"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦

اثر تنش گرما بر رشد و خصوصیات گیاهی سه رقم تجاری چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

Effect of heat stress on growth and plant characteristics of three commercial sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars

محمد مالمیر[1]، رحیم محمدیان[2]، علی سروش زاده[3]، علی مختصی بیدگلی[4] و محمد عبداللهیان نوقابی[5]

چکیده

مالمیر، م.، ر. محمدیان، ع. سروش زاده، ع. مختصی بیدگلی و م. عبداللهیان نوقابی. ١٣٩٦. اثر تنش گرما بر رشد و خصوصیات گیاهی سه رقم تجاری چغندرقند (*Beta vulgaris* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ١٩(٤): ٣٦٢-٣٤٩.**

جهت ارزیابی عکس‌العمل سه رقم تجارتی چغندرقند (آریا، رزافلور و پایا) به تنش گرما، آزمایشی در سال‌های ١٣٩٤ و ١٣٩٥ به صورت آزمایشگاهی (٤٤-٢٠ درجه سانتی‌گراد) با چهار تکرار و گلخانه‌ای (٣٠ درجه سانتی‌گراد) با پنج تکرار در قالب فاکتوریل و به صورت طرح کاملاً تصادفی در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (کرج) اجرا شد. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی هر سه رقم در دمای ٣٢ درجه سانتی‌گراد، شدیداً کاهش یافت و در دمای ٣٨ درجه سانتی‌گراد هیچ‌گونه جوانه‌زنی طبیعی صورت نگرفت. حداکثر جوانه‌زنی رقم رزافلور و آریا در دمای ٢٠ درجه سانتی‌گراد، و برای رقم پایا در دمای ٢٦ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. رقم پایا کمترین (٤١ درصد) و رقم آریا بیشترین (٦٥ درصد) کاهش جوانه‌زنی در دمای ٣٢ درجه سانتی‌گراد را در مقایسه با حداکثر میزان جوانه‌زنی خود داشتند. در آزمایش گلخانه‌ای، نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که رقم رزافلور از نظر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم٢ (Fv/Fm)، وزن خشک کل بوته، شاخص سبزینگی برگ و درصد ظهور گیاهچه برتر بود و رقم پایا از نظر سطح برگ، وزن تر کل بوته، هدایت روزنه‌ای، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و کاهش دمای برگ بر سایر ارقام برتری داشت. ارقام چغندر قند از نظر صفات سطح برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم٢ (Fv/Fm) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. رقم پایا دارای وزن تر، سطح برگ، و هدایت روزنه‌ای بالاتری بوده و بر اثر تعرق، دمای سطح برگ آن به میزان بیشتری کاهش یافت. رقم رزافلور از نظر وزن خشک نسبت به سایر ارقام برتر بود. بر اساس نتایج بدست آمده از دو آزمایش، به نظر می‌رسد که ارقام رزافلور و پایا نسبت به رقم آریا، تحمل بیشتری به تنش دمای بالا در مراحل ابتدایی رشد دارند.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، تجزیه به مولفه‌های اصلی، چغندرقند، کاهش دمای برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم٢ .

تاریخ دریافت: ١٣٩٦/٠٥/١٧ تاریخ پذیرش: ١٣٩٦//١١//٠٢ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

١- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
٢- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: r_mohammadian@hotmail.com)
٣- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
٤- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
٥- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

مقدمه

در سال‌های اخیر، وقوع تنش‌های غیرزیستی در اثر تغییر اقلیم به عنوان یک چالش برای رشد و نمو گیاهان مطرح شده است (Bellard *et al*., 2012). گیاهان توانایی جابجایی به مناطق مساعدتر در شرایط تنش را ندارند، به همین دلیل فرآیندهای رشد و نمو آن‌ها تحت تاثیر محیط قرار گرفته وناگزیر باید با تغییرات محیطی، سازگار شوند (Bindi and Olesen, 2011; Pereira, 2016). بر اساس گزارش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی، شرایط محیطی گرم و خشک در بسیاری از مناطق در حال گسترش است. تنش گرما یکی از مشکلات کشاورزی در دنیا محسوب می‌شود (Jha *et al*., 2014) که باعث کاهش رشد و عملکردگیاهان زراعی به دلیل گستردگی پاسخ گیاهان به تغییرات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی می‌شود (Zandalinas *et al*., 2018)، بنابراین اصلاح و معرفی ارقام متحمل به گرما از اهمیت خاصی برخوردار است. سازوکارهای تحمل به تنش گرما به طور کامل شناسایی نشده‌اند و روش‌های غربال ژنوتیپ‌های متحمل به طور کامل توسعه نیافته است (Ober and Rajabi, 2010). ژنوتیپ‌های گیاهی با توجه به ساختار ژنتیکی و سازگاری، در شرایط مشابه عکس‌العمل متفاوتی به عوامل محیطی زیستی و غیرزیستی نشان می‌دهند (DesMarais *et al*., 2013). شناخت اثرات متقابل تنش‌های محیطی با فرآیندهای فیزیولوژیکی موثر در بهره‌وری گیاهان زراعی با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته جهت سازگار کردن گیاهان با تنش‌های محیطی ضروری است. معمولا انتخاب گیاهان پرمحصول‌تر، منجر به تولید بیشتر در شرایط تنش نمی‌شود و تنوع طبیعی، منبع ژنتیکی مناسبی برای سازگاری با تنش‌های غیر زیستی محسوب می‌شود (Pereira, 2016).

جوانه‌زنی یک مرحله نموی مهم در چرخه زندگی گیاه است که دارای نقش کلیدی در استقرار گیاهچه و سازگاری به محیط است (Donohue *et al*., 2010; Wen, 2015). ویژگی‌های بذر از جمله بنیه بذر، یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر عملکرد است (Siddique and Wright, 2004). گیاهان به دلیل آسیب ناشی از تنش‌های محیطی (از جمله خشکی) به تقسیم و تمایز سلولی در مراحل اولیه رشد، بسیار حساس هستند (Anjum *et al*., 2003). شرایط تنش‌زای محیطی از جمله کمبود آب، گرما، دمای پایین و شوری با تحت تاثیر قرار دادن میزان فتوسنتز، توسعه برگ، رشد ریشه و تجمع ساکارز در چغندرقند باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی آن می‌شوند. بنابراین برای افزایش تولید و سود کشاورزان، لازم است ارقام چغندرقند متحمل به تنش‌های غیرزیستی شناسایی شوند. تنش گرما باعث بسته شدن روزنه‌ها و افزایش دمای برگ در گیاهان می‌شود (Rizhsky *et al*., 2002; Zandalinas *et al*., 2018). صفاتی از قبیل زیست توده، کاهش دمای پوشش گیاهی، شاخص سبزینگی برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm)، به عنوان صفاتی قابل اعتماد برای غربال ژنوتیپ‌های گندم متحمل به گرما معرفی شده‌اند (Nagar *et al*.,2015). علاوه بر این در ژنوتیپ‌های چغندرقند در شرایط تنش خشکی کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ تحت تاثیر قرار گرفته (Mohammadian *et al*., 2003) و همان‌طور که ژائو و همکاران (Zhou *et al*., 2015) اعلام کردند این شاخص یک ابزار موثر برای شناسایی زودهنگام تنش گرما است. فتوسنتز مهم‌ترین فرآیند بیولوژیکی است که در اثر تنش گرما تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Buchner *et al*., 2015). فلورسانس کلروفیل، یک شاخص مهم در پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی محسوب شده و اندازه‌گیری این شاخص به کامل شدن نتایج تحقیقات کمک زیادی می‌کند (Maxwell and Johnson, 2000). تنش‌های محیطی با وارد کردن آسیب به فتوسیستم۲ و ایجاد بی‌ثباتی در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

آنزیم روبیسکو، باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شوند(Zandalinas *et al*., 2018). خوشبختانه به نظر می‌رسد که تنوع ژنتیکی بالایی در تحمل به تنش‌های محیطی در ژرم‌پلاسم‌های چغندرقند وجود دارد (Ober and Rajabi, 2010)، با این وجود تحقیقات اندکی در ارتباط با شناسایی ارقام چغندرقند متحمل به تنش گرما انجام شده است. از طرف دیگر کشت و تولید چغندرقند در مناطق گرمسیری و کشت تابستانه مورد توجه قرارگرفته است، بنابراین ارزیابی عکس‌العمل ارقام مختلف داخلی و خارجی چغندرقند نسبت به تنش گرما در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه جهت شناسایی صفات موثر بر تحمل تنش گرما از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از این تحقیق بررسی رفتار جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام چغندرقند و عکس‌العمل صفات فیزیولوژیکی و شاخص‌های رشد آنها در شرایط دمای بالا بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (کرج) به منظورارزیابی عکس‌العمل دو رقم چغندرقند داخلی آریا (مقاوم به ریزومانیا و نماتد) و پایا (متحمل به تنش کم آبی) و رقم خارجی رزافلور (Rosaflor) (متحمل به تنش گرما بر اساس اظهار شرکت تولید کننده رقم (Kuhn & Co.))، نسبت به تنش گرما در مراحل ابتدایی رشد در دو بخش آزمایشگاهی (در سال ۱۳۹۴) و گلخانه‌ای (در سال ۱۳۹۵) اجرا شد. ارقام ایرانی آریا و پایا، سطح زیر کشت نسبتا گسترده و عملکرد قابل قبولی (به ترتیب در شرایط آلودگی به بیماری و تنش کمبود آب) در مناطق مختلف چغندرکاری کشور دارند. بذرهای ارقام چغندرقند ابتدا در دمای ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹، ۳۲، ۳۵، ۳۸، ۴۱ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد از نظر صفات جوانه‌زنی مورد ارزیابی قرار گرفتند (Jalilian *et al*., 2005). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد.

بذرهای ارقام چغندرقند از موسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند(کرج) تهیه وبر اساس دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) به مدت چهار ساعت شست‌وشو (ISTA, 2010) و سپس با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام ۷۵ درصد (دو گرم بر لیتر) ضدعفونی شدند. برای بررسی جوانه‌زنی بذرها، ۵۰ عدد بذردر کاغذ چین‌دارچیده شده وسپس یک کاغذ دیگر دور آن پیچیده و درون ظروف پلاستیکی مخصوص جوانه‌زنی به ابعاد ۱۵×۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷ سانتی‌متر قرار داده شد. ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی کاغذهای درون ظروف پاشیده شده و سپس در داخل ژرمیناتور قرار داده شدند. بر اساس دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون بذر، مدت زمان آزمون جوانه‌زنی بذر چغندرقند ۱۴ روز است، لیکن با توجه به تجارتی بودن ارقام و مشاهدات قبلی که اکثر بذور دارای جوانه طبیعی، در مدت هفت روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی هستند، مدت جوانه‌زنی هفت روز در نظر گرفته شد و پس از آن، بذرها به سه گروه جوانه طبیعی، جوانه غیرطبیعی و جوانه‌نزده (ISTA, 2010) تفکیک شدند.

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشگاه و با توجه به اینکه در دمای حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی ارقام چغندرقند به شدت کاهش یافت و همچنین با توجه به اینکه میانگین ۲۰ ساله دمای ماهانه گرم‌ترین ماه سال در کرج، حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (آمار هواشناسی سازمان هواشناسی کشور)، به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل ارقام چغندرقند در مراحل سبز شدن و استقرار گیاهچه (مرحله ۶-۴ برگی) دراین دما، آزمایشی به صورت طرح کاملا" تصادفی با پنج تکرار در گلخانه مکانیزه موسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند (کرج)اجرا شد. این آزمایش در دو نوبت تکرار شد و با توجه به کنترل دمایی بهتر در نوبت دوم، از اطلاعات این مرحله استفاده شد. در طول اجرای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

آزمایش، دمای گلخانه در ساعات مختلف شبانه روز با استفاده از دماسنج حداقل و حداکثر کنترل و از یکنواختی دما در قسمت‌های مختلف گلخانه اطمینان حاصل شد. تعداد ۱۰ عدد بذر در گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع حدود ۱۷ سانتی‌متر که با خاک مزرعه (با محتوای ماده آلی ۱/۴۸ درصد و هدایت الکتریکی ۱/۰۷۷ دسی‌زیمنس بر متر)، پر شده بودند، کاشته شد. جهت رعایت یکنواختی مواد آزمایشی در آزمایشگاه و گلخانه، بذرهایی که در این مرحله استفاده شد، همان توده‌های بذری بود که جهت اجرای آزمایش جوانه‌زنی در آزمایشگاه استفاده شده بود. در مرحله دو برگی، گیاهچه‌های داخل گلدان‌ها تنک شد و یک بوته در هر گلدان نگه داشته شد. جهت جلوگیری از تعدیل حرارتی و اجتناب از تنش خشکی، آبیاری به صورت قطره‌ای و در هر روز انجام شد. در مرحله ۶-۴ برگی صفات میزان سبزینگی برگ (با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD502, Minolta, Japan)، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm) (Walz GmbH Eichenring, 691090 Effeltrich, Germany) و تبادلات گازی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی (Li-6400, Li-CorInc, Lincoln, NE., USA) بین ساعات ۱۴-۱۲ اندازه‌گیری شد. وزن ترو سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta- T Devices LTD, Burwell, Cambridge, England) بلافاصله، و وزن خشک پس از خشکاندن نمونه‌ها در آون الکتریکی به مدت ۷۲ ساعت در دمای۷۵ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. کاهش دمای برگ (LeafTemperatureDepression; LTD) با استفاده از اختلاف دمای سطح برگ و دمای هوای پیرامون اندازه‌گیری شده توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی و کارایی مصرف آب نیز از نسبت فتوسنتز به تعرق محاسبه شد. نسبت سطح برگ (Leaf Area Ratio; LAR) با استفاده از نسبت سطح برگ به وزن خشک کل بوته و سطح ویژه برگ (Specific Leaf Area; SAL) با استفاده از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ محاسبه شدند. جهت شناسایی ارتباط بین صفات گیاهی و ارقام چغندرقند مورد مطالعه از تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم منحنی بای‌پلات استفاده شد. تجزیه آماری با استفاده نرم‌فزار SAS ver9.1 و Minitab ver17 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

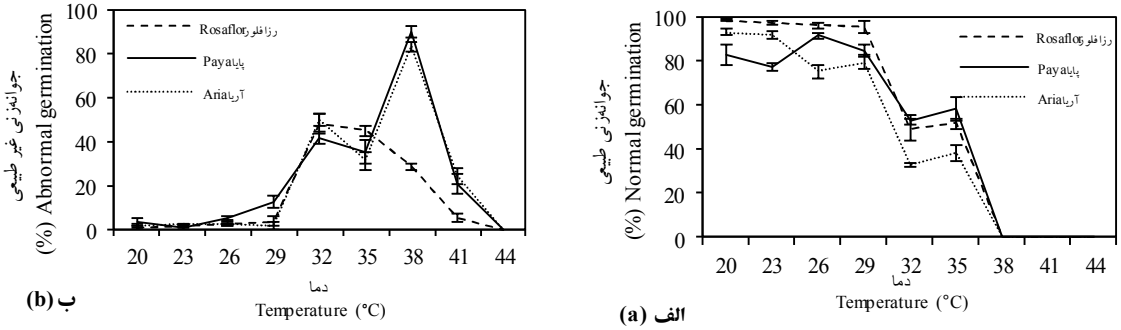
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، دما و اثر متقابل رقم× دما بر درصد جوانه‌زنی طبیعی و غیرطبیعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. درصد جوانه‌زنی طبیعی با افزایش دما روند کاهشی داشت، ولی واکنش ارقام به افزایش دما متفاوت بود (شکل ۱- الف). بالاترین درصد جوانه‌زنی(۹۹ درصد) در بین ارقام چغندرقند مربوط به رقم رزافلور بود که در دمای۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و رقم آریا با میانگین ۹۳/۵ درصد در رتبه بعدی قرار گرفت. حداکثر درصد جوانه‌زنی رقم پایا در دمای۲۶ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۹۲ درصد حاصل شدکه با میانگین جوانه‌زنی این رقم در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری داشت. دررقم آریا با افزایش درجه حرارت (۲۶ درجه سانتی‌گراد)، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (حدود ۱۵ درصد نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد). افت شدید درصد جوانه‌زنی در هر سه رقم در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. کاهش درصد جوانه‌زنی در ارقام رزافلور، پایا و آریا در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به حداکثر درصد جوانه‌زنی هریک از ارقام، به ترتیب ۵۰، ۴۱ و ۶۵ درصد بود.

در دماهای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، هیچ‌گونه جوانه‌زنی طبیعی مشاهده نشد (شکل ۱- الف). با

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

افزایش دما، درصد جوانه‌زنی غیرطبیعی ارقام چغندرقند افزایش یافت، اگرچه مقدار آن تا دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد بسیار کم بود، (شکل ۱- ب) مقدار آن در رقم پایا نسبت به رقم رزافلور و آریا بیشتر بود. در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد که هیچ‌گونه جوانه‌زنی طبیعی اتفاق نیفتاده بود، رقم رزافلور کمترین درصد جوانه‌زنی غیرطبیعی را داشت (۲۸/۵ درصد)، در حالی که ارقام پایا و آریا در این دما به ترتیب با میانگین‌های ۹۰/۵ درصد و ۸۳/۵ درصد، بیشترین مقدار جوانه‌زنی غیرطبیعی داشتند. روند مشابهی در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد نیز مشاهده شد (شکل ۱- ب)، ولی در دمای۴۴ درجه سانتی‌گراد، هیچ‌گونه جوانه‌زنی (طبیعی و غیرطبیعی) صورت نگرفت. دما بر فعالیت هورمون‌ها از جمله هورمون‌های موثر در جوانه‌زنی بذر مانند آبسزیک اسید و جیبرلین تاثیر دارد (Bialek *et al*., 1992; Hentrich *et al*., 2013). در دمای بالا کاهش میزان اکسین باعث تقلیل تقسیم سلولی (Gray *et al*., 1988) و افزایش تعداد جوانه‌های غیرطبیعی می‌شود. در رقم رزافلور با افزایش درجه حرارت، تغییر از جوانه‌زنی طبیعی به عدم جوانه‌زنی، سریع‌تر از دو رقم دیگر صورت گرفت. در ارقام ایرانی با افزایش دما، ابتدا تعداد جوانه‌های غیرطبیعی افزایش یافته و بعد از آن کاهش جوانه‌زنی اتفاق افتاد. بر اساس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، ارقام پایاو رزافلور نسبت به رقم آریا از تحمل بیشتری نسبت به دمای بالا برخوردار بودند. گزارش شده است که از شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه‌ای می توان به‌عنوان معیارهای ارزیابی ژنوتیپ‌های گیاهی در برنامه‌های اصلاحی برای تحمل تنش‌های محیطی استفاده کرد (Sadeghian and Yavari, 2004).



شکل ۱- جوانه‌زنی طبیعی (الف) و غیرطبیعی (ب) بذر ارقام چغندرقند در تیمار دماهای جوانه‌زنی. میله‌های عمودی نشان دهنده خطای استاندارد هستند

Fig. 1. Normal (a) and abnormal seed germination (b) of sugar beet cultivars in temperature treatments. Vertical bars shows standard deviation

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر درصد ظهور گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. درصد ظهور گیاهچه دو رقم رزافلور و آریا با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند و نسبت به رقم پایا برتر بودند (به ترتیب ۹۶، ۹۲ و ۷۲ درصد) (شکل ۲- الف). رقم پایا که در شرایط آزمایشگاهی بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشت، کمترین درصد ظهور گیاهچه در شرایط گلخانه را دارا بود. جنسن (Jensen, 2004) دلیل این موضوع را این طور عنوان کرده است که ممکن است بذرها جوانه زده ولی قبل از ظهور از بین رفته باشند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر وزن تر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

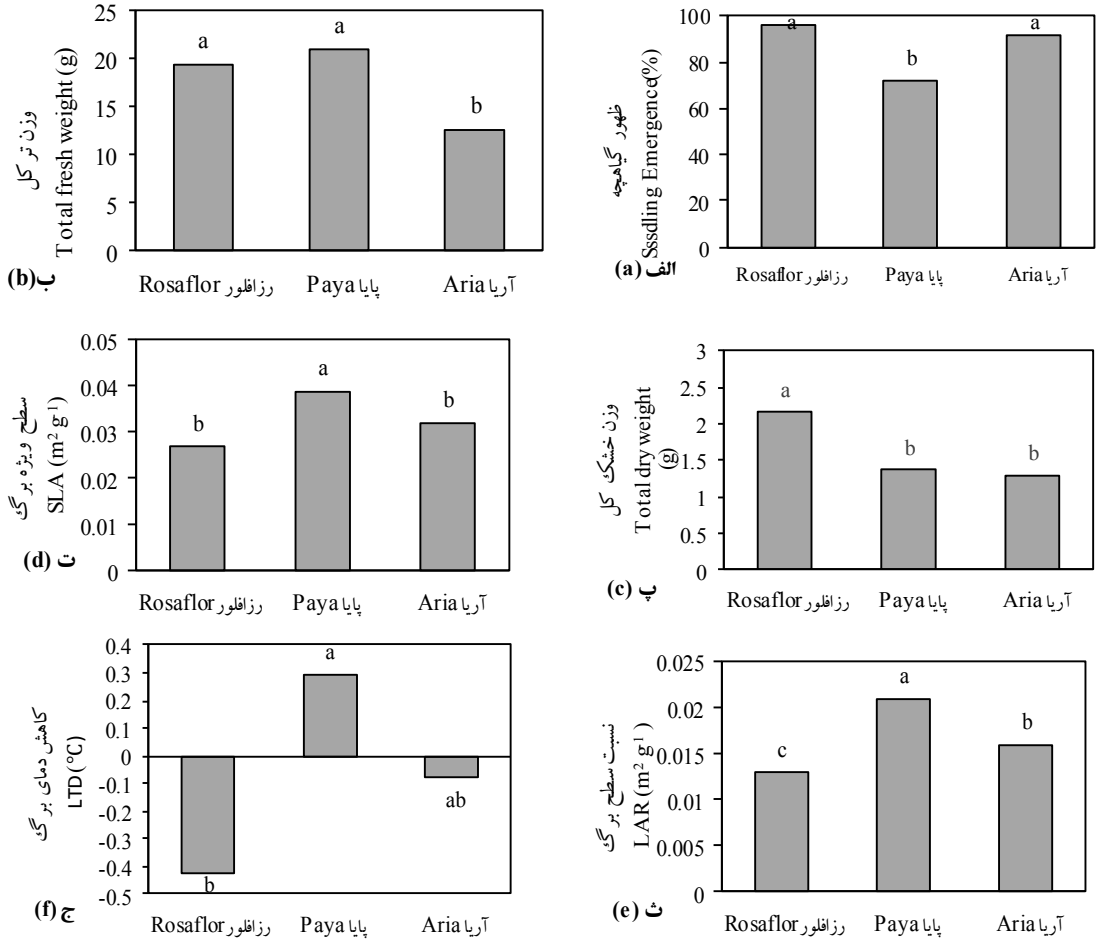
و وزن خشک بوته به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود. ارقام پایا و رزافلور به ترتیب با میانگین‌های ۲۱/۰ و ۱۹/۳ گرم در بوته نسبت به رقم آریا با میانگین ۱۲/۶ گرم در بوته، از نظر وزن تر برتری داشتند. از نظر وزن خشک نیز رقم رزافلوربا میانگین ۲/۱۶ گرم در بوته نسبت به دو رقم پایا و آریا، به ترتیب با میانگین‌های ۱/۳۸ و ۱/۳۰ گرم در بوته، با تفاوت معنی‌داری در رتبه نخست قرار داشت (شکل ۲- ب و پ). محتوای رطوبت ارقام پایا، رزافلور و آریا به ترتیب ۹۳، ۸۹ و ۹۰ درصد بود، به عبارت دیگر مقدار آب بافت‌های گیاهی رقم پایا بیش از دو رقم دیگر بود. به نظر می‌رسدکه ارقامی که دارای وزن تر و وزن خشک بالاتری در شرایط دمایی بالا باشند، تحمل بیشتری نسبت به دمای بالا دارند. ارقام چغندرقند از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اثر رقم بر سطح ویژه برگ و نسبت سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. رقم پایا با میانگین ۰/۰۳۹ متر مربع بر گرم نسبت به ارقام آریا و رزافلور (به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۷ متر مربع برگرم) از نظر سطح ویژه برگ برتری داشت. نسبت سطح برگ نیز به عنوان شاخصی که نشان دهنده میزان سطح اندام‌های فتوسنتزکننده نسبت به وزن کل بوته می‌باشد، برای رقم پایا با میانگین ۰/۰۲۱ متر مربع بر گرم داری بیشترین مقدار بود و رقم آریا با میانگین ۰/۰۱۶ متر مربع بر گرم نیز از این نظر بر رقم رزافلوربا میانگین ۰/۰۱۳ متر مربع بر گرم برتری داشت (شکل ۲- ت و ث). بالاتر بودن سطح ویژه برگ (نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ) نشان دهنده نازک‌تر بودن برگ‌ها است. هرچه ضخامت برگ بیشتر از سطح برگ باشد، نشان دهنده بالاتر بودن ظرفیت فتوسنتزی برگ می‌باشد (Mohammadian *et al.*, 2009). رقم پایا از سطح ویژه و نسبت سطح برگ (نسبت سطح برگ به وزن خشک کل بوته) بیشتری در مقایسه با رقم رزافلور برخوردار بود. با توجه به بالاتر بودن وزن خشک رقم رزافلور (شکل ۲- پ) در مقایسه با رقم پایا، استنباط می‌شود که احتمالا رقم رزافلور در مقایسه با رقم پایا در دمای بالا، از کارایی فتوسنتزی بالاتری برخوردار است. بالاتر بودن وزن تر رقم پایا در مقایسه با رزافلور (شکل ۲- ب) نیز ممکن است به این دلیل باشد که رقم پایا در مقایسه با رقم رزافلور در دمای بالا محتوای آب بیشتری داشته است.

ارقام چغندرقند از نظر شاخص سبزینگی برگ، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm)، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اثر رقم بر کاهش دمای برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. این شاخص در ارقام چغندرقند دارای مقادیر متفاوتی بود، به‌طوری که رقم پایا با ۰/۲۹۵ درجه سانتی‌گراد بالاترین مقدار را داشت و رقم رزافلوربا میانگین۰/۴۲۴- درجه سانتی‌گراد در رتبه آخر قرار گرفت (شکل ۲- ج). کاهش دمای پوشش گیاهی یک صفت وراثت‌پذیر است (Reynolds *et al.*, 1998) و در شرایط تنش گرما، با تاثیر پذیر بودن از سایر شاخص‌ها، دارای اهمیت زیادی است. این شاخص تحت تاثیر دمای هوا و وضعیت رطوبتی گیاه قرار دارد (Webber *et al.*, 2017).

نتایج نشان داد که رابطه مثبتی بین سطح برگ با کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm) (R^2=۰/۳۷*) و هدایت روزنه‌ای (R^2=۰/۶۳**) وجود داشت (شکل ۳- الف و ب). همچنین با افزایش سطح ویژه برگ، مقدار هدایت روزنه‌ای (تعرق) گیاه افزایش یافت و با افزایش وزن‌تر کل بوته که نشان دهنده وزن خشک و محتوای رطوبت گیاه می‌باشد، مقدار هدایت روزنه‌ای (تعرق) افزایش یافت (شکل ۳- پ و ت). رقم پایا با محتوای رطوبت، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و هدایت روزنه‌ای بیشتر، دمای برگ کمتری نسبت به رقم رزافلور داشت (شکل ۳- ث، ج و چ). ارتباط بین محتوای آب برگ، ظرفیت فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای توسط برودریب

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

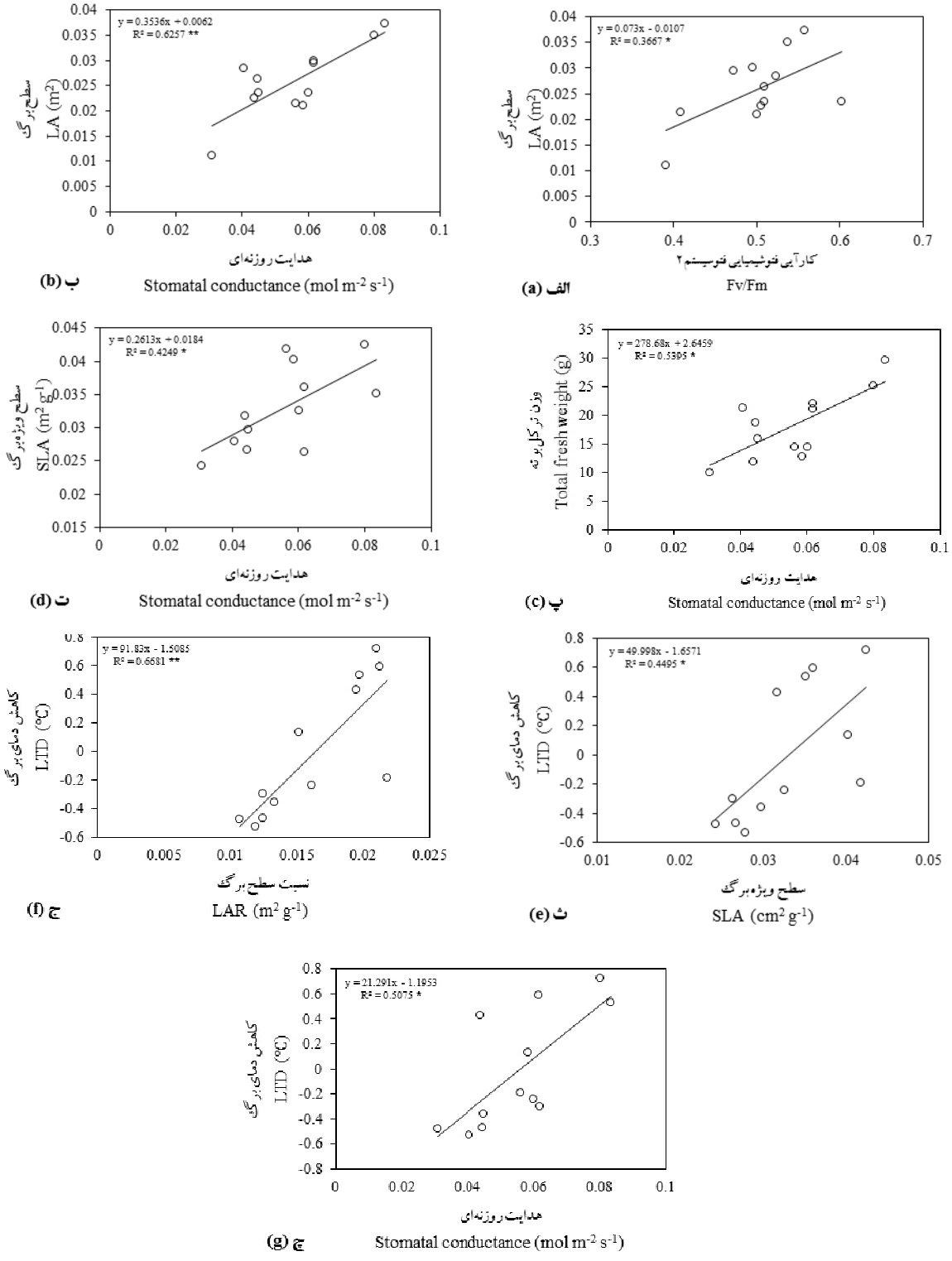
(Brodribb *et al*., 2007) نیز گزارش شده است. باید توجه داشت که عکس‌العمل تبادلات گازی برگ نسبت به دمای هوا، تا حد زیادی به اثر متقابل عوامل از جمله وضعیت آب درونی گیاه و اختلاف فشار بخار بین گیاه و هوا بستگی دارد (Chaves, 1991). دمای بالا همیشه باعث افزایش هدایت روزنه‌ای نمی‌شود، بلکه تفاوت ژنتیکی ارقام گیاهی نیز در آن نقش دارد (Killi *et al*., 2017). نتایج آزمایش‌های مربوط به اثر تنش دمای بالا بر تبادلات گازی گیاهان بحث برانگیز است. پنئولاس و همکاران (Penuelas *et al*., 2004) گزارش کردند که تیمارهای دمای بالا اثری بر تبادلات گازی برگ نداشت، در حالی که رودن و بال (Roden and Ball., 1996) اظهار کردند که تبادلات گازی گیاه در اثر دمای بالا کاهش می‌یابد.



شکل ۲- میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام چغندرقند در تیمار دمای بالا (۳۰ درجه سانتی‌گراد)
ستون‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Fig. 2. Mean of plant characteristics and indices of sugar beet cultivars in high temperature treatment (30˚C)
Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at the level of 5%.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]



شکل ۳-ارتباط بین صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام چغندرقند در تیمار دمای بالا (۳۰ درجه سانتی‌گراد)
* و ** به ترتیب نشان دهنده همبستگی معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

Fig. 3. Relationship between plant characteristics and indices of sugar beet cultivars in high temperature treatment (30˚C). *and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01, respectively

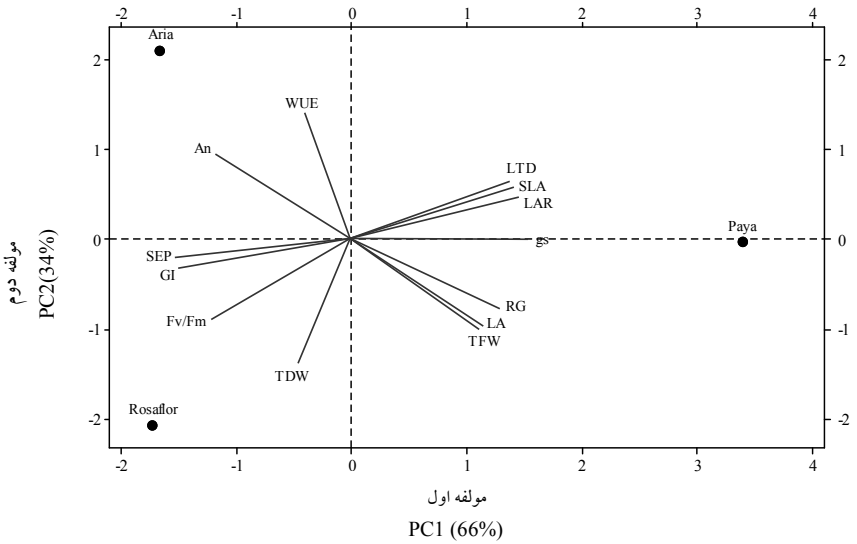
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی جهت شناسایی ارتباط بین صفات و ارقام برتر چغندرقند در آزمایش گلخانه‌ای همراه با درصد جوانه‌زنی نسبی ارقام در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۲۰ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه نشان داد که دو مولفه اول بیان کننده کلیه تغییرات داده‌ها بوده و این دو مولفه به ترتیب ۶۶ و ۳۴ درصد از تغییرات را توضیح دادند (جدول ۱). صفات تشکیل دهنده مولفه اول عبارت بودند از: وزن تر کل بوته، سطح برگ، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ، هدایت روزنه‌ای، کاهش دمای برگ و جوانه‌زنی نسبی و صفات تشکیل دهنده مولفه دوم شامل: فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی‌مصرف آب، کاهش دمای برگ، سطح ویژه برگ و نسبت سطح برگ بودند. بر اساس بای‌پلات، هر کدام از ارقام

جدول ۱- نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی و صفات و شاخص‌های گیاهی ارقام چغندرقند

Table 1. Principal component analysis and plant characteristics and indices of sugar beet cultivars

صفات و شاخص‌های گیاهی Plant characteristics and indices		مولفه اول First component	مولفه دوم Second component
Seedling emergence	ظهور گیاهچه	-0.337	-0.069
SPAD Value	سبزینگی برگ	-0.332	-0.108
Fv/Fm	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم۲	-0.268	-0.296
Total fresh weight	وزن تر کل	0.246	-0.330
Total dry weight	وزن خشک کل	-0.101	-0.456
Leaf area	سطح برگ	0.254	-0.318
Leaf area ratio	نسبت سطح برگ	0.323	0.152
Specific leaf area	سطح ویژه برگ	0.313	0.189
WUE	کارایی مصرف آب	-0.088	0.462
Photosynthesis	فتوسنتز	-0.260	0.309
Stometal conductance	هدایت روزنه‌ای	0.341	-0.000
Leaf temperature depression	کاهش دمای برگ	0.306	0.211
Relative germination	جوانه‌زنی نسبی	0.287	-0.257
Eiggen value	مقادیر ویژه	8.62	4.37
Explained variance (%)	واریانس توضیح داده شده	66	34
Total variance (%)	واریانس مجموع	66	100



شکل ۴- نمودار بای‌پلات دو مولفه اول مربوط به تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات گیاهی ارقام چغندرقند در گلخانه همراه با صفت جوانه‌زنی نسبی در دمای مشابه با دمای گلخانه

Fig. 4.Biplot graph of first two components of principal component analysis related to plant characteristics in greenhouse and relative germination percentage in same temperature with greenhouse

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

چغندرقند در چارک‌های مختلف آن قرار گرفتند (شکل ۴). رقم رزافلور از نظر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm)، وزن خشک کل بوته، شاخص سبزینگی برگ و درصد ظهور گیاهچه، برتر بود و این صفات با یکدیگر همبستگی مثبت داشتند. شاخص سبزینگی برگ نشان دهنده تغذیه مناسب گیاه و محتوای کلروفیل برگ است (Kumar *et al*., 2017). محققان ارتباط مثبت بین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm) و تثبیت دی‌اکسیدکربن و تولید ماده خشک گیاه را مورد تاکید قرار داده‌اند (Sharma *et al*., 2015). بالاتر بودن شاخص سبزینگی برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm) همراه با پایین بودن سطح ویژه برگ در رقم رزافلور و از طرف دیگر وزن خشک بالای این رقم در مقایسه با سایر ارقام، می‌تواند نشان دهنده کارایی بالای فتوسنتزی این رقم در شرایط تنش گرمایی باشد.

رقم آریا از نظر فتوسنتز و کارایی مصرف آب، برتر از سایر ارقام بود و رقم پایا در محدوده بین دو چارکی قرار گرفت که از نظر سطح برگ، وزن تر کل بوته، هدایت روزنه‌ای، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ، کاهش دمای برگ و جوانه‌زنی نسبی برتر بود (شکل ۴). بین سطح ویژه برگ و شاخص سبزینگی برگ ارتباط منفی مشاهده گردید که این موضوع توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Nautiyal *et al*., 2017). رقم پایا از نظر سطح ویژه برگ و رقم رزافلور از نظر شاخص سبزینگی برگ برتر بودند (شکل ۴). هر چه سطح برگ و به دنبال آن، نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ بیشتر باشند، به دلیل بالا بودن سطح تعرق‌کننده، دمای برگ نسبت به دمای محیط بیشتر کاهش می‌یابد. در مقابل، بسته شدن روزنه برای مدت طولانی باعث افزایش دمای برگ می‌شود (Kashiwagi *et al*., 2008). کاهش دمای پوشش گیاهی نشان دهنده وضعیت آب گیاه است (Balota *et al*., 2008). فوکوئوکا (Fukuoka, 2005) نیز همبستگی بالایی بین وضعیت تعرق گیاه چغندرقند و کاهش دمای پوشش گیاهی گزارش کرد.

ارتباط بین محتوای آب برگ، ظرفیت فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای توسط برودریب و همکاران (Brodribb*et al*., 2007) نیز گزارش شده است. گوبین (Gobin, 2012) گزارش کرد که رطوبت و دمای هوا از طریق باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی در رشد گیاه و تنظیم تعرق و فتوسنتز دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که واکنش ارقام چغندرقند در دمای بالا متفاوت بود و حداکثر درصد جوانه‌زنی ارقام در محدوده دمایی ۲۶-۲۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. رقم آریا به افزایش دما واکنش بیشتری نشان داد و در دمای۲۹ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی آن نسبت به دمای۲۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۱۵ درصد کاهش یافت. بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی برای هر سه رقم در محدوده دمایی ۳۲-۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد هیچگونه جوانه طبیعی مشاهده نشد. بر اساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی، رقم پایا از نظر صفات مورد بررسی شامل وزن تر کل بوته، سطح برگ، نسبت سطح برگ، وزن ویژه برگ، هدایت روزنه‌ای و کاهش دمای برگ برتر از رقم‌های رزافلور و آریا بود. رقم رزافلور از نظر صفات و شاخص‌های کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm)، وزن خشک کل بوته، شاخص سبزینگی برگ و درصد ظهور گیاهچه برتر بود و این صفات با یکدیگر همبستگی مثبت داشتند. اگرچه رقم پایا نسبت به رقم رزافلور وزن خشک کمتری داشت، از نظر برخی از شاخص‌ها از جمله کاهش دمای برگ که یک شاخص مهم در تحمل دمای بالا است، برتر بود. احتمالاً این برتری رقم پایا در مراحل بعدی رشد، نقش مهمی در تحمل دمای بالا داشته باشد. به نظر می‌رسد که نگهداری بیشتر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

آب در بافت‌های گیاهی این رقم، در تحمل خشکی آن نیز موثر است. با توجه به صفات و شاخص‌های مهم موثر در تنش گرما، به نظر می‌رسد که رقم پایا به دلیل توانایی کاهش اثر دمای بالا از طریق کاهش دمای برگ و رقم رزافلور به دلیل کارایی بالای سیستم فتوسنتزی و همچنین درصد بالای جوانه‌زنی، نسبت به رقم آریا، تا مرحله ۶-۴ برگی تحمل بیشتری نسبت به دمای بالا دارند. با توجه به مطابقت نتایج دو آزمایش در شناسایی ارقام از نظر تحمل به دمای بالاو با توجه به اینکه اندازه‌گیری میزان کاهش جوانه‌زنی در دمای بالا نسبت به دمای بهینه، کم هزینه‌تر و سریع‌تر از اندازه‌گیری سایر صفات و شاخص‌های مورد بررسی در این آزمایش است، به نظر می‌رسد که این روش برای غربال اولیه ژنوتیپ‌های چغندرقند جهت گزینش آن‌ها برای تحمل به دمای بالا در مراحل جوانه‌زنی تا استقرار بوته، مناسب‌تر از سایر روش‌ها باشد.

منابع مورد استفاده References

Anjum, F., M. Yaseen, F. Rasul, A. Wahid and S. Anjum. 2003. Water stress in barley (*Hordeumvulgare* L.). II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. Pak. J. Agric. Sci. 40(1-2): 45-49.

Balota, M., W. A. Payne, S. R. Evett and T. R. Peters. 2008. Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in three closely related wheat lines. Crop Sci. 48(5): 1897-1910.

Bellard, C., C. Bertelsmeier, P. Leadley, W. Thuiller and F. Courchamp. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecol. Letter. 15(4): 365-377.

Bialek, K., L. Michalczuk and J. D. Cohen. 1992. Auxin biosynthesis during seed germination in *Phaseolus vulgaris*. Plant Physiol. 100(1): 509-517.

Bindi, M. and J. E. Olesen. 2011. The responses of agriculture in Europe to climate change. Region. Environ. Change. 11(1): 151-158.

Brodribb, T. J., T. S. Field and G. J. Jordan. 2007. Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. Plant Physiol. 144(4): 1890-1898.

Buchner, O., M. Stoll, M. Karadar, L. Kranner and G. Neuner. 2015. Application of heat stress in situ demonstrates a protective role of irradiation on photosynthetic performance in alpine plants. Plant Cell Environ. 38(4): 812-826.

Chaves, M. M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. J. Exp. Bot. 42(1): 1-16.

DesMarais, D. L., K. M. Hernandez and T. E. Juenger. 2013. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environ. Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 44: 5-29.

Donohue, K., R. Rubio de Casas, L. Burghardt, K. Kovach and C. G. Willis. 2010. Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 41: 293-319.

Fukuoka, M. 2005. Improvement of a method for measuring canopy temperature in field crops using an infrared thermograph. Hokkaido University, Sapporo, Japan, pp.1-45.

Gobin, A. 2012. Impact of heat and drought stress on arable crop production in Belgium. Natur. Hazards Earth System Sci. 12(6): 1911.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

Gray, W. M., A. Östin, G. Sandberg, C. P. Romano and M. Estelle. 1998. High temperature promotes auxin-mediated hypocotyl elongation in Arabidopsis. Proc. Natl. Acad. Sci. 95(12): 7197-7202.

Hentrich, M., C. Böttcher, P. Düchting, Y. Cheng, Y. Zhao, O. Berkowitz, J. Masle, J. Medina and S. Pollmann. 2013. The jasmonic acid signaling pathway is linked to auxin homeostasis through the modulation of YUCCA8 and YUCCA9 gene expression. Plant J. 74(4): 626-637.

ISTA. 2010. International rules for seed testing, edition. 2010. Bassersdorf- Switzerland. The International Seed Testing Association.

Jalilian, A., D. Mazaheri, R. TavakolAfshari, H. Rahaimian, M. AbdollahianNoghabi and J. Gohari. 2005. Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm sugar beet under various temperatures. Sugar Beet, 20(2): 97-112. (In Persian with English abstract).

Jensen, K. 2004. Dormancy patterns, germination ecology, and seed-bank types of twenty temperate fen grassland species. Wetlands, 24(1): 152-166.

Jha, U. C., A. Bohra and N. P. Singh. 2014. Heat stress in crop plants: its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance. Plant Breed. 133(6): 679-701.

Kashiwagi, J., L. Krishnamurthy, H.D. Upadhyaya and P.M. Gaur. 2008. Rapid screening technique for canopy temperature status and its relevance to drought tolerance improvement in chickpea. J. SAT. Agric. Res. 6: 105-4.

Killi, D., F. Bussotti, A. Raschi and M. Haworth. 2017. Adaptation to high temperature mitigates the impact of water deficit during combined heat and drought stress in C3 sunflower and C4 maize varieties with contrasting drought tolerance. Physiol. Plant. 159(2): 130-147.

Kumar, M., V. Govindasamy, J. Rane, A. K. Singh, R. L. Choudhary, S. K. Raina, P. George, L. K. Aher and N. P. Singh. 2017. Canopy temperature depression (CTD) and canopy greenness associated with variation in seed yield of soybean genotypes grown in semi-arid environment. S. Afric. J. Bot. 113: 230-238.

Maxwell, K. and G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence- a practical guide. J. Exp. Bot. 51(345): 659-668.

Mohammadian, R., H. Rahimian, M. Moghaddam and S. Y. Sadeghian. 2003. The effect of early season drought on chlorophyll*a* fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Paki. J. Biol. Sci. 6(20): 1763-1769.

Mohammadian, R., M. AbdollahianNoghabi, J. Baghani and A. Haghighi. 2009. The relationship of morphological traits at early growth stage of three sugar beet genotypes with final root yield and white sugar yield under different drought stress conditions. J. Sugar Beet. 25(1): 23- 38. (In Persian with English abstract).

Nagar, S., V. P. Singh, A. Arora, R. Dhakar and S. Ramakrishnan. 2015. Assessment of terminal heat tolerance ability of wheat genotypes based on physiological traits using multivariate analysis. Acta Physiol. Plant. 37(12): 257.

Nautiyal, P. C., A. L. Rathnakumar, G. Kulkarni and M. S. Sheshshayee. 2017. Evaluation of wild *Arachis* species for cultivation under semiarid tropics as a fodder crop. Photosynthetica, 55(1): 41-49.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

Ober, E. S., A. Rajabi. 2010. Abiotic stress in sugar beet. Sugar Technol. 12(3-4): 294-298.

Penuelas, J., C. Gordon, L. Llorens, T. Nielsen, A. Tietema, C. Beier, P. Bruna, B. Emmett, M. Estiarte and A. Gorissen. 2004. Nonintrusive field experiments show different plant responses to warming and drought among sites, seasons, and species in a north–south European gradient. Ecosystems, 7(6): 598-612.

Pereira, A. 2016. Plant abiotic stress challenges from the changing environment. Fron. Plant Sci. 7: 1123.

Reynolds, M. P., R. P. Singh, A. Ibrahim, O. A. A. Ageeb, A. Larque-Saavedra and J. S. Quick. 1998. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. Euphytica. 100(1): 85-94.

Rizhsky, L., H. Liang and R. Mittler. 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physiol. 130(3): 1143-1151.

Roden, J. S. and M. C. Ball. 1996. The effect of elevated [CO_2] on growth and photosynthesis of two *Eucalyptus* species exposed to high temperatures and water deficits. Plant Physiol. 111(3): 909-919.

Sadeghian, S.Y. and N. Yavari. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. J. Agron. Crop Sci. 190(2): 138-144.

Sharma, D. K., S. B. Andersen, C. O. Ottosen and E. Rosenqvist. 2015. Wheat cultivars selected for high Fv/Fm under heat stress maintain high photosynthesis, total chlorophyll, stomatal conductance, transpiration and dry matter. Physiol. Plant. 153(2): 284-298.

Siddique, A. B. and D. Wright. 2004. Effects of date of sowing on seed yield, seed germination and vigor of peas and flax. Seed Sci. Technol. 32(2): 455-472.

Webber, H., P. Martre, S. Asseng, B. Kimball, J. White, M. Ottman, G. W. Wall, G. De Sanctis, J. Doltra, R. Grant and B. Kassie. 2017. Canopy temperature for simulation of heat stress in irrigated wheat in a semi-arid environment: A multi-model comparison. Field Crops Res. 202: 21-35.

Wen, B. 2015. Effects of high temperature water stress on seed germination of the invasive species Mexican sunflower. PloS One, 10(10): e0141567.

Zandalinas, S. I., R. Mittler, D. Balfagón, V. Arbona and A. Gómez-Cadenas. 2018. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. Physiol. Plant. 162(1): 2-12.

Zhou, R., X. Yu, K. H. Kjær, E. Rosenqvist, C. O. Ottosen and Z. Wu. 2015. Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using Fv/Fm to reveal the physiological mechanism of heat tolerance. Environ. Exp. Bot. 118: 1-11.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]

Effect of heat stress on growth and plant characteristics of three commercial sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars

Malmir, M.[1], R. Mohammadian[2], A. Soroushzadeh[3], A. Mokhtasi-Bidgholi[4] and M. Abdollahian-Noghabi[5]

ABSTRACT

Malmir, M., R. Mohammadian, A. Soroushzadeh, A. Mokhtasi-Bidgholi and M. Abdollahian-Noghabi. 2018. Effect of heat stress on growth and plant characteristics of three commercial sugar beet (Beta vulgaris L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(4): 349-362. (In Persian).**

To evaluate the effect of heat stress on three commercial sugar beet cultivars (Aria, Rosaflor and Paya), two experiments were conducted in laboratory (20-44°C; at germination stage) and greenhouse (30°C; at seedling establishment stage) in factorial layout, based on completely randomized design in Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran, in 2015 and 2016. Severe loss of germination of sugar beet cultivars was obtained at 32°C, and at 38°C, no any normal germination observed. The maximum germination percentage of Rosaflor and Aria cultivars obtained at 20°C, while that of Paya obtained at 26°C. Paya and Aria cultivars had the lowest (41%) and the highest (65%) decrease in germination at 32°C, respectively, in comparison to their maximum germinations. In greenhouse experiment, principal component analysis showed that Rosaflor performed better than other cultivars regarding to; photochemical efficiency of PSII (Fv/Fm), total dry weight, SPAD value and seedling emergence, while Paya cultivar was superior regarding to; leaf area, total fresh weight, stomatal conductance, leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf temperature depression. No significant difference was observed among sugar beet cultivars in leaf area and photochemical efficiency of PSII (Fv/Fm) traits. Paya cultivar had higher fresh weight, leaf area and stomatal conductance which led to more decline in leaf temperature through higher transpiration rate. The highest dry weight belonged to Rosaflor cultivar. According to results of laboratory and greenhouse experiments, it seems that Rosaflor and Paya cultivars were more tolerant to heat stress at early growth stage compared to Aria cultivar.

Key words: Heat stress, Leaf temperature depression, Photochemical efficiency of PSII, Principal component analysis and Sugar beet.

Received: August, 2017 Accepted: January, 2018

1. PhD Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Associate Prof., Agricultural, Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran, Research, Education and Extension Organization (AREEO) (Corresponding author) (Email: r_mohammadian@hotmail.com)
3. Associate Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4. Assistant Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
5. Associate Prof., Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran, Agricultural, Research, Education and Extension Organization (AREEO)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.5.7]