارویی آلوئه ورا (*Aloe vera L.*) در شرایط تنش خشکی

سارا یاری^{۱*}، پژمان مرادی^۲، فرحناز خلیقی سیگارودی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران؛

*مسئول مکاتبات (E-mail: sara.yari50@yahoo.com)

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ایران؛

۳. گروه فارماکوتکنولوژی و داروسازی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران؛

چکیده

مقدمه و هدف: امروزه آلوئه‌ورا در صنایع غذایی و دارویی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بهبود رشد رویشی، افزایش تولید متابولیت‌های ارزشمند گیاهی و افزایش قندهای موجود در ژل آلوئه ورا با صرف هزینه پایین و بازدهی بالا در شرایط تنش آبی است. روش تحقیق: در این تحقیق، کشت گلدانی آلوئه ورا در شرایط گلخانه ای و با اعمال ۴ سطح زئولیت ۰، ۱۱، ۲۲ و ۴۴ گرم در ۵ کیلوگرم خاک گلدان، در سه تکرار انجام شد. گلدان ها به مدت ۵ ماه در معرض سه سطح مختلف تیمار آبیاری قرار گرفتند. تیمارها عبارت از آبیاری با فاصله هفته ای یک بار، ۲ هفته یک بار و ۳ هفته یک بار بود. در نهایت صفات مورفولوژیک، هم‌چنین میزان باربالوئین تولیدی و قندهای مختلف در این گیاه توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) مورد سنجش قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین صفات توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث: در بررسی اثرات ساده و متقابل کاربرد زئولیت و اعمال تیمارهای مختلف آبیاری، بهترین نتایج صفات مورفولوژیکی مختلف با کاربرد ۲۲ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و آبیاری ۳ هفته یک بار به دست آمد. بیشترین میزان ماده مؤثره باربالوئین در تیمار اثرات متقابل ۴۴ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و آبیاری هفته ای یک بار مشاهده شد و بالاترین میزان قندها با کاربرد ۴۴ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و آبیاری ۲ هفته یک بار حاصل شد. توصیه کاربردی/صنعتی: آلومینوسیلیکات زئولیت در بهبود خصوصیات مورفولوژیک، افزایش ماده مؤثره باربالوئین و افزایش سطح پلی ساکاریدهای موجود در ژل گیاه آلوئه ورا در شرایط تنش آبی دارای نقش مؤثری است.

شناسه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۲۸

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

موضوع: فیزیولوژی گیاهان دارویی

کلید واژگان:

- ✓ آلوئه ورا
- ✓ زئولیت
- ✓ باربالوئین
- ✓ قندها

۱. مقدمه

محدود کننده برای تولید در نظام‌های کشاورزی به‌شمار می‌روند. علاوه بر خصوصیات درونی گیاه، بخش قابل توجهی از عملکرد سالانه محصولات کشاورزی تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد (Ahmadi Khah, 2009). تنشی مانند تنش خشکی در گیاه سبب بروز برخی تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌شود. کاهش رشد یکی از واکنش‌های گیاهی طی تنش خشکی می‌باشد که ناشی از کاهش فرآیندهای متابولیکی سلول‌هاست که به صورت کاهش سطح برگ تظاهر نموده و در نهایت رشد کلیه اندام‌های گیاهی و در نتیجه میزان تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hekmat Shoar, 1993). مطالعات زیادی روی محصولات باغی و زراعی انجام شده است. به‌عنوان مثال، مشخص گردید که تنش خشکی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، طول و وزن زیر لپه و وزن گیاهچه در گیاه اسپرس می‌شود (Feyz Zadeh, 2003). در چغندر قند، کم‌آبی سبب کاهش عملکرد ریشه و قند در مراحل مختلف رشد برگ، رشد ریشه و دوره انتهایی ذخیره گردید (Ebrahimi Pak et al., 2008). همچنین در ریحان تنش خشکی سبب کاهش طول ساقچه، وزن تر ریشه و ساقچه و دانه شده است (Hasani, 2006). در واکنش به تنش، وضعیت کربوهیدرات‌های برگ تغییر پیدا می‌کند (Chaves et al., 2003). سنتز نشاسته به‌طور معمول تحت بازدارندگی شدید در شرایط کمبود آب است (Chaves, 1991). با توجه به این‌که گیاه آلوئه‌ورا در مناطق گرم و خشک رشد و کشت می‌شود باید تحت آبیاری منظم و به‌موقع قرار گیرد چرا که کاهش رطوبت خاک سبب کاهش ترکیبات پلی‌ساکاریدی موجود در ژل می‌شود. ضمن آن‌که گیاه آلوئه‌ورا به آب ایستایی بسیار حساس است و خاک‌های سبک با زهکش مناسب برای آن توصیه می‌شود (Omidbaigi, 2010).

زئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تشکیل می‌دهند. استفاده از زئولیت‌ها در اصلاح خاک و افزایش کارایی مصرف کودها و کاهش سمیت عناصر سنگین در خاک و کاهش جذب آن‌ها توسط گیاه و حفظ آب به اثبات رسیده است. شبکه بی-پایان زئولیت‌ها شامل یک‌سری کانال‌ها و حفره‌های متصل به هم است که به‌وسیله کاتیون‌ها و مولکول‌های آب اشغال شده‌اند. کاتیون‌های موجود متحرک بوده و معمولاً امکان تعویض با سایر

آلوئه‌ورا با نام علمی *Aloe vera* از خانواده Liliaceae از جنس *Aloe* می‌باشد (Omidbaigi, 2010). کلمه "آلوئه" از کلمه عربی "آلوهه" به معنی جسم سخت و درخشان گرفته شده است که علت این نام‌گذاری، تلخ بودن ماده موجود در زیر اپیدرم برگ آن می‌باشد. از دهه ۱۹۳۰ به بعد تحقیقات علمی بسیار وسیعی بر روی ترکیبات مغذی و خواص دارویی گیاه آلوئه‌ورا انجام شد و محققان دریافته‌اند که ژل صاف شده آلوئه‌ورا قدرت عجیبی در درمان بسیاری از بیماری‌ها دارد. امروزه آلوئه‌ورا در صنایع غذایی و دارویی به عنوان یک کمک درمان مؤثر به‌کار گرفته می‌شود (Moosavi & Esteki, 2010). در سال‌های اخیر استفاده از آلوئه‌ورا در فورمولاسیون مواد آرایشی، بهداشتی، دارویی و غذایی به صورت چشم‌گیری افزایش یافته است. بیشتر مورد استفاده آلوئه‌ورا در صنایع آرایشی، کرم‌های مرطوب کننده و آب رسان به پوست می‌باشند که با توجه به ساختار پر آب این گیاه، یک انتخاب مناسب محسوب می‌شود. یک برش از برگ آلوئه‌ورا حاوی ۹۸ تا ۹۹٪ آب است و بیش از ۶۰٪ از ماده جامد سازنده آن از پلی‌ساکاریدها می‌باشد (Femenia et al., 1999). از این گیاه در صنایع غذایی نظیر کمپوت‌سازی، تولید آب میوه، مربا، بستنی، ژله و انواع شربت‌ها به وفور استفاده می‌شود. در صنایع دارویی هم از این گیاه در ساخت داروها برای رفع بیماری‌های مرتبط استفاده شده است. قرص‌ها، شربت‌ها و حتی بافت خام آن در داروخانه‌ها عرضه می‌شود.

آلوئه‌ورا منبع مهمی از پلی‌ساکاریدها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و مواد معدنی است. ژل آلوئه‌ورا در بخش داخلی برگ گیاه قرار دارد و منبع اصلی این ترکیبات است. ژل آلوئه‌ورا طعمی تلخ مزه دارد و مصرف خام آن چندان خوشایند نیست اما با انجام چندین فرآیند بر روی آن برای تولید آب میوه، می‌توان این طعم نامطلوب را برطرف کرد (Calvin, 2008).

رجعت دوباره به استفاده از گیاهان دارویی و برداشت بی‌رویه و مستقیم از طبیعت در دهه‌های اخیر از یک طرف و وقوع تنش‌های محیطی از طرف دیگر موجب فرسایش شدید ژنتیکی در گونه‌های گیاهی پرارزش گردیده است (Omidbaigi, 2007). تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی در زمره مهمترین عوامل

دارویی کرج آغاز شد به طوری که در طول مدت آزمایش، دمای شب و روز در گل‌خانه به‌طور متوسط، ۳۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس بود. رشد در پاییز ادامه یافت و متوسط درجه حرارت گل‌خانه ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس بود و نور مورد نیاز با تابش طبیعی آفتاب تأمین شد. رطوبت نسبی گل‌خانه در حدود ۷۵٪ بود. پژوهشکده گیاهان دارویی کرج در کیلومتر ۳۰ آزاد راه کرج- قزوین در مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی واقع شده است. ایستگاه تحقیقاتی مذکور در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی، واقع شده است. آب و هوای این منطقه از نوع مدیترانه‌ای گرم و خشک و متوسط دمای سالیانه منطقه حدود ۲۱/۱۳ درجه سلسیوس می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه کرج حدود ۲۵۱ میلی‌متر با ضریب تغییرات ۲۴/۱ درصد می‌باشد. میانگین ساعات آفتابی سالیانه در طی دوره آماری ۲۸۹۹ ساعت به ثبت رسیده است (Poorhadi & Khosravi, 2010).

۲-۳. اعمال تیمارها

برای انجام این پژوهش، پاجوش‌های آلوئه ورا و سایر مواد لازم برای کشت مانند خاک، ماسه و گلدان از گل‌خانه مذکور تهیه شد. زئولیت مورد نیاز از شرکت افزازند واقع در تهران تهیه شد. گلدان‌های ۵ کیلوگرمی با قطر دهانه ۵۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. خاک و ماسه به نسبت مساوی به میزان ۵ کیلوگرم، وزن شده و باهم مخلوط شدند. سپس زئولیت در سطوح مختلف صفر، ۱۱، ۲۲ و ۴۴ گرم در هر ۵ کیلوگرم مخلوط خاک و ماسه، مخلوط شد و در گلدان ریخته شد. سپس پاجوش‌های هم سن آلوئه ورا گونه بارباندسیس در گلدان‌های مورد نظر کاشته شدند. به این ترتیب ۴ سطح زئولیت در ۳ تکرار اعمال شد. به مدت یک ماه گلدان‌ها هر ۴ روز یک بار، به صورت منظم و به میزان برابر آبیاری شدند. بعد از گذشت یک ماه به منظور ارزیابی تنش آبی، گلدان‌های آلوئه ورا در معرض ۳ سطح آبیاری قرار گرفتند. تیمارها عبارت از آبیاری هفته‌ای یک بار، ۲ هفته یک بار و ۳ هفته یک بار بود. به مدت ۵ ماه، براساس برنامه از پیش تعیین شده، تیمارهای آبیاری اعمال شد. ۱۵۰ روز پس از کاشت از هر واحد آزمایشی سه گلدان به طور تصادفی انتخاب شد و بوته‌های آلوئه‌ورا موجود در گلدان‌ها به همراه ریشه از خاک خارج شدند و اندازه‌گیری صفات ریشی مختلف مانند وزن بوته، طول برگ، عرض برگ، طول ریشه، وزن تر

کاتیون‌ها را دارند و ملکول‌های آب موجود در شبکه زئولیت‌ها نیز به طور پیوسته و برگشت پذیر قابلیت خروج از شبکه را دارند. توانایی رهاسازی کاتیون‌ها و مولکول‌های آب در شرایط متفاوت، بدون تغییر در ساختار و جذب دوباره آن از محیط اطراف، یکی از خواصی است که ساختمان یک آلومینوسیلیکات را به عنوان زئولیت معرفی می‌کند (Rehakova et al., 2004). آزمایشی که توسط صمدی و هم‌کاران (Samadi et al., 2008) به منظور بررسی تأثیر زئولیت مصنوعی تراوات بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت شرایط نرمال و نیز تنش خشکی انجام شد نشان داد که عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در شاخه اصلی، عملکرد روغن دانه، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر مقادیر مختلف زئولیت قرار گرفتند به طوری که با افزایش میزان زئولیت مصرفی از میزان کاهش عملکرد دانه و روغن تحت شرایط تنش کاسته شده و هر یک از صفات مذکور افزایش معنی‌داری را نشان دادند. این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات رشدی، ترکیب و عملکرد اجزا حاصله از گیاه آلوئه‌ورا تحت تنش آبی با کاربرد سطوح مختلف زئولیت، انجام شد. نتایج تحقیقاتی که انجام شده است حاکی از نقش مفید و کارآمد زئولیت‌ها در بهبود ویژگی‌های خاک از طریق تغییر ساختمان خاک، افزایش میزان دسترسی گیاه به آب و کاهش چسبندگی ذرات خاک می‌باشد. گزارش شده است که زئولیت‌ها باعث بهبود ساختار شکننده و غیریکنواخت خاک شده و از طریق اصلاح ظرفیت تبادل کاتیونی خاک موجب کاهش آب‌شویی و افزایش ماندگاری آب در منطقه توسعه ریشه می‌گردند (Huang & Petrovic, 1994). در نهایت با بررسی منابع، تاکنون مطالعات چندانی بر روی اثر زئولیت بر متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی انجام نشده است لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر زئولیت بر رشد ریشی، تولید متابولیت‌های ارزشمند گیاهی و قندهای موجود در ژل آلوئه ورا در شرایط تنش آبی به مرحله اجرا درآمد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. خصوصیات منطقه

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در تیرماه سال ۱۳۹۱ در پژوهشکده گیاهان

محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در دو سطح ۵٪ و ۱٪ انجام شد.

۳. نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده، اثرات ساده و متقابل کاربرد سطوح مختلف زئولیت و اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری بر صفات مورد بررسی در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۱ و جدول ۲). بالاترین رشد و توسعه صفات رویشی در اثرات متقابل کاربرد ۲۲ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و کاربرد آبیاری ۳ هفته یک بار به دست آمد. کمترین میانگین صفات مورفولوژیک مورد بررسی در تیمار عدم مصرف زئولیت و آبیاری هفته ای یک بار مشاهده شد. کاربرد سطوح مختلف زئولیت و همچنین اثرات متقابل کاربرد زئولیت و اعمال تیمارهای مختلف آبیاری بر صفت عرض برگ، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری نداشت. از نظر اعمال تیمار-های مختلف آبیاری، تغییرات عرض برگ در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

بالاترین میانگین وزن بوته‌ها در تیمار اثرات متقابل ۲۲ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و آبیاری ۳ هفته یک بار به میزان $470/33$ g به دست آمد. بالاترین میانگین طول برگ نیز در کاربرد توأم ۲۲ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و آبیاری ۳ هفته یک بار به میزان $31/667$ cm به دست آمد. کمترین میانگین این صفات رویشی در تیمار عدم مصرف زئولیت و آبیاری هفته ای یک بار مشاهده شد (به ترتیب شکل‌های ۱ و ۲).

در یک بررسی (Wiedenfled, 2003) اثر مصرف زئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک در تولید سبزیجات، اثر هشت سطح مصرف زئولیت از صفر تا ۴۲ تن در هکتار را در دو نوع خاک یکی با شرایط مطلوب از نظر اسیدیته، بافت و ظرفیت تبادل کاتیونی و دیگری خاکی با شرایط نامطلوب مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثر مصرف زئولیت بر عملکرد بیولوژیکی، رشد و وزن دو گیاه کلم و فلفل در شرایط نامطلوب خاک، کاملاً معنی‌دار بود. اما این اثرات در شرایط خاک مطلوب با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و اسیدیته قلیایی معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد که اثرات سودمند کاربرد زئولیت در خاک‌های فقیر مانند خاک‌هایی با ظرفیت تبادل

ریشه و وزن خشک ریشه و همچنین سنجش و تعیین مقادیر ترکیبات شیمیایی شامل ماده مؤثره باربالوئین و قندها شامل گلوکز، فروکتوز و ساکارز انجام شد.

۲-۳. اندازه گیری باربالوئین

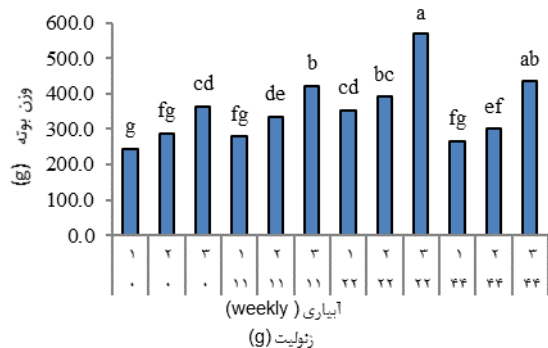
جداسازی ماده مؤثره باربالوئین، براساس روش فوجیتا و هم-کاران (Fujita et al., 1995) با دستگاه HPLC مجهز به ستون Intersil ODS-2 با قطر داخلی ۴/۶ و طول ۱۵۰ میلی‌متر انجام گرفت. بعد از تزریق عصاره به ستون، عمل شستشو با گرادیان استونیتریل از ۱۵ تا ۴۰ درصد در فاصله ۰ تا ۳۰ دقیقه در حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۰ میلی‌لیتر در دقیقه انجام گرفت. ارزیابی پیک‌های خروجی توسط دتکتور diode array انجام شده و پیک هر کدام از این دو ماده براساس زمان بازداری مشخص و مقدار هر یک بر اساس سطح زیر منحنی پیک و با استناد به منحنی استاندارد تعیین گردید.

۲-۴. اندازه گیری قندها

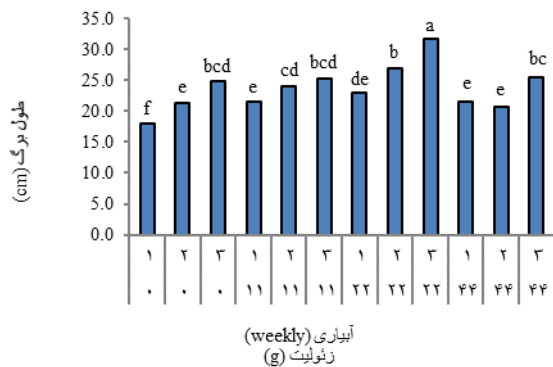
قندها براساس روش فولای و هم‌کاران (Fulai et al., 2004) اندازه گیری شدند. بدین ترتیب که ۱۰۰ میلی‌گرم از ژل گیاه، با ۱ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ مخلوط شد و به مدت ۵ دقیقه تحت حرارت جوش قرار گرفت. سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه رسوب آن جدا شد. این رسوب دو مرتبه توسط اتانول استخراج گردید، بر مایع رویی ۲ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان اضافه شد، پس از مخلوط شدن اجازه داده شد دو فاز از هم به آرامی (طی یک شبانه روز) جدا شوند و به فاز دی‌کلرو متان ۲ میلی‌لیتر آب اضافه شد، فاز الکل آبی جدا گردید و توسط مبرد خشک شد. سپس ۱ میلی‌لیتر آب اضافه کرده و ماده خشک شده حل گردید و برکروماتوگرافی تعویض یونی QAE-25 سفادکس مستقر شد. پس از تعادل، ستون با ۵۰ میلی-لیتر فورمات سدیم ۰/۰۵ مولار شستشو داده شد. محلول استخراجی از ستون خشک شده و در ۳۰۰ میکرولیتر آب مقطر حل شد و به ستون Hydersil با ابعاد ۳۰ سانتی‌متر طول و ۷/۸ میلی-متر قطر تزریق گردید و توسط دستگاه HPLC با محلول اسید سولفوریک ۰/۰۵ مولار و سرعت ۰/۶ میلی‌لیتر بر دقیقه شستشو داده شد. پیک قندی محلول به استناد پیک استاندارد آن قندها مشخص شده و غلظت آن تعیین شد (Fulai et al., 2004).

۲-۵. تجزیه و تحلیل آماری

گیرد و کاهش می‌یابد. کمبود آب به دلیل ایجاد پژمردگی، از رشد و توسعه ممانعت می‌کند و باعث کاهش عملکرد می‌شود. زئولیت‌ها به دلیل دارا بودن خلل و فرج و فضای مولکولی باز، قادرند بیشتر از ۶۰ درصد وزن خود آب جذب نمایند. مولکول‌های آب قادرند به راحتی داخل خلل و فرج این مواد قرار گرفته و یا تبخیر شوند بدون آن که به ساختار زئولیت آسیب برسانند (Kavoosi, 2007). کارایی زئولیت‌ها با ساختار ویژه خود در حفظ طولانی مدت آب در محیط ریشه‌ها و افزایش تبادل کاتیونی خاک و نیز کاهش سمیت ناشی از عدم تعادل عناصر غذایی، دسترسی بیشتر گیاه به آب و عناصر غذایی را میسر می‌نماید که خود همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد نهایی محصول دارد.



شکل ۱. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر وزن بوته‌ها

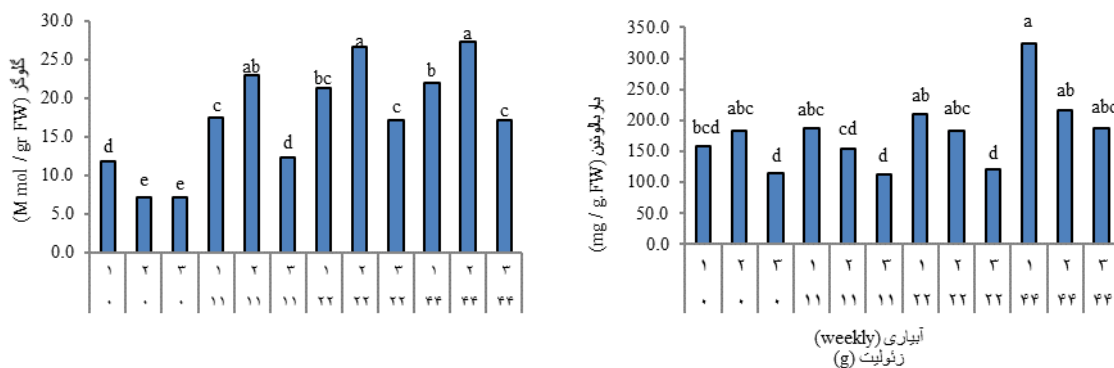


شکل ۲. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر طول برگ

کاتیونی پایین و یا درصد شن بالا قابل توجه می‌باشد. سودمندی مصرف زئولیت‌ها، در اصلاح خاک، افزایش توانایی گیاه در استفاده از عناصر غذایی خاک به‌ویژه در شرایطی که کمبود عناصر غذایی و رطوبت وجود دارد و یا در هنگامی که بافت خاک نامناسب است و هم‌چنین هنگامی که سمیت و یا عدم تعادل عناصر غذایی در خاک مشهود باشد، بیشتر خواهد بود (Wiedefeld, 2003). در این پژوهش نیز زئولیت اثرات مثبتی در راستای افزایش وزن بوته‌های آلوئه‌ورا در شرایط کشت گلدانی و محدودیت آبی نشان داد. در خاک‌های شنی با قابلیت نگهداری آب پایین، ذرت در طی دوره رشد خود با شرایط کم آبیاری مواجه شده و سطح برگ خود را به منظور کاهش سطح تعرق کم می‌نماید و از این طریق موجب استفاده بهینه از آب و مواد غذایی در جهت تولید می‌شود که این خود سبب کاهش شاخص سطح برگ خواهد گردید. با مصرف زئولیت به‌ویژه در مقادیر بالا، به دلیل خاصیت ویژه این مواد در نگهداری طولانی مدت رطوبت در محیط توسعه ریشه به‌ویژه در خاک‌های شنی، امکان رشد رویشی بیشتر و توسعه سطح برگ‌ها برای گیاه فراهم می‌گردد. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص توسعه برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد می‌توان انتظار داشت که مصرف زئولیت با تأمین آب و نیتروژن مورد نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد نهایی گیاه گردد (Pansini, 1996). در بررسی اثر مصرف زئولیت‌های طبیعی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا گزارش گردید که مصرف زئولیت موجب افزایش معنی‌دار سرعت توسعه برگ به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه گردید. بیشترین میزان سطح برگ از تیمار مصرف ۲٪ وزنی زئولیت به‌دست آمد در حالی که گیاهان رشد یافته در شرایط عدم مصرف زئولیت کمترین سطح برگ را دارا بودند (Khan et al., 2008). افزایش طول برگ‌های آلوئه‌ورا در این تحقیق با نتایج پژوهش‌های انجام شده همسو می‌باشد.

براساس نتایج به دست آمده، بالاترین میانگین تولید بارالوئین با کاربرد توام ۴۴ گرم زئولیت و آبیاری هفته ای یک‌بار به میزان ۳۲۴/۲۲۳ mg/g.FW حاصل شد (شکل ۳).

عدم دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی به‌ویژه در طی دوره رشد زایشی، فتوسنتز برگ و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و در نهایت تولید محصول تحت تأثیر آن قرار می‌-



شکل ۳. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر باربالوئین
شکل ۴. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر گلوکز

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف زئولیت و تیمارهای متفاوت آبیاری بر صفات مورفولوژیک آلوئه ورا

| میانگین مربعات | | | | | | | منابع تغییرات |
|----------------|-------------|-----------|---------------------|-----------|------------|------------|----------------|
| وزن خشک ریشه | وزن تر ریشه | طول ریشه | عرض برگ | طول برگ | وزن بوته | درجه آزادی | |
| ۰/۴۷۰ | ۲/۵۰۶ | ۸/۸۵۱ | ۰/۰۲۲ | ۴/۰۸۰ | ۶۷۹/۴۴۷ | ۲ | بلوک (تکرار) |
| ۴۳/۸۶۷** | ۶۷/۷۰۵** | ۳۸۰/۱۸۸** | ۰/۲۷۷ ^{NS} | ۵۶/۹۶۹** | ۷۲۳۳/۶۴۹** | ۳ | زئولیت |
| ۲۳/۸۹۷** | ۳۱۴/۹۶۳** | ۴۸۸/۲۶۸** | ۲/۸۸۴* | ۱۰۳/۷۳۰** | ۸۹۵۷/۶۱۶** | ۲ | آبیاری |
| ۸/۰۸۶** | ۱۱/۱۶۶** | ۲۰/۵۸۶** | ۰/۲۱ ^{NS} | ۶/۱۹۱** | ۶۹۱/۰۴۳* | ۶ | زئولیت×آبیاری |
| ۰/۶۸۲ | ۲/۱۹۸ | ۳/۳۶۱ | ۰/۲۲۱ | ۱/۶۷۴ | ۱۷۷۳/۴۶۷ | ۲۲ | خطا |
| ۱۱/۶۱ | ۵/۴۶ | ۵/۵۶ | ۱۳/۶۸ | ۵/۴۶ | ۱۲/۱۷ | | ضریب تغییرات % |

*, **, و NS به ترتیب معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی داری را نشان می دهند.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف زئولیت و تیمارهای متفاوت آبیاری بر ترکیبات شیمیایی آلوئه ورا

| میانگین مربعات | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|----------------|----------|----------|------------|------------|----------------|
| ساکارز | فروکتوز | گلوکز | باربالوئین | | |
| ۰/۵۶۲ | ۰/۳۳۸ | ۱/۵۱۷ | ۱۲۰۳/۵۲۸ | ۲ | بلوک (تکرار) |
| ۴۱۰/۸۲۵° | ۵۰۱/۹۵۳° | ۳۵۰/۵۴۱° | ۶۶۶۵/۹۶۳** | ۳ | زئولیت |
| ۲۷۹/۵۴۱° | ۴۰۸/۷۷۸° | ۱۷۷/۳۴۱° | ۲۶۳۸/۵۲۸** | ۲ | آبیاری |
| ۴۷/۱۱۴° | ۳۷/۷۲۸° | ۲۵/۲۰۹° | ۸۱۰/۰۴۶* | ۶ | زئولیت×آبیاری |
| ۴/۰۳۵ | ۵/۴۸۱ | ۵/۹۳۷ | ۵۳۲/۸۰۱ | ۲۲ | خطا |
| ۱۴/۰۷ | ۱۰/۳۲ | ۱۳/۹۱ | ۱۳/۴۹ | | ضریب تغییرات % |

*, **, و NS به ترتیب معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی داری را نشان می دهند.

جدول ۳. اثرات ساده و متقابل مقدار زئولیت و شیوه آبیاری بر برخی صفات رویشی گیاه آلونه‌ورا

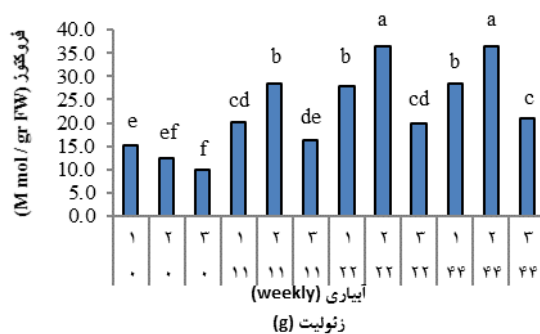
| صفات رویشی | | | | اثرات ساده | |
|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| وزن خشک ریشه (g) | وزن تر ریشه (g) | طول ریشه (cm) | عرض برگ (cm) | مقدار زئولیت (g/5kg) | |
| ۴/۸۲۲ ^d | ۲۴/۱۷۸ ^c | ۲۴/۰۰۰ ^d | ۳/۲۸۹ ^a | ۰ | |
| ۵/۸۷۸ ^c | ۲۶/۷۵۶ ^b | ۳۲/۶۸۹ ^c | ۳/۳۱۱ ^a | ۱۱ | |
| ۹/۷۷۸ ^a | ۳۰/۸۲۲ ^a | ۳۸/۷۷۸ ^a | ۳/۶۶۷ ^a | ۲۲ | |
| ۷/۹۷۸ ^b | ۲۶/۸۴۴ ^b | ۳۶/۵۰۰ ^b | ۳/۴۷۸ ^a | ۴۴ | |
| | | | | نوبت آبیاری (weekly) | |
| ۵/۸۷۵ ^c | ۲۲/۷۳۳ ^c | ۲۷/۵۲۵ ^c | ۳/۰۰۰ ^b | ۱ | |
| ۶/۸۱۷ ^b | ۲۵/۹۵۰ ^b | ۳۱/۴۵۰ ^b | ۳/۳۴۲ ^b | ۲ | |
| ۸/۶۵۰ ^a | ۳۲/۷۶۷ ^a | ۴۰/۰۰۰ ^a | ۳/۹۶۷ ^a | ۳ | |
| | | | | اثرات متقابل | |
| | | | | نوبت آبیاری | مقدار زئولیت |
| ۴/۰۶۷ ^e | ۲۰/۷۰۰ ^f | ۲۰/۰۰۰ ^g | ۳/۰۰۰ ^a | ۱ | ۰ |
| ۵/۰۰۰ ^{de} | ۲۳/۱۰۰ ^{ef} | ۲۵/۰۰۰ ^f | ۳/۴۳۳ ^a | ۲ | ۰ |
| ۵/۴۰۰ ^{cde} | ۲۸/۷۳۳ ^{cd} | ۲۷/۰۰۰ ^{ef} | ۳/۴۳۳ ^a | ۳ | ۰ |
| ۵/۳۶۷ ^{cde} | ۲۲/۵۳۳ ^{ef} | ۲۶/۶۰۰ ^{ef} | ۲/۸۳۳ ^a | ۱ | ۱۱ |
| ۵/۵۳۳ ^{cde} | ۲۷/۵۰۰ ^d | ۳۱/۸۰۰ ^{cd} | ۳/۱۶۷ ^a | ۲ | ۱۱ |
| ۶/۷۳۳ ^{bcd} | ۳۰/۲۲۳ ^c | ۳۹/۶۶۷ ^b | ۳/۹۳۳ ^a | ۳ | ۱۱ |
| ۶/۸۶۷ ^{bcd} | ۲۴/۸۰۰ ^e | ۳۳/۶۶۷ ^c | ۳/۰۰۰ ^a | ۱ | ۲۲ |
| ۸/۳۶۷ ^b | ۲۸/۶۶۷ ^{cd} | ۳۵/۰۰۰ ^c | ۳/۵۰۰ ^a | ۲ | ۲۲ |
| ۱۴/۱۰۰ ^a | ۳۹/۰۰۰ ^a | ۴۷/۶۶۷ ^a | ۴/۵۰۰ ^a | ۳ | ۲۲ |
| ۷/۲۰۰ ^{bc} | ۲۲/۹۰۰ ^{ef} | ۲۹/۸۳۳ ^{de} | ۳/۱۶۷ ^a | ۱ | ۴۴ |
| ۸/۳۶۷ ^b | ۲۴/۵۳۳ ^e | ۳۴/۰۰۰ ^c | ۳/۲۶۷ ^a | ۲ | ۴۴ |
| ۸/۳۶۷ ^b | ۳۳/۱۰۰ ^b | ۴۵/۶۶۷ ^a | ۴/۰۰۰ ^a | ۳ | ۴۴ |
| ۱۱/۶۱ | ۵/۴۶ | ۵/۵۶ | ۱۳/۶۸ | ضریب تغییرات (/.) | |

میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۰/۰۵ فاقد تفاوت معنی دار هستند.

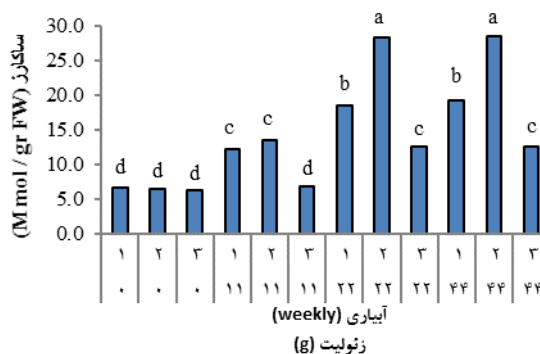
شده و در اختیار ریشه‌های گیاه قرار گیرد (Mumpton, 1999). کاتیون‌های جذب شده به دلیل جذب ضعیف آن‌ها به طور نسبی متحرک هستند و می‌توانند از طریق تکنیک‌های تبادل یون، جایگزین شوند و توسط گیاه جذب گردند. مصرف زئولیت در خاک موجب کاهش قابل توجه شستشوی عناصر متحرک مانند نیتروژن در خاک و خروج آن از دسترس گیاه می‌شود. با حفظ نیتروژن در منطقه توسعه ریشه‌ها، رشد ریشه افزایش یافته و با ساخت بیشتر کربوهیدرات‌ها و پروتئین باعث می‌شود، گیاه از رطوبت موجود به‌ویژه در دوره‌های خشکی به‌طور کارآمد استفاده کند (Hiedari Sharif, 2000). در تحقیقی که به منظور بررسی تأثیر آبیاری مصرف زئولیت طبیعی بر عملکرد کمی و کیفی توتون توسط (Ranjbar choobe et al., 2004) انجام شد، نشان داده شد که اثر زئولیت روی ارتفاع بوته، وزن خشک، درصد قند و درصد نیکوتین در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود و تیمار مصرف ۲۵ گرم زئولیت و تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد بهترین تیمار برای تولید این محصول می‌باشد. آلوده‌ها را با توجه به اقلیم منطقه، شرایط آب و هوایی و زمان کاشت به آبیاری ۷ روز یکبار نیاز دارد (Omidbaigi, 2010)، در نهایت این‌که قادر است خشکی را با آبیاری ۱۵-۱۰ روزیک بار تحمل کند اما در این تحقیق به دلیل مثبت بودن اثرات متقابل مصرف زئولیت و اعمال تنش خشکی، گیاه قادر به تحمل آبیاری ۲۱ روز یکبار بود. با مصرف زئولیت به‌ویژه در مقادیر بالا، به دلیل خاصیت ویژه این مواد در نگهداری طولانی مدت رطوبت در محیط توسعه ریشه به‌ویژه در خاک‌های شنی و شرایط نامناسب خاک و با رهایش کنترل شده، امکان رشد رویشی بیشتر، توسعه سطح برگ‌ها و رشد توسعه ریشه‌ها برای گیاه فراهم می‌گردد.

۴. نتیجه گیری

کشت و پرورش گیاه دارویی و زینتی آلوده‌وراء، صرف نظر از تولید محصول و روانه کردن آن به بازار مصرف، هدف عمده آن به دست آوردن درآمد بیشتر از راه بالا بردن عملکرد محصول، کیفیت بهتر آن با صرف هزینه کمتر و رقابت با تولیدکنندگان خارجی آن است. در این تحقیق، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری بر صفات مورفولوژیکی و ترکیبات شیمیایی و مغذی مورد بررسی، اثرات قابل توجه و



شکل ۵. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر فروکتوز



شکل ۶. اثرات متقابل آبیاری و سطوح مختلف زئولیت بر ساکارز.

براساس نتایج حاصل، اثرات ساده و متقابل کاربرد سطوح مختلف زئولیت و اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری بر میزان قندهای تولیدی در برگ‌های مورد بررسی، در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار نشان داد. بالاترین میانگین قندهای تولیدی با کاربرد ۴۴ گرم زئولیت در ۵ کیلوگرم خاک گلدان و کاربرد آبیاری ۲ هفته یکبار، به دست آمد. بالاترین میانگین تولید گلوکز به میزان ۲۷/۲۶۷ M mol/g FW، بالاترین میانگین تولید فروکتوز به میزان ۳۶/۵۰۰ M mol/g FW و بالاترین میانگین تولید ساکارز به میزان ۲۸/۵۳۳ M mol/g FW در تیمار مذکور به دست آمد (به ترتیب شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

ساختار مولکولی زئولیت با دارا بودن بار منفی، مکان مناسبی برای به دام انداختن کاتیون‌هایی با بار مثبت مانند سدیم، پتاسیم، باریوم و کلسیم بوده و موجب ایجاد بار مثبت در محیط آب می‌گردند. یون‌های کربنات و نیز یون‌های نیترات هر دو به‌وسیله بارهای منفی درون زئولیت جذب می‌شوند. کاتیون‌های فلزات قلیایی و قلیایی خاکی نیز به همین روش جذب می‌گردند و در نتیجه آب می‌تواند به‌وسیله زئولیت‌ها جذب

- Omidbaigi, R. 2007. *Production and processing of medicinal plants* (vol. 1). Astan Ghods Razavi Publisher, Mashhad, Iran.
- Omidbaigi, R. 2010. *Production and processing of medicinal plants* (vol. 1). Astan Ghods Razavi Publisher, Mashhad, Iran.
- Pansini, M. 1996. Natural zeolite as cation exchangers for environment protection. *Mineralium Deposita.*, 31(6): 563-575.
- Poorhadi, M. and Khosravi, A. 2010. Effects of three types of biological fertilizers and Urea on performance liquid chromatographic determination of Anthraquinone compounds in *Aloe arborescens*. *Bulletin Fujita University Medical Society.*, 27(7): 126-134.
- Fulai, L., Christain Jensen, R. and Andersen, N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research.*, 86 (1): 1-13.
- Hasani, A. 2006. Effect of drought stress on growth, yield and essential oil content on (*Ocimum basilicum*, L.). *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants.*, 22 (3): 126-135.
- Hekmat Shoar, J. 1993. *Plant physiology in difficult conditions*. University of Tabriz, Iran.
- Hiedari Sharif-Abad, H. 2000. *Plant, dry and drought*. Agricultural Research, Education & Extension Organization, (AREEO).
- Huang, Z. T. and Petrovic, A. M. 1994. Clinoptilolite Zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated and based golf greens. *Journal of Environmental Quality.*, 23(6): 1190-1194.
- Khan, H., Khan, A. Z., Khan, R., Matsue, N. and Henmi, T. 2008. Soybean leaf area, plant height and reproductive development as influenced by zeolite application and some quantitative and qualitative traits. Master's thesis, Islamic Azad University of Karaj, Iran.
- Ranjbar Choobe, M., Esfahani, M., Kavooosi, M. and Yazdani, M. R. 2004. Effects of irrigation and natural zeolite on growth and quality of tobacco (*Nicotiana tabaccum var. Coker 347*). *Journal of Agricultural Sciences.*, 2: 71-84.
- Rehakova, M., Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimar, J. and Galavova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science.*, 8(6): 397- 404.
- معنی‌داری داشت. بسته به هدف پرورش گیاه آلوئه‌ورا می‌توان از سطوح مختلف سوپر جاذب زئولیت با صرف هزینه پایین و تیمارهای متفاوت آبیاری استفاده کرد.

۵. منابع

- Ahmadi Khah, A. 2009. Plant responses to abiotic environmental stresses. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Calvin, J. 2008. *Aloe Vera* plant history uses and benefits. Disabeld world towards tomorrow, 356 p.
- Chaves, M. M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany.*, 42(1): 1-16.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P. and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant, *Funct. Functional Plant Biology.*, 30(3): 239-264.
- Ebrahimi Pak, N., Pazira, A., Abedi, A. and Sabagh Farshi, A. A. 2008. Deficit irrigation effects on growth (*Beta vulgaris*) and on quantity and quality yield of its. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi).*, 87: 61- 69.
- Feyz Zadeh, A. 2003. Effect of drought stress on germination of 6 species of *Onobrychis*. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi).*, 95: 56-61.
- Femenia, A., Sanchez, E. S., Rossello, C. and Simal, S. 1999. Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera*, *Aloe barbadensis* Miller, plant tissues. *Carbohydrate Polymers.*, 39(2): 109-117.
- Fujita, K., Beppu, H., Kawai, K., Tamai, I Nomoto, S. and Shimpo, K.. 1995. High Allophanic Soil. *Journal Plant Science.*, 3(2): 277-286.
- Kavooosi, M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery and nitrogen use efficiency. Soil and water department, rice research institute of Iran, Rasht, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(1-2): 69-76.
- Moosavi, F. and Esteki, M. 2010. *Aloe vera a medicinal plant for thousand treatments*. Nosoooh Publisher, Isfahan, Iran.
- Mumpton, F. 1999. La Roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96 (7): 3463-3470.

- Samadi, A., Sayah, B. and Javadi, J. 2008. Effects of super absorbent polymer (Tarawat A) and drought stress levels on yield and yield components of soybean. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.*, 5(3): 17-23
- Wiedenfeld, B. 2003. Zeolite as a soil amendment for vegetable production in the lower Rio Grande valley. *Subtropical Plant Science.*, 55(3): 7-10.