

مطالعه تغییرات فیتوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ گیاه *Stevia rebaudiana* Bertoni. آبیاری شده با آب شور مغناطیس در استان گلستان

مادح احمدی*^۱، عظیم قاسم نژاد^۲، علیرضا صادقی ماهونک^۳، عباس رضایی اصل^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۴ استادیار، گروه بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۶

چکیده

گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) از جمله گونه‌های ارزشمند دارویی است که مصارف فراوانی در صنایع غذایی و دارویی دارد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات فیتوشیمیایی و مقاومت به شوری استویا و افزایش راندمان مصرف آب شور به کمک میدان مغناطیسی انجام شد. آزمایش با ۴ سطح شوری (صفر، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر مترمربع) و ۳ سطح آب مغناطیس (صفر، ۳۰۰۰ و ۶۰۰۰ گوس) به‌عنوان تیمار در سه تکرار اجرا شد. در شهریور ۱۳۹۳ نمونه‌های برگ گیاه قبل از گلدهی از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جمع‌آوری گردید. ارزیابی پارامترهای فنل کل با استفاده از روش فولین سیوکالتیو، فلاونوئید کل با رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH و قند کل و احیاء به روش فهلینگ اندازه‌گیری شد. نتایج بیانگر اثر معنی‌دار شوری بر میزان فنل و فلاونوئید کل در سطح احتمال ۱ درصد بود، به‌طوری که با افزایش سطح شوری، میزان فنل و فلاونوئید کل کاهش یافت اما اثر آن بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قند کل و احیاء معنی‌دار نبود. پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت تأثیر آب شور مغناطیس شده قرار نگرفت. با این وجود قند کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تیمار اثر متقابل آب شور و شدت میدان مغناطیسی قرار گرفت. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر استویا جزو گیاهان حساس به شوری قرار می‌گیرد که پیش تیمار آب آبیاری با میدان مغناطیسی در این مورد مؤثر نیست.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیس شده، استویا، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، قند، شوری.

واحد آب مصرفی افزایش یابد. یکی از این روش‌ها عبور دادن آب قبل از آبیاری از یک میدان مغناطیسی است که می‌تواند عملکرد آب را افزایش دهد (Duarte Diaz et al., 1997). کاهش کمی و کیفی منابع آب و خاک از موانع جدی چرخه تولید محسوب می‌شوند. استفاده فراوان و نامتعارف از کودها و سموم شیمیایی باعث شوری خاک و تخریب خاکدانه‌ها شده است. بنابراین برای اصلاح خاک و آب و به‌کارگیری آب‌های باکیفیت پایین و افزایش تولید محصول، آگاهی از فنون روز دنیا که به طبیعت ضرر نرسانند، لازم و ضروری است. با این وجود نشان داده شده‌است که عبور آب از میدان مغناطیسی به علت تغییر ساختار قطبی مولکول‌های آب سبب افزایش راندمان جذب آب کم کیفیت می‌شود (Maheshwari and Harsharn, 2009). با استفاده از سامانه آب مغناطیسی و انتخاب گونه مناسب می‌توان جهت اصلاح و توسعه، به تولید پایدار کشاورزی اقدام نمود. بررسی پتانسیل تولید استویا در سطوح مختلف شوری و آب‌شور مغناطیس‌شده بر ترکیبات قندی و آنتی‌اکسیدانی آن می‌توان زمینه را برای ترویج کشت این گیاه در اراضی شور فراهم نماید.

مطالعات متعددی نشان می‌دهد که تیمار مغناطیسی آب آبیاری مزایای بسیاری در بخش کشاورزی مانند افزایش عملکرد، اقتصاد آب، بلوغ زودرس محصولات کشاورزی، کاهش بیماری‌های گیاهی، بهبود کیفیت محصول دارد (Hozayn and Qados, 2010; Suchitra and Babu, 2011). آب مغناطیسی می‌تواند باعث تحریک سیستم دفاعی گیاهان و فعالیت فتوسنتزی آن‌ها شود (Moussa, 2011).

یکی از متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین گروه ترکیب‌های ثانویه در گیاهان، ترکیب‌های فنلی است. عوامل ژنتیکی و اکولوژیکی و اثرات متقابل این عوامل بر

گیاه استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana* Bertoni معروف به برگ عسلی، گیاهی علفی چندساله و دارویی متعلق به تیره آفتابگردان است (Humphrey et al., 2006; Karuppusamy, 2009). دانه‌های استویا بسیار کوچک بوده و وزن هزار دانه آن ۱-۳ گرم است. به دلیل خودناسازگاری بذر، قابلیت جوانه‌زنی پایینی دارد.

تحقیقات متعددی نشان می‌دهند که درصد موفقیت در کشت با قلمه بیشتر است. قند استخراج شده از استویا ۲۰۰-۳۰۰ بار شیرین‌تر از ساکارز ولی فاقد ساخارین و اسپارتام و کالری است (Ojha et al., 2010). بررسی‌ها نشان داد که استویا در ردیف گیاهان حساس به شوری قرار دارد. لذا تحقیق حاضر با هدف تعیین سطح مقاومت استویا به شوری و تأثیر میدان مغناطیس بر افزایش راندمان مصرف آب شور در گیاه استویا از نقطه نظر ترکیبات قندی، فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی انجام شد.

واقع شدن ایران در کمربند خشکی و وجود اراضی شور زیاد در کشور باعث شده که بخش وسیعی از اراضی کشور بدون استفاده باقی بماند شوری بعد از خشکی نیز یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی به شمار می‌آید که به شدت از رشد و نمو گیاهان می‌کاهد (Koocheki et al., 2002). خشکسالی‌های اخیر و تقاضای شدید برای آب در ایران فشار زیادی بر منابع آبی تحمیل کرده است. در این شرایط نیاز است تا کمیت و کیفیت آب حفظ و مدیریتی اعمال گردد تا ریسک تأمین آب در آینده کاهش یابد. در این خصوص باید بهترین راندمان کاربردی در آبیاری که بیشترین مصرف آب را در کشور دارد اعمال شود. یکی از روش‌های که می‌توان کل آب مصرفی برای آبیاری را کاهش داد به‌کارگیری روش‌هایی است که محصول تولیدی به ازای هر

بعد از گذشت ۵ تا ۸ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن‌ها افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان دادن، درون حمام آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از گذشت ۳۰ دقیقه جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV1800) در طول موج ۷۶۰ نانومتر ثبت و با استفاده از فرمول استاندارد اسیدگالیک مقدار فنل کل اندازه‌گیری شد.

$$Y = 0.5381x$$

اندازه‌گیری فلاونوئید کل: برای سنجش میزان فلاونوئید کل به ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب مخلوط بعد از گذشت ۳۰ دقیقه در طول موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به بلانک اندازه‌گیری گردید (دستگاه اسپکتروفتومتر UV1800). میزان فلاونوئید کل عصاره‌ها براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Chang et al., 2002). برای تعیین میزان فلاونوئید کل از فرمول استاندارد کوئرستین استفاده گردید.

$$Y = 0.7735x$$

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد با روش (Miliauskas et al., 2004) DPPH انجام شد. ۲ میلی‌لیتر عصاره متانولی با ۲ میلی‌لیتر محلول متانولی ۰/۰۰۴٪ DPPH مخلوط گردید. محلول کنترل شامل ۲ میلی‌لیتر DPPH و ۲ میلی‌لیتر متانول بود. محلول‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق انکوبه شدند. جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر در مقابل شاهد که مخلوط متانول و DPPH است خوانده شد. درصد مهار رادیکال آزاد (%I) هر عصاره به کمک فرمول زیر محاسبه شد:

$$I\% = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100$$

سنتز این نوع ترکیبات مؤثر هستند. ترکیبات فنلی در طی رشد و نمو با هدایت عوامل ژنتیکی و در پاسخ به محرک‌های محیطی ساخته می‌شوند که از میان آن‌ها می‌توان به لیگنین‌ها، لیگنان‌ها، فنل‌های ساده و اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها اشاره کرد که امروزه با توجه به خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی و ضدسرطانی، بسیار مورد توجه است (Ghasemi, 2009).

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال ۱۳۹۳ به منظور مطالعه‌اثر آب شور و مغناطیس بر صفات بیوشیمیایی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni.) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کامل تصادفی با ۸ تکرار به صورت گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح شوری (۰، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و ۳ سطح آب مغناطیس (۰، ۳۰۰۰ و ۶۰۰۰ گوس) بود. اعمال تیمارها پس از استقرار گیاهان در گلدان صورت گرفت. به منظور تهیه گیاهان آزمایشی، قلمه‌ها در اواخر بهار از گیاهان مادری رشد یافته در مزرعه دانشگاه تهیه و بعد از ریشه‌دار کردن آن‌ها، به گلدان‌ها انتقال داده شدند. پس از ۷۰ روز از انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده، گیاهان برداشت شده و صفاتی چون فنل کل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قند کل و قند احیاء عصاره برگ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فنل کل: فنل کل به روش فولین سیوکالتیو اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک در گرم عصاره بیان شد (Slinkard and Singleton, 1977). به‌طور خلاصه ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره متانولی با ۱/۱۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو مخلوط شد.

۱. هر ۱۰۰۰۰ گوس برابر است با یک تسلا

میلی‌لیتر رساننده شد. سپس به ۵ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های فهلینگ A و B، ۲۵ میلی‌لیتر محلول فوق تا رسیدن به حجم ۴۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه اضافه شد. سپس با محلول استاندارد، تیتراسیون صورت پذیرفت (Feling, 1849). درصد قندهای احیا کننده بعد از هیدرولیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$S_1 = \frac{F \times 250 \times 100}{W \times V \times 50 \times 1000} \times 100$$

W, F و V معانی آزمون قبل را دارند.

نتایج

از آنجا که گیاهان در سطوح شوری ۴ و ۶ دسی‌زیمنس از بین رفتند آنالیز ترکیبات در دو سطح شوری صورت گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان داد که اثر شوری بر صفات شیمیایی اندازه‌گیری شده فنل کل و فلاونوئید کل معنی‌دار بود. اما اثر آب مغناطیس بر پارامترهای اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. با این وجود اثر متقابل سطوح شوری و شدت میدان مغناطیسی استفاده شده برای آب آبیاری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان قند کل عصاره، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد.

اندازه‌گیری قند کل: برای اندازه‌گیری این متغیر از عصاره‌ی آبی گیاه استفاده شد. میزان قند کل بر اساس روش فهلینگ (۱۸۴۹) بررسی گردید.

$$S = \frac{F \times 250}{V \times W \times 1000} \times 100$$

S: گرم قندهای احیا کننده در نمونه

F: عیار فهلینگ

V: حجم محلول استاندارد مصرف شده

W: وزن نمونه

اندازه‌گیری قند احیا: برای تعیین قندهای احیا کننده بعد از فرآیند هیدرولیز به ۵۰ میلی‌لیتر از محلول نمونه‌ی حل شده در آب دیونیزه، ۲ میلی‌لیتر کلریدریک‌اسید غلیظ اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از طی این مدت زمان (۱۰ دقیقه) برای هیدرولیز قند احیا و سرد شدن، در حضور معرف فنل‌فالتین ابتدا با اضافه کردن سدیم هیدروکساید غلیظ و بعد با سدیم هیدروکساید رقیق (۱/۰ نرمال) تا ظهور رنگ ارغوانی ضعیف و خنثی شدن ادامه می‌دهیم (میزان اسیدیته ۸/۲ تا ۸/۵) و بعد از خنثی شدن با اضافه نمودن آب دیونیزه به حجم ۱۰۰

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر آب شور مغناطیس شده بر ترکیبات قندی و آنتی‌اکسیدانی برگ استویا

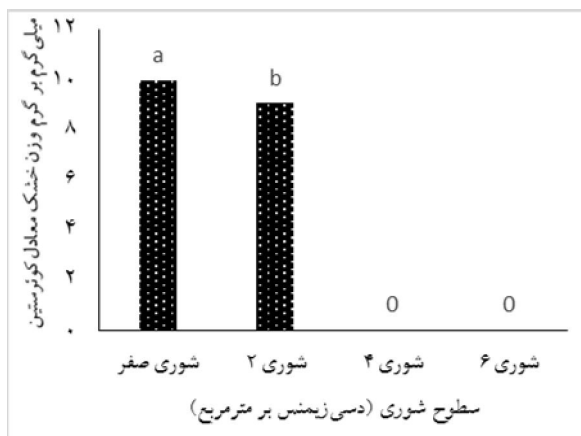
منابع تغییرات	درجه‌آزادی	فنل کل	فلاونوئید کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	قند کل	قند احیاء
شوری	۱	۶۸/۸۶**	۳/۹**	۸۳/۵۳ ^{ns}	۵۰۴/۰۸ ^{ns}	۱۶۱۳/۰۶ ^{ns}
مغناطیس	۲	۱/۸۱ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۶/۰۱ ^{ns}	۶۳۲/۶۲ ^{ns}	۲۵۲/۹۳ ^{ns}
شوری × مغناطیس	۲	۲/۵۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۴۹۰/۸**	۶۴۱۲/۹**	۵۷۹۲/۸۲ ^{ns}
خطا		۳/۲۴	۰/۱۹	۱۹/۷۲	۹۱۷/۶۴	۱۵۸۹/۰۲
ضریب تغییرات		۲۲/۵۵	۴/۵۸	۸/۴۹	۲۴/۷۳	۲۹/۵۲

** و * اثر معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری میزان فنل و فلاونوئید کل کاهش یافت (شکل ۱ و ۲). به طوری که بیشترین و کمترین میزان فنل و فلاونوئید کل به ترتیب در شوری ۰ و ۲

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) شوری اثر معنی‌داری بر میزان فنل و فلاونوئید کل گیاه داشت. اما آب مغناطیس و همچنین اثر متقابل شوری و آب مغناطیس شده بر میزان فنل و فلاونوئید کل

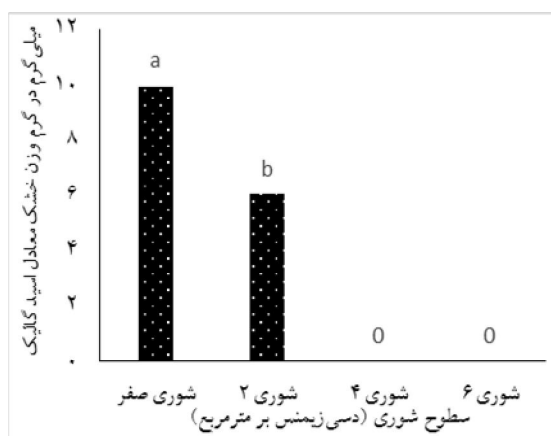
افزایش شدت میدان الکترومغناطیس از یک حد مشخص، اثر کاهشی بر تجمع این مواد دارد.



شکل ۲: اثر سطوح شوری بر میزان فلاونوئید کل

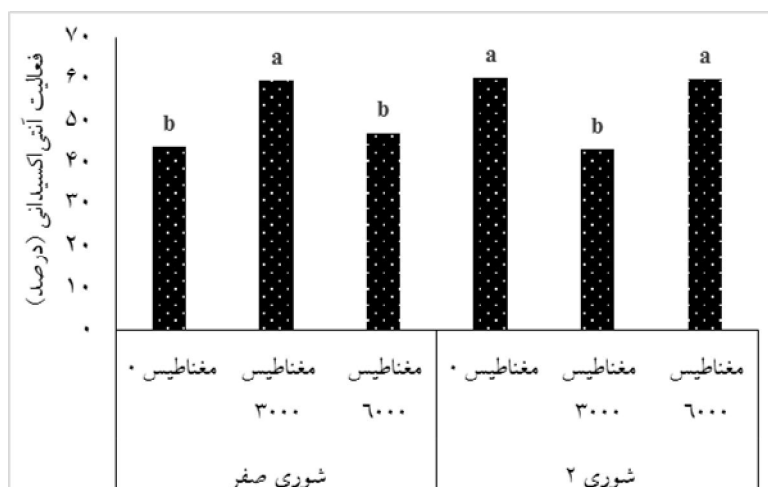
نسبت به شاهد شد با این وجود افزایش سطح شوری، کاهش میزان فلاونوئید کل را در پی داشت. تا جایی که مغناطیسه کردن آب چندان مؤثر به نظر نمی‌رسد. در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس با افزایش شدت مغناطیس آب آبیاری، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. با این وجود افزایش انجام شده نسبت به شاهد کمتر بود. به طور کلی بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به تیمارهای شوری ۲ دسی‌زیمنس با شدت آب مغناطیس ۳۰۰۰ گوس بود.

دسی‌زیمنس مشاهده شد. اگر چه با افزایش شدت میدان الکترومغناطیس میزان فنل و فلاونوئید کل روند افزایشی داشتند، با این وجود به‌نظر می‌رسد که



شکل ۱: اثر سطوح شوری بر میزان فنل کل

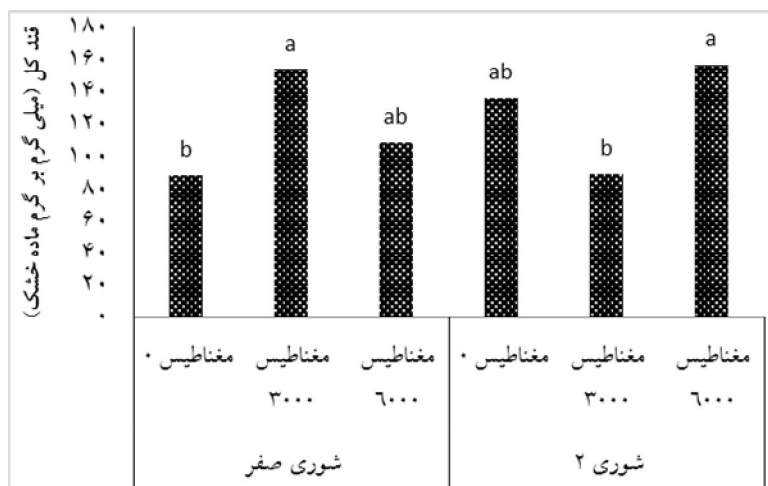
اثر متقابل شوری و مغناطیس در میزان فلاونوئید کل گیاه نشان داد که اثر الکترومغناطیس بر شوری، در هر سطح شوری تا حدی باعث افزایش فلاونوئید کل نتایج حاصل نشان داد که با افزایش سطح شوری فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ افزایش یافت. اما این اختلاف نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. اثر متقابل شوری و الکترومغناطیس (شکل ۳) نشان داد که در شوری صفر، با افزایش شدت مغناطیس، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر شده و بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این سطح شوری مربوط به شدت میدان الکترومغناطیس ۳۰۰۰ گوس (۶۱ درصد) بود.



شکل ۳: اثر متقابل آب شور مغناطیس شده بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه استویا

شدت میدان الکترومغناطیس ۶۰۰۰ گوس به همراه سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بیشترین میزان قند کل مشاهده شده که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد.

مشاهدات نشان دادند که اثر متقابل تیمار شوری و مغناطیس، بر میزان قند کل، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان داد که در تیمار با



شکل ۴: اثر متقابل آب شور مغناطیس شده بر میزان قند کل گیاه استویا

اکسیداتیو ناشی از تنش شوری است و همچنین بیانگر شرکت آن در تشکیل ترکیبات پلی‌فنلی با خاصیت آنٹی‌اکسیدانی قوی‌تر است (شکل ۱). در بررسی که روی اثر شوری خاک بر صفات بیوشیمیایی کنگرفرنگی صورت گرفت گزارش شد که با افزایش شوری خاک، میزان فنل کاهش می‌یابد (Rezazadeh, 2011). پس از افزایش شوری تا حد قابل تحمل (برای گیاهان مختلف متفاوت است و برای گیاه استویا ۲ دسی‌زیمنس بود)، گیاه برای مقابله با ترکیبات اکسیداتیو ناشی از تنش شوری مکانیزم‌های دیگری را فعال نموده که از جمله آن‌ها بیوستنز ترکیبات فنلی است که همسو با متابولیزم ترکیبات فنلی است و یکی از دلایل کاهش فنل کل در سطوح شوری بالاتر می‌باشد. از طرف دیگر می‌توان بیان نمود که از این سطوح شوری به بعد، به دلیل غلبه شوری بر گیاه، مکانیزم‌های مقاومت و همچنین فرآیند سوخت و ساز تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش تدریجی این ترکیبات را در پی خواهد داشت. کاهش

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) در اثرات ساده شوری و آب مغناطیس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما با افزایش شوری میزان قند کل افزایش پیدا کرد. به طوری که بیشترین و کمترین میزان قند کل به ترتیب در تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس و شوری صفر مشاهده شد. با افزایش شدت میدان مغناطیسی اگر چه در سطوح بالاتر میزان قند کل نسبت به شاهد افزایش نسبی داشت، با این وجود اختلاف آن‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. اگرچه با افزایش سطوح شوری و همچنین سطوح آب مغناطیس شده، میزان قند احیا در گیاه استویا افزایش یافت، با این وجود و براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین داده‌ها، اثر شوری و آب مغناطیس و همچنین اثر متقابل این تیمارها بر میزان قند احیا، معنی‌دار نبود.

بحث

کاهش ترکیبات فنلی با افزایش سطح شوری بیانگر حساسیت بالای گیاه در مقابله با ترکیبات

مغناطیس باعث افزایش در پارامترهای بیوشیمیایی از قبیل (کلروفیل، کارتنوئید و فنل کل) می‌شود (Hozayn et al., 2011). تغییر بار الکتریکی مولکول‌های آب (کاتیون‌ها و آنیون‌ها) در میدان‌های مغناطیسی باعث تشکیل مولکول‌های کوچکتر آب، افزایش قدرت حلالیت آب و کاهش درجه سختی آب می‌شود (Fisher et al., 2004).

در سطوح شوری بالاتر مکانیزم‌های دفاعی گیاه در مقابله با استرس شوری متفاوت شده و عمده‌ترین این مکانیزم‌ها بر جذب رادیکال‌های آزاد متمرکز است که نمود بارز آن همسوئی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با سطح شوری است. اثر استرس‌های محیطی در گیاهان از طریق تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مشخص شده است (Michiels et al., 1994). عبور بهتر آب باعث می‌شود که جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه‌های گیاهان به آسانی جذب شود (Barfeet and Reich, 1992). بنابراین همانطور که انتظار می‌رود یکی از مکانیزم‌های تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر سیستم‌های زنده از طریق برهمکنش با مولکول‌ها یا عناصر دارای خاصیت مغناطیسی است که در این میان آهن و مولکول‌های زیستی حاوی آهن، کاندیدای مناسبی برای بررسی این برهمکنش‌ها می‌باشند (Batcioglu et al., 2002). شاید یکی از دلایلی که آب مغناطیس باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود تأثیر میدان الکترومغناطیس بر آب و جذب آسان مواد معدنی و تأثیر بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باشد که در این تحقیق نیز استفاده از میدان مغناطیسی باعث بهبود در پارامترهای مورد بررسی شد. و میدان مغناطیسی تأثیر تنش شوری در گیاه را کاهش داد.

در بررسی که بروی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان انجام شد گزارش کردند که تیمارهای مغناطیس باعث کاهش اثرات تنش شوری در گیاه ریحان شده‌است که

ترکیبات فنلی در شرایط تنش شوری در گیاه فلفل (Navarro et al., 2006) گزارش شده است.

در بررسی که بر روی گیاه کنگر فرنگی صورت گرفت گزارش شد که با افزایش سطوح شوری میزان فنل و فلاونوئید کل کاهش پیدا کرد ولی با اعمال میدان مغناطیسی، در سطح شوری صفر ابتدا میزان این ترکیبات افزایش پیدا کرده و با افزایش سطح شوری میزان این ترکیبات روند نزولی پیدا کرد و اعمال آب مغناطیس تنها باعث کند شدن روند کاهش این ترکیبات گردید و همچنین گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری تا ۶ دسی‌زیمنس در گیاه کنگر فرنگی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش پیدا کرده و با افزایش شدت میدان مغناطیسی، آب مغناطیس شده در ابتدا باعث کاهش و در سطوح بالاتر باعث افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود که این نتایج با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد (Bagherifard, 2013). تغییر فعالیت ترکیبات فنلی مربوط به تأثیر عامل تنش‌زا بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیلایز که یک آنزیم کلیدی در بیوسنتز فنل‌ها است می‌باشد (Dixon and Paiva, 1995).

همچنین در یک بررسی دیگر بر روی گنجر فرنگی گزارش کردند که محتوای ترکیبات پلی‌فنلی برگ کنگر فرنگی تا سطح شوری ۲۵-۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و سپس با افزایش شوری تا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم میزان ترکیبات پلی‌فنلی کاهش یافت و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز با افزایش شوری بالا رفت (Hanan et al., 2008). با این وجود تنش‌ها اثر متضادی روی پلی‌فنل‌ها دارند به دلیل اینکه غلظت پلی‌فنل را در بافت‌ها کاهش و نیز باعث کاهش بیوماس کل می‌شوند (Gaofeng et al., 2010).

در بررسی اثر آب مغناطیسی و آب لوله (بدون اثر مغناطیس) بر رشد نخود فرنگی نشان داده شد که آب

میزان ترکیبات ثانویه از جمله فنل و فلاونوئید تحت تأثیر قرار می‌گیرد که بنابر حساسیت گیاه به شوری این میزان از متابولیت‌های ثانویه می‌تواند افزایش یا کاهش یابد که در گیاه استویا کاهش این روند رو شاهد بودیم همچنین نشان داده شد که تحت تنش شوری مقدار قندهای قابل احیا و غیرقابل احیا و فعالیت سوکروزفسفات سنتزافزایش و فعالیت نشاسته سفریلاز کاهش می‌یابد و از طرفی تنش شوری باعث کاهش کمی عملکرد در گیاه می‌شود اما گیاه از نظر کیفی به دلیل افزایش متابولیت‌های ثانویه در آن سطح بالاتری پیدا می‌کند که در گیاه استویا افزایش کیفیت با افزایش قند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد (Dubey and Singh, 1999; Bagherifard and Hamidoghli, 2015). همچنین گزارش شده است که در برگ‌های گوجه‌فرنگی، مقدار قند محلول و ساکاریدهای کل به طور قابل ملاحظه‌ای در تیمار شوری افزایش یافته، اما مقدار نشاسته تغییر معنی‌داری نداشت (Gao et al., 1998). با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و نتایج دیگر محققین افزایش ترکیبات قندی تحت تنش شوری بیانگر تلاش گیاه برای مقابله با شوری است. اثر شوری در افزایش تجمع قند در بسیاری از گونه‌های گیاهی نظیر چغندر، گوجه‌فرنگی، برنج و توت گزارش شده‌است (Wanichan et al., 2003).

نتیجه‌گیری نهایی

همانگونه که انتظار می‌رفت تحمل به شوری استویا پایین است. به طوری که نمونه‌های تیمار شده با شوری ۲ و بالاتر شدیداً تحت تأثیر غلظت نمک قرار داشتند. نکته جالب توجه اینکه نمونه‌های رشد یافته در $Ec=2$ اگرچه رشد رویشی مناسبی داشتند، اما پس از برداشت مرحله اول برخلاف نمونه‌های شاهد قدرت شاخه‌زایی خود را از دست دادند. نکته مهمتر

دلیل آن می‌تواند احتمالاً به خاطر خنثی شدن بار کاتیون‌های عناصر غذایی توسط میدان مغناطیسی و باقی ماندن آن‌ها در محلول خاک و در نتیجه جذب سریع‌تر آن‌ها توسط گیاه باشد (Banejad et al., 2013).

برای تعادل یونی درواکوتل‌ها و سیتوپلاسم، ترکیبات با وزن مولکولی کم، محلول و سازگار تجمع می‌یابند (Ford, 1984). با تجمع نسبی اسمولات‌ها و تغییر در اسمولاریته در برخی گونه‌ها، محدودیت‌هایی مانند حفظ ساختار و تعادل اسمزی به دنبال ورود آب (یا کاهش خروج) ایجاد می‌شود (Hasegawa et al., 2000). نمونه‌هایی از این ترکیبات شامل پرولین (Singh et al., 2000) و قندها (Bohnert and Jensen, 1996) می‌باشند. طبق نتایج این تحقیق سطوح شوری باعث افزایش قند کل و احیا شد اما افزایش قند کل بصورت چشم‌گیر و معنی‌دار صورت گرفت در حالی که این افزایش در قند احیا معنی‌دار نبود. شوری موجب محدود شدن ذخایر قندهای محلول و در نتیجه اختلال در متابولیسم تنفسی رشد جنین و کاهش هیدرولیز و تبدیل ذخایر غذایی می‌شود (Etesami and Galeshi, 2008). محققان گزارش کردند در شرایط شور مقدار آنزیم رابیسکو کاهش می‌یابد و این باعث می‌شود که عوامل احیاگر (NADPH) به جای احیا قند، مواد دیگری را احیا کنند. نشان داده شد که تحت تنش شوری کربوهیدرات‌هایی مثل قندها (گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان) و نشاسته تجمع می‌یابند و عمل مهم آن محافظت اسمزی، فشار اسمزی، ذخیره کربن و جارو کردن رادیکال‌ها می‌باشد تنش شوری باعث تغییر ساختار قندهایی مثل گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان‌ها در تعدادی از گیاهان می‌شود (Gadallah, 1999) محققین گزارش کردند که در مواقعی که گیاه تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد

5. Batcioglu, K., Ozturk, K., Atalay, S., Dogan, D., Bayri, N., Demirtas, H. 2002. Investigation of time dependent magnetic field effects on superoxide dismutase and catalase activity. *Journal of Biological physics and chemistry*. 2: 108-112.
 6. Bohnert, H.J., Jensen, R.G. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. *Australian Journal of Plant Physiology*. 59: 661-667.
 7. Chang, C., Yang, M., Wen, H., Chern, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10: 178-182.
 8. Dixon, R.A, Paiva, N. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*. 7: 1085-1097.
 9. Duarte Diaz, C.E., Riquenes, J.A., Sotolongo, B., Portuondo, M.A., Quintana, E.O., Perez, R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Horticultural Science Abstracts*. 69: 494.
 10. Dubey, R.S., Singh, A.K. 1999. Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolizing enzymes in rice plants. *Biol. Plant*, 42: 233-239.
 11. Etesami, M., Galeshi, S. 2008. An evaluation reaction of ten genotype of barley in salinity on germination and seedling growth (*Hordeum vulgare* L). *Journal Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(5): 39-46.
 12. Fehling, F. 1849. "Die quantitative Bestimmung von Zucker und Stärkmehl mittelst Kupfervitriol". *Annalen der Chemie und Pharmacie*. 72 (1): 106-113.
 13. Fisher, G., Tausz, M., Kock, M., Grill, D. 2004. Effects of weak 16 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. *Bioelectromagnetics*. 25: 638-641.
 14. Ford, C.W. 1984. Accumulation of low molecular solutes in water stress tropical legumes. *Phytochemistry*, 23: 1007-1015.
- اینکه تغییرات ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و قندی گیاه تحت تأثیر سطوح شوری قرار داشته و به نظر می‌رسد به منظور تنظیم پتانسیل اسمزی در شرایط شوری این ترکیبات کاربرد قابل توجه‌ای دارند. لذا با دست‌کاری شرایط پرورش گیاه به ویژه تنظیم زمان اعمال استرس می‌توان به نتایج مناسبی در عملکرد ترکیبات قندی و آنتی‌اکسیدانی گیاه دست یافت. انتظار بر این بود با توجه به مستندات موجود و براساس نتایج سایر محققین در گیاهان دیگر، استفاده از میدان مغناطیسی تا حدودی بتواند از اثرات شوری بر رشد رویشی گیاه بکاهد. با این وجود اثرات متقابل مشاهده شده بین شدت میدان مغناطیسی و غلظت شوری در برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده بیانگر واکنش مثبت گیاه به استفاده از آب شور مغناطیس شده بوده و مطالعه در این مورد و حصول نتیجه می‌تواند امکان کشت استویا در مناطق فقیر با منابع آبی نامتعارف را نیز فراهم آورد.
- References**
1. Bagherifard, A. 2013. Effect of magnetic saline water on the yield and some quality parameters of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. Master Thesis, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
 2. Bagherifard, A., Hamidoghli, A. 2015. The effect of magnetic saline water on absorption of sodium and potassium in artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. *Journal of Plant Ecophysiology*. 7(23): 176-184.
 3. Banejad, H., Mokari Gahroodi, E., Esnaashari, M., Liaghat, A.M. 2013. Assessment of the interaction of magnetic water and salinity on yield and components of basil plant. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 7(2): 178-183.
 4. Barefoot, R., Reich, C.S. 1992. The calcium factor: The scientific secret of health and youth. South eastern, PA: Triad Marketing, 5th edition.

15. Gadallah, M.A. 1999. Effect of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* response to salt stress. *Biologia Plantarum*, 42: 249-257.
16. Gao, Z.F., Sagi, M., Lips, S.H. 1998. Carbohydrate metabolism in leaves and assimilate partitioning in fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) As affected by salinity. *Plant Science*, 135:149 -159.
17. Gaofeng, Y., Xiaoping, W., Rongfang, G., Qiaomei, W. 2010. Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. *Food Chemistry*, 121: 1014-1019.
18. Ghasemi, A. 2009. Medicinal and Aromatic plants. Islamic Azad University press. ShahreKord, 536. (In Persian)
19. Hanen, F., Ksouri, R., Megdiche, W., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C. 2008. Effect of salinity on growth, leaf-phenolic content and antioxidant scavenging activity in *cynara cardunculus* L. In: Abdelly, C., Ozturk, M. and Ashraf, Y.C. Grignon (Eds). *Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance*. Birkhauser Verlag / Switzerland. P: 335-343.
20. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular response to high salinity. *Annu-Rev, Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51: 463-499.
21. Hozayn, M., Qados, A. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer Arietinum* L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4): 671-676.
22. Hozayn, M., Abdei-Monem, A., Qados, A. 2011. Irrigation with Magnetized Water: A Novel Tool for Improving Crop Production in Egypt. *World Environmental and Water Resources Congress*, 4206-4222.
23. Humphrey, T.V., Richman, A.S., Menassa, R., Jim, E. 2006. Spatial organisation of four enzymes from *Stevia rebaudiana* Bertoni that are involved in steviol glycoside synthesis. *Plant Molecular Biology*, 61: 47-62.
24. Karuppusamy, S. 2009. A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants*, 3(13): 1222-1239.
25. Koocheki, A., Salehi, M., Nassiri, M. 2002. Leaf chlorophyll and N content as indicators of salt tolerance. *International Symposium On Optimum Resources Utilization in Arid and Semi-Arid Regions*, 8-10 April, Cairo- Egypt.
26. Maheshwari, B.L., Harsharn Singh, G. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96: 1229-1236
27. Michiels, C., Raes, M., Toussaint, O., Remacle, J. 1994. Importance of S-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn- SOD for cell survival against oxidative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 17(3): 235-248.
28. Miliuskas, G., Venskutonis, P.R., Vanbeek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85(2): 231-237.
29. Moussa, H.R. 2011. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Science Journal*, 4(6):15-20.
30. Navarro, J.M., Flores, P., Garrido, C., Martinez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as effected by salinity. *Food Chemistry*, 96: 66-73.
31. Ojha, A., Sharma, V.N., Sharma, V. 2010. An efficient protocol for in vitro clonal propagation of natural sweetener plant (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). *African Journal of Plant Science*, 4(8): 319-321.
32. Rezazadeh, A. 2011. Effect of soil salinity (natural condition) and variety on the plant stability and the yield and quality of polyphenol compounds of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. *Master Thesis, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Resources.*

33. Singh, S.K., Sharma, H.C., Goswami, A.M., Datta, S.P., Singh, S.P. 2000. In vitro growth and leaf composition of *grapevine* cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum*, 43: 283-286.
34. Slinkard, K., Singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
35. Suchitra, K., Babu, E.A. 2011. A pilot study on silt magnetized and non-magnetized water in the on-farm water use efficiency management. Centre for Water Resources, Anna University, Chennai, India.
36. Wanichan, p., Kirdmanee, C., Vutyano, C. 2003. Effect of salinity on biochemical and physiological Characteristics in correlation to selection of salt tolerance in Aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *Science Asia*, 29: 333-330.