دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L. تحت تنش آبی)

رسول آذرمی[1]، عسگر عباداللهی[2]

۱- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مسئول مکاتبات، پست الکترونیک r_azarmi@uma.ac.ir

چکیده

در این تحقیق تأثیر سه سطح تنش آبی طولانی مدت (۴۰، ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) برخصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، ترکیب شیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی بادرنجبویه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۴ تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش آبی از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی موجب کاهش محتوای کلروفیل (۱۷/۷ ٪)، هدایت روزنه‌ای برگ (۶۹/۳ ٪) و عملکرد اسانس (۱۷/۶ ٪) شد در حالی که مقدار اسانس (۲۴/۸ ٪)، محتوای فنل کل (۶/۷ ٪) و ظرفیت آنتی اکسیدانت کل (۱۸/۵ ٪) افزایش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی برای رشد و عملکرد اسانس مفید است.

کلمات کلیدی : خشکی، رشد رویشی، اجزاء اسانس، بادرنجبویه

مقدمه

بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) گیاهی علفی، چند ساله و از تیره نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد. برگ گیاه محتوی ۰/۰۵ – ۰/۱۵ درصد اسانس در ماده تر و ۰/۱ – ۰/۴۵ درصد اسانس در ماده خشک می‌باشد(۲۱). متابولیت‌های ثانویه نقش مهمی در فرایندهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی، در تعامل گیاه – حیوان و سازگاری به تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کنند. عوامل محیطی ازقبیل دما، قابلیت دسترسی به آب، نور و عناصر معدنی می‌تواند ترکیب و غلظت این ترکیبات و همچنین خاصیت درمانی گیاه دارویی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از بین انواع مختلف تنش‌ها، تنش آبی در بیشتر مناطق دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک عامل اصلی محدود کننده رشد و نمو گیاهان زراعی و دارویی می‌باشد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تنش آبی با ایجاد اختلال در شرایط بهینه رشد موجب اختلالات متابولیسمی در گیاه می‌شود که در نتیجه آن گونه‌های اکسیژن فعال تولید می‌گردد (۱۴) .گیاهان رشد کرده تحت این شرایط برای مقابله در برابر رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن به تدریج غلظت بیشتری متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات فعال تولید می‌کنند که آنها را از آسیب به فرایند فتوسنتز جلوگیری می‌کند که این ترکیبات علاوه بر محافظت گیاهان، در سلامت انسان کاربرد بالایی دارند (12). Radacsiو همکاران (۱۶) با بررسی تاثیر تنش خشکی مداوم و طولانی مدت در بادرنجبویه گزارش کردند که تنش آبی تولید بیوماس را تا ۶۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول را نسبت به شاهد تا ۵۰ درصد افزایش داد. Zambori و همکاران (۲۰) با بررسی تاثیر ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت آبی خاک در بادرنجبویه گزارش کردند که با تشدید تنش آبی از ۷۰ درصد به ۴۰ درصد تولید بیوماس در گیاه ۴۰۸ درصد و محتوای فنل کل ۱۲ درصد افزایش یافت. هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر تنش خشکی طولانی مدت بر خصوصیات موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی بادرنجبویه و همچنین میزان سازگاری به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و محل رشد

برای انجام آزمایش، بذر گیاه بادرنجبویه با هیپوکلرید سدیم ۱ درصد (NaClO) به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی و سپس سه بار با آب مقطر شسته شد. بذرها در سینی‌های کشت محتوی پیت‌موس در اسفند ۱۳۹۷ در گلخانه کشت و با ظهور پنجمین برگ حقیقی در کرت‌های آماده شده در گلخانه کشت شدند. این تحقیق در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان وابسته به دانشگاه محقق اردبیلی با طول جغرافیائی ′۵۵ °۴۷ شرقی، عرض جغرافیای، ′۳۸ °۳۹ شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۳۲ متر واقع شده است (شکل ۱). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

فسفر ($mg\ L^{-1}$)	pH	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	درصد کربن آلی%	درصد آهک TNV%	چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	چگالی حقیقی ($g\ cm^{-3}$)	سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	بافت
۸/۴۳	۷/۷۶	۲/۴۸	۱/۰۵	۷/۶۴	۱/۵۶	۲/۲۵	۳۶/۳	۳۰/۷	۳۳	لوم شنی

تیمارها و طرح آزمایشی

این تحقیق به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی و با ۴ تکرار در سال ۱۳۹۸ در شرایط گلخانه اجرا گردید. در گلخانه اندازه کرت‌ها به طول سه متر و فاصله بوته‌ها ۴۰ سانی‌متر بود. تیمارهای تنش آبی شامل ۳ سطح ۴۰، ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بودند. که به مدت سه ماه از اوایل اردیبهشت تا آخر تیرماه اعمال گردید.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیکی: برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل اسپد، ۳ برگ بالغ از هر گیاه انتخاب و از هر برگ ۳ بار از نقاط مختلف برگ و در مجموع به تعداد ۹ مرتبه با کلروفیل‌متر اسپد (SPAD Minolta, Japan) قرائت گردید و سپس میانگین آن‌ها، به عنوان شاخص کلروفیل در هر تیمار، ثبت گردید. هدایت روزنه‌ای برگ به‌وسیله دستگاه پرومتر برگ (Eijkelkamps, Neherlands) از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته از ساعت ۱۰ الی ۱۲ بر حسب میلی‌مول برمتر مربع بر ثانیه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانت FRAP : برای تهیه عصاره گیاه، یک گرم از برگ پودر شده به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر گرم اضافه شد وسپس با خیساندن به مدت ۲۴ساعت در شرایط تاریک عصاره گیاهی آماده گردید. برای سنجش مقدار فنل کل ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین- سیوکاتیو ۱۰ درصد مخلوط شد بعد از انکوباسیون به مدت ۱ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۰/۷ مولار اضافه شد. در نهایت میزان جذب در طول موج ۶۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. از اسید گالیک به عنوان استاندارد شیمیایی برای کالیبزاسیون استفاده شد. (۱۹). برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی FRAP یک گرم ماده خشک گیاهی با۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر گرم عصاره‌گیری و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و عصاره حاصل فیلتر گردید. معرف FRAP که حاوی بافر استات سدیم (pH=۳/۶)، تری پیریدیل استریاذین و محلول کلرید آهن به ترتیب با نسبت ۱۰، ۱ و ۱ بود آماده گردید. ده میکرولیتر از عصاره گیاهی به ۱/۵ میلی‌لیتر معرف FRAP و ۴۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه شد و جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر بعد از پنج دقیقه ثبت شد. مقدار FRAP با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه و به صورت میلی گرم اسید اسکوربیک در گرم ماده خشک بیان گردید (۳.).

استخراج اسانس: شاخه‌های گلدار در مرحله گلدهی کامل برداشت و در دمای اطاق و در سایه خشک شدند. استخراج اسانس اندام‌های هوایی با روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت انجام شد. اسانس حاصل تا زمان آنالیز اجزاء شیمیایی در ظرف تیره و در یخچال با دمای چهار درجه سانتیگراد نگهداری شد. روغن‌های اسانس حاصل توسط محلول هگزان جمع آوری و سپس توسط سولفات سدیم آبگیری شد.

آنالیز آماری: ارزیابی آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS Statistical version 21، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و ترسیم شکل با Excel 2010 صورت گرفت.

نتایج و بحث

تاثیر تنش آبی بر خصوصیات مورفولوژیکی بادرنجبویه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره داشت. اما قطر میان‌گره و تعداد شاخه‌های جانبی متأثر از تنش خشکی قرار نگرفت (جدول ۲). ارتفاع گیاه با تشدید تنش آبی از ۶۰ درصد به ۴۰ درصد ظرفیت زرعی در حدود ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). کاهش ارتفاع بوته تحت تنش خشکی می‌تواند ناشی از کاهش انبساط سلول در اثر کاهش فشار تورژسانس سلول و یا از طریق انتقال محدود مواد در اثر انسداد آوند چوب و آبکش باشد (۷). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تنش آبی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی وزن تر و خشک شاخساره را به ترتیب ۵۸/۹ و ۵۴ درصد نسبت به گیاهان شاهد آبیاری شده با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش داد (جدول ۳). در حالی که تحت تنش آبی شدید وزن تر و خشک ریشه به ترتیب ۲۴/۷ و ۳۰/۸ درصد نسبت به گیاهان تحت تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). بنابراین در شرایط تنش آبی شدید کاهش رشد ریشه نصف رشد شاخساره بود که این بیانگر آن است که حساسیت شاخساره بادرنجبویه نسبت به تنش خشکی بیشتر از ریشه می‌باشد. کمبود آب در گیاهان باعث کاهش رشد و نمو سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها می‌شود (۱۷). به طور کلی در شرایط خشکسالی گیاهان جذب آب را از طریق نفوذ بیشتر ریشه‌ها به عمق پایین خاک و یا از طریق فعال نمودن مسیرهای مولکولی و بیوشیمیایی انتقال آب را بهبود می‌بخشند (۶). از آنجائیکه بیشترین مقدار اسانس در برگ‌ها و ساقه تجمع می‌یابد بنابراین کاهش شاخساره باعث کاهش عملکرد اسانس می‌شود. گیاهان با توجه به مکانیسم‌های بیوشیمیایی و بیولوژیکی خود، به تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند این مکانیسم‌ها تعیین می‌کند که گیاه منابع خود را برای رشد و یا تولید متابولیسم‌های ثانویه اختصاص دهند. تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه برای بهبود سیستم دفاعی گیاهان باعث می‌شود که گیاهان نتوانند وظایف اصلی خود را انجام دهند (۲۰). نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که تنش خشکی، رشد ریشه و در نتیجه آن، وزن ریشه را کاهش می‌دهد. گیاه در شرایط خشکی ترجیح می دهد بیشتر مواد فتوسنتزی خود را به ریشه اختصاص دهد تا اینکه این مواد را در ساقه و اندام‌های هوایی ذخیره کند زیرا با این عمل توانایی ریشه برای جذب مقدار بیشتری از آب موجود حفظ خواهد شد (۱). با توجه به این که یکی از راهکارهای اصلی گیاه برای مقابله با تنش خشکی افزایش توسعه ریشه است حجم ریشه می‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب ارقام متحمل از حساس باشد (۱۰).

جدول ۲-تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و اسانس گیاه بادرنجبویه تحت سطوح مختلف تنش آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل	هدایت روزنه‌ای	درصد اسانس	محتوای فنل کل	فعالیت آنتی اکسیدانت DPPH
بلوک	۳	۴۵/۶۷	۵۹/۴	$۲/۰۳۱\times۱۰^{-۵}$	۳۰۹	۵۳۵/۸
تیمار	۲	۶۵/۸۱$^{□□}$	۶۶۰۳$^{□□}$	۰/۰۰۳$^{□□}$	۱۷۹۲$^{□□}$	۲۴۱۶$^{□}$

خطا	۶	۰/۷۲۱	۱۲/۵	$۸/۸۶۴\times۱۰^{-۵}$	۹۷/۲	۳۹۴/۲
ضریب تغییرات (٪)		۲	۱۲/۷	۱/۳	۲	۰/۷

ns: غیر معنی‌دار، □ و □□ به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و اسانس بادرنجبویه تحت تنش آبی مختلف

صفات	تیمار (ظرفیت زراعی)		
	٪ ۹۰	٪۶۰	٪۴۰
کلروفیل (شاخص SPAD)	۴۴/۸۶ a	۴۱/۹۷ b	۳۶/۸۵ c
هدایت روزنه‌ای(میلی مول در متر مربع در ثانیه)	۹۵/۰۷ a	۳۱/۹۰ b	۲۵/۲۹ b
درصد اسانس(%)	۰/۲۰۴۵ c	۰/۲۲۲۵b	۰/۲۵۶۲ a
محتوای فنل کل(میلی گرم اسید گالیک در گرم ماده خشک)	۴۵۲ b	۴۴۵ b	۴۸۵a
فعالیت آنتی اکسیدانت FRAP(میلی گرم اسید اسکوربیک در گرم ماده خشک)	۱۹۹/۶ b	۲۰۵/۶b	۲۴۴/۸۵a

در هر ستون میانگین‌های با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ ٪تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

تاثیر تنش آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی بادرنجبویه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ به طور معنی‌داری متأثر از تنش آبی قرار گرفت (جدول ۱). به طوری که با تشدید تنش آبی محتوای کلروفیل برگ کاهش یافت (جدول ۳). کاهش در محتوای کلروفیل در شرایط تنش آبی در مطالعات مختلف گزارش شده است (۸). کاهش غلظت کلروفیل تحت تنش آبی ممکن است یا ناشی از کاهش میزان سبزینه، به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد است که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شود و یا اینکه برای به حداقل رساندن جذب نور توسط کلروپلاست باشد (۱۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که هدایت روزنه‌ای برگ در گیاهان آبیاری شده در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه در حدود ۳۲۵ درصد بیشتر از گیاهان تحت تنش آبی ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه بود (جدول ۳). نتایج این تحقیق همسو با یافته‌هایCaser و همکاران (۵) بود و آن‌ها نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک هدایت روزنه‌ای

کاهش پیدا می کند. هدایت روزنه‌ای تعرق را کاهش داده و نقش مهمی در تنظیم تعادل آب گیاه ایفا می‌کند همچنین کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش انبساط سلولی و میزان رشد گیاه می‌شود. بیشتر محققین بر این باور هستند که اولین واکنش در بیشتر گیاهان در معرض تنش خشکی شدید بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از اتلاف آب می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز هدایت روزنه‌ای در تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به شدت کاهش یافته بود.

تاثیر تنش آبی بر محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانتی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، محتوای فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانیFRAP، به طور معنی‌داری متأثر از تنش آبی قرار گرفت (جدول ۴). به طوری که بیشترین محتوای فنل کل در تنش آبی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به ثبت رسید که ۶/۷ درصد نسبت به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش نشان داد (جدول ۳). فعالیت آنتی‌اکسیدانیFRAP با تشدید تنش آبی از۹۰ درصد به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه افزایش یافت. Nemeth و همکاران (۱۳) دریافتند که محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در برگ بادرنجبویه در شرایط تنش آبی افزایش قابل توجهی داشت. تنش آبی با کاهش انتقال قند محلول در سلول‌ها موجب افزایش مواد فنلی می‌شود که این امر ممکن است ناشی از افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در سلول گیاه باشد (۹). تنش خشکی باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود که در آن گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شود. افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانت برای جلوگیری از آسیب تنش باعث مقاومت گیاهان در برابر گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۴). در تحقیق حاضر فعالیت آنتی اکسیدانت در تنش آبی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش نشان داد.

تاثیر تنش آبی درصد اسانس بادرنجبویه

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس داشت. به‌طوری که بیشترین درصد اسانس (۰/۲۵۶ درصد) در تنش آبی ۴۰ درصد و کمترین درصد اسانس (۰/۲۰۵ درصد) در تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زاعی تولید شد که نشان از افزایش۲۴/۸ درصدی اسانس در تنش آبی شدید دارد (۳). در بیشتر تحقیقات انجام شده درصد اسانس بادرنجبویه در شرایط کمبود آب افزایش یافت (۲). افزایش مقدار اسانس در تنش آبی شدید ممکن است به خاطر تراکم بیشتر غده‌های روغنی در اثر کاهش سطح برگ و همچنین تولید بیشتر ترپن در اثر اختصاص کمتر کربن برای رشد باشد (۱۸).

نتیجه‌گیری

از نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زارعی به طور معنی‌داری رشد و عملکرد بادرنجبویه را کاهش داد. تولید بیشترین عملکرد اسانس در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نشان می‌دهد که در بادرنجبویه می‌توان از تنش خشکی استفاده کرد تا ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب اسانس بیشتری نیز تولید کرد.

1. Asseng, A., Ritchia, J.T. and Smuchker, A.J.M. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant Soil, 201: 265-273.
2. Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2014. Effect of water stress on productivity and essential oil content and composition of *Thymus carmanicus*, Journal of Essential Oil Bearing Plants, 17:5, 717-725.
3. Benzie, I. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239: 70–76.
4. Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science, 164: 77–84.
5. Caser, M., Scariot, V., Gaino, W., Larcher, F. and Devecchi, M. 2013. The effects of sodium chloride on the aesthetic value of *Buxus* spp. European Journal of Horticultural Science, 78:153–159.
6. Comas, L., Becker, S., Cruz, V.M.V., Byrne, P.F. and Dierig, D.A. 2013. Root traits contributing to plant productivity under drought. Frontiers in Plant Science, 4 (442).
7. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.
8. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W. and Zarrouk, M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulture, 119: 257–263.
9. Jaafar, H.Z.E., Ibrahim, M.H. and Karimi, E. 2012. Phenolic and flavonoids compounds, phenyl nine ammonia lyase and antioxidant activity responses to elevated CO_2 in *Labisia pumila* (Myrisinaceae). Molecules, 17: 6331–6347.
10. Kamalizadeh, M., · Bihamta, M. and · Zarei1, A. 2019. Drought stress and TiO_2 nanoparticles affect the composition of different active compounds in the Moldavian dragonhead plant. Acta Physiologiae Plantarum, 41:21.
11. Keshavarznia, R., Shahbazi, M., Mohamadi, V., Hosseini Salkadeg, Gh., Ahmadi, A. Mohsenifard, A. 2016. The role of root structure and physiological traits of barley in response to drought stress. Iranian Crop Science, 45(4): 553-563.
12. Ma, D., Sun, D., Wang, C., Li, Y. and Guo, T. 2014. Expression of flavonoid biosynthesis genes and accumulation of flavonoid in wheat leaves in response to drought stress. Plant Physiology and Biochemistry, 80: 60-66.
13. Nemeth-Zambori1, E., Szabo, K., Rajhart, P., Inotai, K., Seidler-Lozykowska, K. and Radacsi, P. 2017. Variability of phenolic componds of four aromatic *Lamiaceae* species in consequence of different water supply. Acta Scientiarum Polonium Hortorum Cultus, 16(4): 13–24.
14. Nickavar, B., Kamalinejad, M., Haj-Yahya, M. and Shafagh, B. 2006. Comparison of the free radical scavenging activity of six Iranian Achillea species. Pharmaceutical Biology, 44: 208-212.
15. Pastenes, C., Pimentel, P.and Lillo, J. 2005. Leaf movements and photoinhibition in relation to water stress in field-grown beans. Journal of Experimental Botany, 56:425–433.
16. Radacsi, P., Szabo, K., Szabo, D., Trocsanyi, E. and Nemeth-Zambori E. 2016. Effect of water deficit on yield and quality of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Zemdirbyste-Agriculture, 4 (103): 385–390.
17. Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A. and Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331: 215-225.
18. Simon, J.E., Reiss-Buhenheinra, D., Joly, R.J. and Charles, D.J. 1992. Water stress induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Resourse, 4: 71-75.

19. Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colometric of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144–158.
20. Zambori, E., Pluhar, Z., Szabo, K., Malekzadeh, M. and Radacsi, P. 2016. Effect of water supply on growth and polyphenols of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L,). Acta Biologica Hungarica, 67(1): 64–74.
21. Zargari, A. 1990. Medicinal plants, vol IV. Tehran University Press, Tehran