

تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بر روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ارقام مختلف چغندرقد

Effect of Cercospora leaf spot on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of different sugar beet varieties

زهرا جودی^۱، مهدی داوری^{۲*}، سدابه جهانبخش^۳، علی عبادی^۴ و قاسم پرمون^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷

ز. جودی، م. داوری، س. جهانبخش، ع. عبادی و ق. پرمون. ۱۳۹۷. تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بر روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ارقام مختلف چغندرقد. چغندرقد، ۳۴(۱): ۷۵-۹۱. DOI: 10.22092/jsb.2018.121558.1188

چکیده

لکه‌برگی سرکوسپورایی از مهم‌ترین و شایع‌ترین بیماری‌های برگ‌گی در چغندرقد می‌باشد که موجب ایجاد خسارت در این گیاه می‌شود. این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در آزمایشگاه و گلخانه انجام شد. هدف این پژوهش، پیدا کردن شاخص‌هایی برای تمایز بین ارقام حساس و متحمل چغندرقد به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بود. فاکتورهای آزمایشی شامل ۱۱ رقم چغندرقد و آلودگی و عدم آلودگی به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت رنگدانه‌ها)، رنگدانه‌های کمکی (کارتونوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و اندام هوایی و وزن خشک ریشه بود. نتایج حاصل از بررسی رنگدانه‌های اصلی فتوسنتز نشان داد که بیماری باعث کاهش میزان کلروفیل a و به تبع آن موجب کاهش کلروفیل کل می‌شود. مقدار رنگدانه‌های کمکی فتوسنتز به جز کارتونوئیدها با پیشرفت بیماری در گیاهان آلوده افزایش یافت. همچنین بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و پلی-فنل‌اکسیداز و نیز کاهش وزن خشک اندام هوایی و افزایش ریشه شد. نتایج نشان داد، رقم HI 0063 به عنوان رقم حساس، زودتر از بقیه ارقام به لکه‌برگی سرکوسپورایی مبتلا گردید و کاهش وزن خشک بیشتری در برگ نسبت به بقیه ارقام داشت، همچنین وزن بوته‌ها در این رقم نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه بالاتر بود و میزان کلروفیل a و فلاونوئیدهای برگ بیشتری داشت. میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت رقم HI 0063 نسبت به رقم متحمل بیشتر بود. رقم Yasmene به عنوان متحمل‌ترین رقم نسبت به سایر ارقام دیرتر علائم بیماری را نشان داد و کمترین کاهش وزن خشک برگ را داشت.

واژه‌های کلیدی: چغندرقد، کلروفیل a، محتوای پروتئین، کاتالاز، وزن خشک ریشه

۱- کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی، محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۵- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* نویسنده مسئول mdavari@uma.ac.ir

مقدمه

چغندر قند یکی از محصولات با ارزش زراعی و صنعتی و تأمین‌کننده بخش عمده‌ای از نیاز کشور به شکر است. حدود یک چهارم شکر جهان در مناطق معتدل، به‌وسیله چغندر قند تولید می‌شود (Draycott 2006). رشد و تولید گیاهان همواره تحت تأثیر عوامل مختلف زنده و غیرزنده بوده و این عوامل به صورت مثبت یا منفی، رشد، تولید و بقاء گیاهان و در نتیجه جوامع زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mahajan and Tuteja 2005). میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا از عوامل زیستی تنش‌زا هستند که گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهند. قارچ *Cercospora* و چند جنس نزدیک به آن مانند *Pseudocercospora* از قارچ‌های آنامورفیک هستند که گونه‌های آن در سراسر جهان انتشار دارند و مولد لکه‌برگی روی گیاهان متعدد زراعی، زینتی و علف‌های هرز می‌باشند (Crous and Braun 2003). لکه‌برگی سرکوسپورایی که عامل آن بیمارگر *Cercospora beticola* Sacc. می‌باشد، از مهمترین و مخرب‌ترین بیماری‌های برگ‌گی در چغندر قند می‌باشد (Holtshulte 2000). این بیماری، انتشار جغرافیایی وسیعی داشته، به‌گونه‌ای که پراکنش جغرافیایی آن با گستره رویش میزبان اصلی آن (چغندر قند) یکسان بوده و در اکثر مناطق کشت این محصول مشاهده می‌شود (Holtshulte 2000). در ایران، بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی چغندر قند از خوزستان، کرانه‌های دریای خزر، اردبیل، آذربایجان غربی، خراسان شمالی، هرمزگان و داراب فارس گزارش شده است (Bakhshi et al. 2012). این بیماری باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که در اپیدمی‌های شدید بیماری، کاهش عملکرد شکر خام ۵۰-۴۲ درصد گزارش شده است (Shane and Teng 1992). همچنین به دلیل کاهش فعالیت

فتوسنتزی و کاهش سطح برگ، به ازای یک درصد افزایش در شدت آلودگی، عملکرد محصول سدهم درصد کاهش یافته است (Kelber 1977). خسارت غیرمستقیم بیماری، کاهش قابلیت سیلو کردن ریشه‌ها می‌باشد. این بیماری باعث می‌شود که ریشه چغندر قند مستعد آلودگی به پوسیدگی‌های انباری شود و قابلیت انبارداری آن‌ها کاهش یابد (Smith and Ruppel 1971). در گیاهان آلوده، درصد قند کاهش یافته و ناخالصی‌هایی نظیر سدیم، پتاسیم، نیترات، آلفا آمینو اسیدها و بتائین افزایش می‌یابد، لذا علاوه بر کاهش عملکرد ریشه و درصد قند، کیفیت نیز افت می‌کند (Shane and Teng 1992). آلودگی به قارچ *C. beticola* منجر به ایجاد نقطه‌های گرد به قطر ۰/۵ تا ۴/۵ سانتی‌متر (گاهی تا ۸ سانتی‌متر) با مرکز خاکستری و حاشیه قهوه‌ای سوخته تا بنفش می‌شود (Weiland and Koch 2004; Abbasi et al. 2002). در بررسی ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت به بیماری لکه‌برگی در هیبریدهای چغندر قند، نیازیان و همکاران (Niazian et al. 2012) بر اساس شدت بیماری نشان دادند که لاین RR607 دارای بالاترین سطح مقاومت است و همچنین هیبریدهای حاصل از این لاین شامل هیبریدهای RR607×452 و RR607×7112-36 از بقیه هیبریدها مقاوم‌تر بودند. عباسی و همکاران (Abbasi et al. 2003) در ارزیابی مقاومت قطعات جدا شده برگ چغندر قند به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی نشان دادند که شدت آلودگی در مزرعه بین دوازده رقم چغندر قند به طور معنی‌داری متفاوت بود. در پایان فصل رشد ارقام مقاوم‌تر در مقایسه با ارقام حساس اختلاف بارزی از نظر شاخص سطح برگ داشتند. مدنیان محمدی و همکاران (Madaniyan Mohammadi et al. 2004) در بررسی روند پیشرفت بیماری لکه‌گرد چغندر قند با استفاده از مدل‌های

منظور تهیه رقم متحمل به بیماری لکه گرد برگ و ساقه‌روی مناسب کشت پاییزه بهره برد. از طرفی بیماری لکه‌برگی چغندر قند بر رنگدانه‌های فتوسنتزی تأثیر داشته، به طوری که در یک تحقیق، در اثر آلودگی، میزان کارتنوئیدها ۳۵ درصد و کلروفیل کل ۲۱/۳ درصد و سرعت فتوسنتز ۷۷/۳ درصد افت نشان داد (Lobato et al. 2010). صاحبانی و هادوی (Sahebany and Hadavi 2008) نشان دادند که در اثر مایه‌زنی گیاه با قارچ عامل پژمردگی آوندی گوجه‌فرنگی *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز از روز اول و طی روزهای بعد افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و در روز پنجم به حداکثر میزان خود رسید و به دنبال آن به تدریج کاهش یافت. عمرانی‌زاده و همکاران (Omranizade et al. 2011) بیان کردند که با آلودگی گیاه به نماتد مولد غده ریشه (*Meloidogyne javanica*)، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز خیار افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد. تیاقی و همکاران (Tyagi et al. 2000) بالاتر بودن فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در رقم گندم مقاوم (ACC-8226) را نسبت به رقم حساس (845-MP) پس از مایه‌زنی با قارچ *Alternaria triticina* بیان کردند و نقش مهم این آنزیم را در مکانیسم دفاعی گیاه ثابت نمودند. مگبانوا و همکاران (Magbanua et al. 2007) میزان فعالیت آنزیم کاتالاز را در جنین نارس و بالغ، پوسته و بافت ساقه لاین‌های حساس و مقاوم ذرت به قارچ *Aspergillus flavus* اندازه‌گیری کردند و نتیجه گرفتند که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در لاین‌های مقاوم نسبت به حساس به میزان قابل توجهی بیشتر است.

مدیریت این بیماری معمولاً با استفاده از ارقام مقاوم و قارچ‌کش‌های مختلف انجام می‌گیرد. عملیات زراعی نظیر شخم

اپیدمیولوژیکی، دما و رطوبت را به عنوان دو عامل مؤثر در رشد و تکثیر بیمارگر بیان نمودند و جهت کاهش خسارات ناشی از بیمارگر، جلو انداختن تاریخ برداشت را در مزارع پیشنهاد دادند. عباسی و همکاران (Abbasi et al. 2002) در بهینه‌سازی ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به بیماری لکه برگی سرکوسپورایی در ۱۲ رقم چغندر قند، نشان دادند که در مرحله پیشرفته بیماری، برگ‌های ارقام حساس به شدت آلوده شده و از بین می‌روند و در نتیجه، گیاه تحریک شده و تولید برگ‌های جدید می‌کند و این برگ‌ها قبل از اینکه به رشد کامل برسند، نسبت به بیماری مقاومت نسبی دارند. حداکثر آلودگی در پژوهش آنان در رقم Ranger دیده شد که از رقم HM1832 حساس‌تر بوده و با تولید اینوکولوم زیاد در اوایل فصل به اشاعه اپیدمی در مزرعه کمک می‌کند. عباسی و محمودی (Abbasi and Mahmoodi 2009) نیز در مطالعه واکنش ارقام چغندر قند به جدایه‌های قارچ عامل بیماری لکه‌گرد برگ، ۱۴ جدایه *C. beticola* از استان‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که ارقام از نظر شدت آلودگی و دوره نهفتگی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. رقم ۱۹۱ حساس‌ترین و رقم پوما مقاوم‌ترین آنها نسبت به بیماری شناخته شد. آقایی‌زاده و همکاران (Aghaeizadeh et al. 2015) با شناسایی تتراپلوئید متحمل به بیماری لکه گرد برگ و ساقه‌روی در چغندر قند نشان دادند که هیبرید Jot18* SB17 و SB17*B65T در شرایط دزفول کمترین شدت آلودگی به بیماری لکه‌برگی و کمترین میزان ساقه‌روی را داشتند. در شرایط اقلیمی کرج نیز هیبرید SB17*B65T دارای بیش‌ترین عملکرد شکر (۷/۱۳ تن در هکتار) بود. به این ترتیب به نظر می‌رسد که می‌توان از گرده‌افشان تتراپلوئید B65T در برنامه‌های اصلاحی به

حساس (HI 0063) مایه‌زنی گردیده و پس از ظهور علائم آلودگی، برای جداسازی مجدد بیمارگر از برگ‌های آلوده، قطعاتی به قطر ۰/۵ سانتی‌متر از مرز بین لکه و بخش سالم با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی و پس از شستشو با آب مقطر استریل و خشک نمودن با کاغذ صافی استریل روی محیط کشت PDA (Potato Dextrose Agar) قرار گرفت و در ژرمیناتور با دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تهیه اسپور، جدایه مذکور بعد از نگهداری به مدت دو هفته بر روی محیط کشت V₈A (V₈ juice Agar) در شرایط روشنایی دائم و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خراش داده شده و پس از تهیه سوسپانسیون مجدداً بر روی محیط V₈A پخش گردید و نهایتاً پس از چهار روز نگهداری در شرایط روشنایی دائم و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، سطح پرگنه‌های قارچ با استفاده از قلم‌مو شستشو داده شده و غلظت سوسپانسیون حاصل پس از صاف کردن در حد 3×10^5 اسپور در میلی‌لیتر جهت مایه‌زنی در گلخانه تنظیم گردید (Shane and Teng 1992 ; Abbasi *et al.* 2002). بذور ارقام در گلدان‌های کوچک کشت شده و در مرحله چهار برگی به گلدان اصلی چهار کیلوگرمی انتقال داده شد و در هر گلدان یک بوته کشت شد. مایه‌زنی گیاهان سه ماه پس از انتقال گیاهچه‌ها انجام گرفت. در این مرحله، هر گیاه حدود ۶ تا ۸ برگ کاملاً رشد یافته و ۶ تا ۱۰ برگ در حال رشد داشت. گیاهان چغندر قند با استفاده از سوسپانسیون اسپور حاوی 3×10^5 اسپور در میلی‌لیتر و ۰/۰۵ درصد توین ۲۰ به طور یکنواخت اسپور پاشی شدند. در مورد گیاهان شاهد از آب مقطر استریل استفاده شد. بوته‌های مایه‌زنی شده به مدت ۴۸ ساعت تحت شرایط رطوبت اشباع قرار گرفت. برای ایجاد رطوبت اشباع، نمونه‌ها در یک محفظه بزرگ پلاستیکی حاوی تشک تبخیر قرار گرفتند و به مدت دو ماه در

عمیق و تناوب نیز برای کاهش جمعیت بیمارگر مؤثر است (Karaoglandis *et al.* 2001). با توجه به انتشار وسیع بیماری و بروز نژادهای مقاوم قارچ در برابر برخی از قارچ‌کش‌های رایج و عوارض سوء زیست محیطی سموم، اهمیت توسعه مقاومت ژنتیکی در برابر *C. beticola* آشکار می‌گردد. بنابراین استفاده از ارقام مقاوم در جهت کنترل بیماری به دلایل اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت بوده و بر کنترل شیمیایی ارجحیت دارد (Koch and Jung 2000). هدف از انجام این پژوهش، پیدا کردن شاخصه‌هایی برای تمایز بین ارقام حساس و متحمل چغندر قند به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بر اساس برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در میزبان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. عامل اول، یازده رقم مختلف چغندر قند (با مشخصات ذکر شده در جدول ۱) و عامل دوم بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی در دو سطح (شاهد و بیماری) بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل رنگدانه‌های اصلی و کمکی فتوسنتز (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل‌ها، فلانویئیدها، آنتوسیانین‌ها و کارتنویئیدها)، پروتئین کل و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و در نهایت وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه بود. بذر ارقام مورد استفاده در این آزمایش از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و جدایه‌ی قارچ عامل بیماری از کلکسیون قارچ‌شناسی دانشگاه تبریز تهیه گردید. به‌منظور جلوگیری از کاهش قدرت بیماری‌زایی جدایه بیمارگر، قبل از انجام آزمایش تحت شرایط گلخانه بر روی رقم

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌ها از روش واگنر (Wagner 1979) استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۱ گرم از بافت تازه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) به‌طور کامل ساییده و عصاره حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و جذب محلول در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت، ضریب خاموشی (e) ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد. در این رابطه، $A = \epsilon \cdot b \cdot c$ = میزان جذب، b = عرض کووت و c = غلظت محلول مورد نظر می‌باشد. میزان آنتوسیانین‌ها برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر بافت محاسبه گردید.

$$A = \epsilon bc$$

برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئیدی از روش کریزک (Krizek et al. 1998) استفاده شد، به این منظور، مقدار ۰/۱ گرم از برگ را در اتانول اسیدی (شامل اتانول واسید استیک گلاسیال به نسبت ۹۹ به ۱) خوب سائیده و عصاره حاصل به مدت ده دقیقه با ۳۶۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول رویی جدا و به مدت ۱۰ دقیقه در آب گرم ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس میزان جذب عصاره توسط اسپکتروفتومتر در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر قرائت شد. ضریب خاموشی $\epsilon = 3300 \text{ mM cm}^{-1}$ برای محاسبه محتوای فلاونوئید کل مورد استفاده قرار گرفت و بر حسب میکرو مولار بر گرم گزارش گردید.

استخراج پروتئین محلول با استفاده از روش برادفورد (Bradford 1976) انجام شد، بدین ترتیب که ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده توسط نیتروژن مایع به ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج اضافه

شرایط گلخانه در دمای حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در شب و ۲۲ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد در روز نگهداری شدند (Shane and Teng 1992; Abbasi et al. 2002).

جدول ۱ خصوصیات ارقام بر اساس اطلاعات مندرج در شناسنامه رقم

ردیف	نام رقم	سطح مقاومت	
		نسبی به بیماری	نوع ترکیب
۱	Cesira	متحمل	هیبرید منوژرم
۲	Lisetta	"	"
۳	Antek	"	"
۴	BTS 853	حساس	"
۵	Merak	متحمل	"
۶	Yasmene	"	"
۷	Qualita	"	"
۸	SB16	"	لاین او تایپ منوژرم
۹	25447-79	"	"
۱۰	25448-79	"	"
۱۱	HI 0063	حساس	هیبرید منوژرم

ده روز بعد از اعمال بیماری، نمونه‌هایی از برگ‌های مسن‌تر هر بوته انتخاب و بلافاصله پس از غبارگیری در محفظه حاوی یخ گذاشته و به آزمایشگاه منتقل و در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای سنجش رنگدانه‌ها از نمونه‌های فریز شده استفاده شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل از استون ۸۰ درصد، برای آنتوسیانین‌ها از متانول و برای فلاونوئیدها از اتانول استفاده شد. پس از استخراج عصاره، سانتریفیوژ گردیده و جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به دست آمد.

$$\text{Chl a} = 12.25 A_{663.2} - 2.798 A_{646.8}$$

کلروفیل a

$$\text{Chl b} = 21.50 A_{646.8} - 5.10 A_{663.2}$$

کلروفیل b

$$\text{Chl Total} = \text{Ca} + \text{Cb}$$

کلروفیل کل

$$\text{Carotenoid x} = (1000 a_{470} - 1.82 \text{ Ca} - 85.02 \text{ Cb}) / 198$$

کاروتنوئیدها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی نشان داد که کلروفیل a، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل‌ها در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر بیماری قرار گرفتند. همچنین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و میزان فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها تحت تأثیر رقم قرار دارند. اثر متقابل بیماری در رقم بر کلروفیل a، کلروفیل کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بیماری و رقم در کلروفیل a نشان داد که در اکثر ارقام به جز Merak، Cesira و SB16 بیماری موجب کاهش میزان کلروفیل a می‌شود. در گیاهان شاهد بدون بیماری، بالاترین میزان کلروفیل a مربوط به رقم Lisetta با میانگین ۱۲/۶۲ میلی‌گرم در گرم برگ بود. بالاترین و پایین‌ترین میزان کلروفیل a نیز در شرایط بیماری به ترتیب به HI 0063 و Qualita با میانگین‌های ۱۰/۳۸ و ۴/۲۶ میلی‌گرم در گرم برگ اختصاص یافت. کلروفیل b تحت تأثیر ارقام بوده و بالاترین و پایین‌ترین میزان آن به HI0063 و Qualita با میانگین‌های ۱/۳۶ و ۰/۷۹ میلی‌گرم در گرم برگ مربوط بود. کلروفیل کل با اثر منفی بیماری از ۱۰/۷۰ میلی‌گرم در گرم برگ به ۸/۹۳ میلی‌گرم در گرم برگ کاهش یافت که در اکثر ارقام به جز Merak و SB16 صادق بود.

شد و به مدت ۲۱ دقیقه با سرعت ۱۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. قسمت بالایی عصاره جدا و به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از انجام این مرحله، ۵ میلی‌لیتر از محلول برادفورد، ۲۹۰ میکرولیتر از بافر استخراج و ۱۰ میکرولیتر از عصاره‌های تهیه شده پس از ورتکس جهت تعیین میزان جذب در اسپکتروفتومتر با طول‌موج ۵۹۰ نانومتر قرار داده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی، عصاره حاصل با استفاده از روش سوداکار و همکاران (Sudhakar et al. 2001) استفاده گردید. ۰/۱ میلی‌گرم نمونه فریز شده وزن تر در ۱/۲ میلی‌لیتر بافر تریس ۰/۰۵ میلی‌مولار و با $\text{pH}=7/5$ ساییده و به مدت ۲۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، ۴۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با هم مخلوط و در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و فعالیت آنزیمی بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه گردید (Chance and Maehly 1995). فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس روش کار و میشرا (Kar and Mishra 1976) انجام شد. تریس اسیدکلریدریک ۱۰۰ میلی‌مولار با پیروگالول ۱۰ میلی‌مولار و آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار مخلوط و از مخلوط به دست آمده، ۲/۵ میلی‌لیتر برداشته شد و به آن ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی افزوده شد و قرائت در طول موج ۴۲۵ نانومتر صورت گرفت. فعالیت سینتیکی آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با روش کار و میشرا (Kar and Mishra 1976) بررسی شد. بدین‌صورت که ۱/۵ میلی‌لیتر تریس ۰/۲ مولار، ۰/۳ میلی‌لیتر پیروگالول ۰/۰۲ مولار و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه شده و در طول موج ۴۲۰ نانومتر پس از گذشت ۵ دقیقه قرائت گردید.

جدول ۲ مقایسه میانگین برهمکنش بیماری و رقم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی چغندر قند تحت تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

ارقام	کلروفیل a (میلی گرم در گرم)		کلروفیل کل (میلی گرم در گرم)		فلاونوئیدها (میلی مول در گرم)		انتوسیانین‌ها (نانومول در گرم)		کارتونوئیدها (نانومول در گرم)	
	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد
Cesira	۰/۰۸۲ ^{b-h}	۰/۰۸۲ ^{b-h}	۵/۴۶ ^{d-g}	۵/۴۶ ^{d-g}	۱۲/۷۱ ^g	۱۶/۲ ^{c-g}	۰/۷۶ ^h	۱/۰۸۱ ^{c-f}	۰/۰۳۵ ^k	۰/۰۸۱ ^{c-f}
Lisetta	۰/۱۲۶ ^a	۰/۰۶۷ ^{g-i}	۸/۴۰ ^a	۴/۷۰ ^{f-h}	۱۷/۳۸ ^{a-f}	۱۶/۸۹ ^{b-g}	۱/۷۳ ^a	۰/۰۹۰ ^{bc}	۰/۰۸۳ ^{c-e}	۰/۰۹۰ ^{bc}
Antek	۰/۱۰۹ ^{ab}	۰/۰۸۴ ^{b-h}	۷/۳۱ ^{ab}	۵/۷۶ ^{b-g}	۱۵/۵۳ ^{d-i}	۱۵/۷۸ ^{c-h}	۱/۳۷ ^{bc}	۱/۲۱ ^{c-f}	۰/۰۴۹ ^{h-k}	۰/۰۶۶ ^{e-i}
BTS 853	۰/۰۸۸ ^{b-g}	۰/۰۷۹ ^{d-h}	۵/۷۸ ^{b-g}	۵/۳۷ ^{d-g}	۱۴/۵۳ ^{f-g}	۱۳/۰۷ ^{h-j}	۰/۹۷ ^{d-h}	۰/۹۶ ^{d-h}	۰/۰۵۹ ^{f-j}	۰/۰۶۵ ^{e-i}
Merak	۰/۰۹۵ ^{b-f}	۰/۰۹۹ ^{a-f}	۶/۳۶ ^{b-f}	۶/۳۳ ^{a-e}	۱۸/۴۴ ^{a-d}	۱۷/۶۷ ^{a-e}	۰/۹۰ ^{f-i}	۱/۳۷ ^{ab}	۰/۰۸۳ ^{c-e}	۰/۰۸۵ ^{c-e}
Yasmene	۰/۰۸۴ ^{b-h}	۰/۰۷۴ ^{f-h}	۵/۵۱ ^{c-g}	۵/۱۳ ^{e-g}	۱۲/۴۵ ^j	۱۷/۱۸ ^{a-f}	۱/۰۰۳ ^{d-h}	۰/۷۹ ^{g-i}	۰/۰۶۶ ^{e-i}	۰/۰۶۸ ^{e-i}
Qualita	۰/۰۸۲ ^{b-h}	۰/۰۴۷ ⁱ	۵/۴۴ ^{d-g}	۳/۰۰۶ ^h	۱۴/۰۸ ^{h-j}	۱۴/۰۳ ^{f-g}	۰/۹۳ ^{e-i}	۰/۷۰ ⁱ	۰/۰۵۰ ^{g-k}	۰/۰۷۵ ^{d-h}
SB16	۰/۰۷۶ ^{e-h}	۰/۰۹۸ ^{b-f}	۵/۱۳ ^{e-g}	۶/۶۷ ^{b-e}	۱۵/۱۳ ^{e-j}	۱۷/۰۳ ^{b-g}	۱/۰۴ ^{d-g}	۱/۱۵ ^{b-e}	۰/۰۵۳ ^{f-j}	۰/۰۶۴ ^{e-i}
20447	۰/۱۰۱ ^{a-e}	۰/۰۶ ^{hi}	۶/۸۹ ^{a-e}	۴/۲۶ ^{gh}	۱۹/۶۴ ^{ab}	۱۶/۹۹ ^{e-j}	۱/۰۸ ^{d-f}	۱/۱۶ ^{b-e}	۰/۰۷۶ ^{d-g}	۰/۰۷۷ ^{d-g}
25448	۰/۱۰۱ ^{a-c}	۰/۰۷۳ ^{f-h}	۶/۶۷ ^{a-e}	۵/۱۳ ^{e-g}	۱۶/۵۴ ^{f-j}	۱۶/۳۸ ^{c-g}	۱/۱۹ ^{b-d}	۱/۰۴ ^{d-g}	۰/۰۵۰ ^{g-k}	۰/۰۹۵ ^{ab}
HI 0063	۰/۱۰۰۸ ^{a-c}	۰/۱۰۳ ^{a-d}	۷/۲۶ ^{a-c}	۷/۱۱ ^{a-d}	۱۸/۷۵ ^{a-c}	۲۰/۱۵ ^a	۱/۱۸ ^{b-d}	۱/۳۷ ^{bc}	۰/۰۷۸ ^{d-g}	۰/۱۱۷ ^a
	۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۸۶	۰/۱۳					

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند؛ بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳ مقایسه میانگین برهمکنش بیماری و رقم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت چغندر قند تحت تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

ارقام	پروتئین کل (میلی گرم بر گرم)		پراکسیداز (تغییرات جذب در میلی گرم پروتئین)		پلی فنل اکسیداز (تغییرات جذب در میلی گرم پروتئین)		وزن خشک اندام هوایی	
	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد	بیماری	شاهد
Cesira	۳۹/۷۴ ^{gh}	۲۲/۵۳ ⁱ	۰/۰۰۹ ^{bc}	۰/۰۱۳ ^{ad}	۰/۰۱۶ ^{c-e}	۰/۰۲۸ ⁱ	۸/۳۳ ^{c-e}	۶/۷۷ ^{c-e}
Lisetta	۴۲/۷ ^{e-h}	۳۱/۵۶ ^{hi}	۰/۰۰۸ ^{b-d}	۰/۰۰۱ ^{ab}	۰/۰۱۵ ^{c-e}	۰/۰۲۳ ^{ab}	۸/۲۰ ^{c-e}	۱۴/۵۱ ^b
Antek	۴۰/۸۶ ⁱ⁻ⁿ	۵۲/۸۵ ^{c-i}	۰/۰۰۸۵ ^{p-c}	۰/۰۰۶ ^{c-n}	۰/۰۱۷ ^{d-e}	۰/۰۱۴ ^{c-i}	۸/۱۰ ^{c-e}	۵/۱۳ ^{e-i}
BTS 853	۴۵/۲۸ ^{d-g}	۴۲/۹۸ ^{e-h}	۰/۰۰۶۵ ^{c-h}	۰/۰۰۷۵ ^{b-g}	۰/۰۱۳ ^{d-i}	۰/۰۱۴ ^{c-i}	۷/۴۵ ^{c-e}	۵/۵۵ ^{d-e}
Merak	۵۴/۴ ^{b-e}	۱۲/۶۵ ^{a-c}	۰/۰۰۶۱ ^{c-h}	۰/۰۰۴۳ ^{c-h}	۰/۰۱۲ ^{d-f}	۰/۰۱۲ ^{d-f}	۷/۳۹ ^{c-e}	۶/۳۵ ^{c-e}
Yasmene	۵۹/۹ ^{a-c}	۵۵/۳۹ ^{a-e}	۰/۰۰۸۹ ^{bc}	۰/۰۰۵۷ ^{d-h}	۰/۰۱۶ ^{c-e}	۰/۰۱۵ ^{c-e}	۶/۴۸ ^{c-e}	۷/۰۶ ^{c-e}
Qualita	۵۷/۳۶ ^{a-d}	۶۰/۷۵ ^{a-c}	۰/۰۰۵۳ ^{gh}	۰/۰۰۷۶ ^{b-f}	۰/۰۱۴ ^{c-f}	۰/۰۱۱ ^{ef}	۷/۹۰ ^{c-d}	۸/۶۱ ^{cd}
SB16	۵۳/۸۴ ^{b-e}	۶۵/۵۴ ^{a-c}	۰/۰۰۵۶ ^{c-n}	۰/۰۰۵۹ ^{c-n}	۰/۰۱۳ ^{d-i}	۰/۰۱۱ ^{d-i}	۱۲/۸۹ ^d	۹/۵۵ ^{dc}
20447	۶۷/۹۴ ^a	۵۷/۳۶ ^{a-d}	۰/۰۰۴۵ ^{gh}	۰/۰۰۶۴ ^{c-h}	۰/۰۱۱ ^{ef}	۰/۰۱۵ ^{c-e}	۷/۵۱ ^{c-e}	۲/۱۳ ⁱ
25448	۵۵/۸۱ ^{a-d}	۴۵/۸ ^{d-g}	۰/۰۰۷۷ ^{b-f}	۰/۰۰۷۷ ^{b-f}	۰/۰۱۱ ^{ef}	۰/۰۱۹ ^{bc}	۸/۱۷ ^{c-e}	۵/۷۳ ^{d-e}
HI 0063	۶۱/۰۳ ^{a-c}	۶۶/۱۱ ^{ab}	۰/۰۰۵۳ ^{gh}	۰/۰۰۶۱ ^{c-h}	۰/۰۰۹ ^f	۰/۰۱۵ ^{c-f}	۲۲/۳۳ ^a	۱۲/۰۵ ^b
	۵/۷۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲۸	۱/۰۱				

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند؛ بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

فلاونوئیدها در شرایط بیماری مربوط به ارقام HI0063 و Merak با میانگین‌های ۲۰/۱۵ و ۱۸/۴۴ میلی‌مول بر گرم و کمترین مقدار آن مربوط به ارقام Yasmene و Cesira با میانگین‌های ۱۲/۴۵ و ۱۲/۷۱ میلی‌مول بر گرم بود. اکثر ارقام تحت اثر متقابل

بر اساس نتایج، نسبت رنگدانه‌ها تحت تأثیر مثبت بیماری قرار گرفت، به طوری که مقدار آن از ۰/۱۱ میلی‌گرم به ۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم برگ افزایش یافت. همچنین در اکثر ارقام، افزایش میزان فلاونوئیدها مشاهده شد؛ بالاترین میزان

میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه (جدول ۳) بود. همچنین مشاهده شد که بیماری با اثر مثبت باعث افزایش پلی‌فنل‌اکسیداز از ۰/۱۱ تا ۰/۱۶ می‌شود تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه به ۰/۱۶ می‌شود که این افزایش در بیش از ۵۰ درصد ارقام دیده شد. بالاترین میزان پلی‌فنل‌اکسیداز در حالت بیماری به Cesira و Lisetta با میانگین‌های ۰/۲۸ و ۰/۲۳ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه و کمترین میزان آن به Merak و Qualita با میانگین‌های ۰/۱۱۵ و ۰/۱۱۴ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه تعلق داشت (جدول ۳).

وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس مربوط به وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن خشک ریشه نشان داد که وزن خشک ریشه تنها تحت تأثیر اثرات اصلی رقم و بیماری قرار گرفت، در حالی که وزن خشک اندام‌های هوایی علاوه بر اثرات اصلی تحت تأثیر بر همکنش آنها نیز قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین وزن خشک ریشه نشان داد که بیماری با تأثیر مثبت باعث افزایش وزن خشک ریشه از ۴۶/۹۶ به ۵۷/۶۷ گرم در بوته شد. همچنین وزن خشک ریشه تحت تأثیر رقم قرار گرفت؛ به‌طوری که بالاترین میزان وزن ریشه به HI0063 و BTS 853 با میانگین‌های ۱۱۷/۹۴ و ۵۶/۶۵ گرم در بوته و کمترین میزان آن به 25447 و Yasmene با میانگین‌های ۲۷/۲۵ و ۳۸/۱۰ گرم در بوته مربوط بود. همچنین بیماری با تأثیر منفی بر وزن خشک اندام‌های هوایی باعث کاهش وزن خشک برگ شد و این کاهش در اکثر ارقام دیده می‌شود؛ بالاترین مقدار آن در شرایط بیماری به Lisetta و HI0063 با میانگین‌های ۱۴/۵۱ و ۱۲/۰۵ گرم و کمترین میزان آن به 25447 و Antek با میانگین‌های ۲/۱۲ و ۵/۱۳ گرم مرتبط بود. بالاترین میزان وزن خشک اندام هوایی در شرایط عدم بیماری به HI0063 و SB16 با میانگین‌های ۲۲/۳۳ و ۱۲/۸۹ گرم و کمترین میزان آن به Merak و Yasmene با

بین رقم و بیماری، با کاهش آنتوسیانین‌ها مواجه شدند و بالاترین میزان آن در شرایط بیماری مربوط به Merak و HI0063 با میانگین‌های ۱/۳۷ و ۱/۳۷ نانومول در گرم و کمترین میزان آن مربوط به Cesira و Qualita با میانگین‌های ۰/۷۰ و ۰/۷۶ نانومول در گرم بود (جدول ۲). میزان کاروتنوئیدها تحت تأثیر برهمکنش بیماری و رقم در اکثر ارقام به جز HI 0063 و SB16 با کاهش میزان کاروتنوئیدها همراه بودند، به‌طوری که بالاترین میزان کاروتنوئیدها در حالت بیماری به Lisetta و Merak با میانگین‌های ۰/۰۸۳ و ۰/۰۸۲ نانومول در گرم تعلق داشت. همچنین بالاترین میزان کاروتنوئیدها در حالت عدم بیماری در 25448 و HI0063 با میانگین‌های ۰/۰۹۵ و ۰/۱۱۷ نانومول در گرم اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پروتئین

میزان پروتئین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز تحت تأثیر رقم و اثر متقابل بین بیماری و رقم قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان پروتئین در شش رقم کاهش و در پنج رقم افزایش یافت؛ بالاترین میزان پروتئین در شرایط بیماری مربوط به HI0063 و SB16 با میانگین‌های ۶۶/۱۱ و ۶۵/۵۴ میلی‌گرم بر گرم و کمترین میزان آن مربوط به Cesira و Lisetta با میانگین‌های ۲۳/۵۲ و ۳۱/۵۶ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۳). برهمکنش بیماری و رقم نشان داد که در اکثر ارقام، افزایش میزان پراکسیداز دیده می‌شود، به‌طوری که بالاترین میزان پراکسیداز در شرایط بیماری به Cesira و Lisetta با میانگین‌های ۰/۰۱۳ و ۰/۰۱۰ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه و کمترین میزان آن به Merak و Yasmene با میانگین‌های ۰/۰۰۴۳ و ۰/۰۰۵۷ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه تعلق داشت. بالاترین میزان پراکسیداز در حالت عدم بیماری متعلق به Cesira و Yasmene با میانگین‌های ۰/۰۱۰ و ۰/۰۰۹ تغییرات جذب در

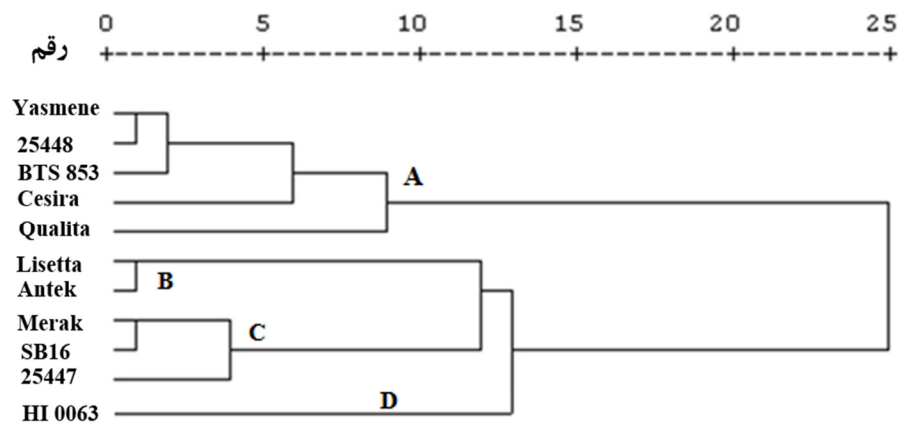
میانگین‌های ۶/۴۸ و ۷/۳۹ گرم تعلق داشت (جدول ۳).

خوشه‌بندی

نتایج تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) مربوط به رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشان داد که ارقام مورد استفاده در چهار گروه قرار گرفتند. گروه A شامل پنج رقم Qualita و Cesira، BTS 853، 25448، Yasmene و گروه B شامل Lisetta و Antek، گروه C شامل Merak و SB16 و 25447 و در نهایت گروه D شامل HI 0063 می‌باشد (شکل ۱).

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌های هر گروه نیز نشان داد که در گروه A به‌جز کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز، بقیه صفات (کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها، فلاونوئیدها، پروتئین، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی) نسبت به میانگین کل کمتر هستند. پروتئین و وزن خشک ریشه در گروه B نسبت به میانگین کل کمتر و میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، پروتئین، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی) نسبت به میانگین کل کمتر و میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، کاتالاز،

پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به میانگین کل بیشتر هستند. میزان کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل-اکسیداز، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی در گروه C نسبت به میانگین کل کمتر و میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و پروتئین نسبت به میانگین کل بیشتر هستند. بالاترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها، پروتئین، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی از گروه D و بالاترین میزان کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها از گروه B به دست آمد، این در حالی بود که نسبت کلروفیل‌ها در بین گروه‌های B، C و D هیچ تفاوتی نشان نداد، ولی با گروه A متمایز بودند. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز در گروه A و B یکسان و بالاتر از دو گروه C و D بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در بین گروه‌ها تفاوتی نشان نداد (جدول ۴).



شکل ۱ تجزیه خوشه‌ای ارقام چغندر قند بر اساس رنگدانه‌ها، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و وزن خشک تحت تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

را با میانگین ۱۱۵/۴۹ و ۲۲/۳۳ گرم داشت و همچنین در بین ارقام تیمار شده نیز بالاترین وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام

رقم حساس HI0063 بر خلاف انتظار در بین ارقام شاهد، بالاترین وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی

بیماری مبتلا گردید و کاهش وزن برگ بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشت. Yasmene به‌عنوان رقمی با بیشترین مقاومت نسبی با داشتن وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی به ترتیب با میانگین‌های ۳۱/۱۰ و ۶/۴۸ گرم در شاهد و ۴۵/۰۹ و ۷/۰۶ گرم در بین ارقام بیمار در این پژوهش شناخته شد و نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه کمترین کاهش وزن خشک برگ را به خود اختصاص داد.

هوایی با میانگین ۱۲۰/۳۹ و ۱۲/۵۱ گرم به این رقم اختصاص دارد. رقم HI0063 با وجود داشتن بیشترین عملکرد در بین ارقام مورد مطالعه در این پژوهش، به‌عنوان حساس‌ترین رقم شناخته شده است و در یک گروه جداگانه D قرار گرفت و داشتن میانگین بالاتر در اکثر صفات از قبیل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، فلاونوئیدها، پروتئین، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی ناشی از بزرگتر بودن حجم بوته نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه است. این رقم بعد از اعمال بیماری زودتر از بقیه ارقام به

جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین در هر خوشه، خطای استاندارد شده و نسبت میانگین هر خوشه به میانگین کل در ارقام مختلف چغندر قند تحت تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

صفات	خوشه A			خوشه B			خوشه C			خوشه D		
	میانگین	SE	نسبت به میانگین	میانگین	SE	نسبت به میانگین	میانگین	SE	نسبت به میانگین	میانگین	SE	نسبت به میانگین
کلروفیل a (میلی گرم در گرم)	۷/۹۳	۰/۴۴	-۰/۰۹	۹/۷۰	۰/۰۲	-۰/۱۱	۸/۸۸	۰/۴۷	-۰/۰۱	۱۰/۵۹	۰	-۰/۲۱
کلروفیل b (میلی گرم در گرم)	۰/۹۴	۰/۰۵	-۰/۱۳	۱/۲۲	۰	-۰/۱۳	۱/۱۰	۰/۰۳	-۰/۰۳	۱/۳۷	۰	-۰/۲۷
کلروفیل کل (میلی گرم در گرم)	۸/۸۶	۰/۴۸	-۰/۱۰	۱۰/۹۱	۰/۰۲	-۰/۱۱	۹/۹۸	۰/۴۸	-۰/۰۲	۱۱/۹۶	۰	-۰/۲۲
نسبت کلروفیل‌ها (میلی گرم در گرم)	۰/۱۲	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۱۳	۰	-۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۱	۰	۰/۱۳	۰	-۰/۰۱
کاروتنوئیدها (نانومول در گرم)	۱/۳۹	۰/۰۵	-۰/۰۷	۱/۶۹	۰/۰۴	-۰/۱۳	۱/۵۲	۰/۰۹	-۰/۰۲	۱/۵۷	۰	-۰/۰۵
فلاونوئیدها (میلی مول در گرم)	۱۴/۵۶	۰/۲۸	-۰/۰۹	۱۶/۴۰	۰/۰۴	-۰/۰۲	۱۷/۱۵	۰/۵۸	-۰/۰۷	۱۹/۴۶	۰	-۰/۲۱
آنتوسیانین‌ها (نانومول در گرم)	۰/۹۵	۰/۰۵	-۰/۱۳	۱/۳۰	۰/۰۵	-۰/۱۹	۱/۱۲	۰/۰۱	-۰/۰۳	۱/۲۸	۰	-۰/۱۷
پروتئین (میلی گرم بر گرم)	۴۸/۶۷	۵/۰۲	-۰/۰۷	۴۲	۴/۸۷	-۰/۱۹	۶۰/۷۱	۰/۹۸	-۰/۱۷	۶۳/۵۷	۰	-۰/۲۲
کاتالاز (تغییرات جذب در میلی گرم پروتئین)	۰/۰۱	۰	۰/۱۱	۰/۰۱	۰	-۰/۲۹	۰	۰	-۰/۲۸	۰	-۰/۲۶	
پراکسیداز (تغییرات جذب در میلی گرم پروتئین)	۰/۰۱	۰	۰/۱۱	۰/۰۱	۰	-۰/۱۸	۰/۰۱	۰	-۰/۲۳	۰	-۰/۲۰	
پلی‌فنل‌اکسیداز (تغییرات جذب در میلی گرم پروتئین)	۰/۰۲	۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰	-۰/۲۰	۰/۰۱	۰	-۰/۱۸	۰	-۰/۲۰	
وزن خشک ریشه (گرم)	۴۶/۳۱	۴/۰۹	-۰/۱۱	۴۵/۹۸	۲/۹۲	-۰/۱۲	۴۴/۷۹	۸/۷۷	-۰/۱۴	۱۱۷/۹۴	۰	۱/۲۵
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۷/۲۰	۰/۳۱	-۰/۱۵	۸/۴۹	۱/۸۸	۰	۷/۶۴	۱/۸۹	-۰/۱۰	۱۷/۱۹	۰	۱/۰۳

خوشه A=Yasmene، 25448، 853، Cesira و Qualita.

خوشه B=Lisetta و Antek.

خوشه C=Merak، 16، SB و 25447.

خوشه D=HI 0063

بحث

اغلب ارقام چغندر قند می‌شود که در رقم HI0063 بیشترین و در رقم Cesira کمترین مقدار بود (جدول ۲). لازم به ذکر است که نمونه برگی شامل تمامی برگ یعنی قسمت سالم و آلوده مورد بررسی قرار گرفت؛ همچنین معلوم شد که بیماری لکه‌برگی،

نتایج حاصل از بررسی رنگدانه‌های فتوسنتزی در این پژوهش نشان داد که بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی چغندر قند باعث کاهش میزان کلروفیل a و به تبع آن کاهش کلروفیل کل در

جبران نقص در غلظت مولکول‌ها طی دوره تنش وارد عمل شوند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در ارقام متحمل به بیماری، میزان رنگدانه‌های کمکی افزایش بیشتری نشان می‌دهند (جدول ۲). نتایج تجزیه کلاستر نیز نشان داد که در کلاستر D که بالاترین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی اصلی را به خود اختصاص داد، بالاترین رنگدانه‌های کمکی نیز مربوط به این گروه از ارقام است (جدول ۴). این رنگیزه‌ها در مکان‌های ویژه‌ای درون برگ‌ها برای کارایی بهینه گیاه وارد عمل می‌شوند. انباشتگی آنتوسیانین‌ها با حمله عوامل بیماری‌زا در مطالعات متعددی گزارش شده است (Hipskind et al. 1996; Heim et al. 1983).

گیاهان در مقابله با تنش‌های اکسیداتیو از سیستم‌های مختلفی استفاده می‌کنند و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، یکی از این سازوکارهای مقابله می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیماری لکه‌برگی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز در ارقام بیمار چغندر قند نسبت به رقم شاهد می‌شود (جدول ۳). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در رقم حساس (HI0063) نسبت به رقم متحمل (Yasmene) بیشتر بود. همچنین گروه D به عنوان گروه حساس، بالاترین فعالیت آنزیمی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). ساری و همکاران (Sari et al. 2007) در بررسی خود روی گندم دریافتند که میزان آنزیم پراکسیداز در گیاهان تیمار شده با باکتری *Bacillus pumilus* و قارچ *Gaeummonomyces graminis* به صورت توأم به تدریج افزایش می‌یابد. تحقیقات انجام شده توسط کائو و همکاران (Cao et al. 2005) نیز میزان افزایش آنزیم پراکسیداز در میوه‌های گلابی تیمار شده با قارچ *Penicillium expansum* را ۶۹ درصد و ترکیبات فنولی را

میزان فلاونوئیدهای برگ‌های چغندر قند را در اکثر ارقام افزایش می‌دهد که این افزایش در رقم HI0063 به عنوان حساس‌ترین رقم بیشتر از اکثر ارقام دیگر بود (جدول ۲). در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است که لکه‌برگی سرکوسپورایی بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی چغندر قند تأثیر دارد، به طوری که در برخی گزارش‌ها در اثر بیماری، میزان کارتنوئیدها ۳۵ درصد، کلروفیل کل ۲۱/۳ درصد و سرعت فتوسنتز ۷۷/۳ درصد افت نشان داده است (Lobato et al. 2010). اسکارپاری و همکاران (Scarpari et al. 2005) در مطالعه خود از کاهش میزان کلروفیل a و b در کاکائوی آلوده به بیمارگر *Crinipellis pernicioso* خبر دادند. به طور کلی، تنش‌های زیستی موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد سوپراکسید (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌شوند (Turkan et al. 2005). فعالیت این گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) باعث بروز آسیب‌هایی مانند اکسایش چربی‌ها، تغییر ساختار غشاء و از هم پاشیدگی یکپارچگی آن، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل و حمله به مولکول‌هایی مثل DNA و اختلال در رشته‌های پروتئینی می‌گردد (Mohanty 2003). کاهش رنگدانه‌های اصلی فتوسنتز در این مطالعه نیز تأیید کننده این مطلب است (جدول ۲). فلاونوئیدها و ترکیب‌های فنلی، دارای نقش محافظتی و آنتی‌اکسیدانی هستند (Posmyk et al. 2004; Skorzynska-Polit et al. 2007). آنتوسیانین‌ها به احتمال زیاد باعث تسهیل ورود نمک به واکوئل سلول‌ها و در نتیجه جمع‌آوری آنها از سایر بخش‌ها می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که آنتوسیانین‌ها می‌توانند در هماهنگی با مولکول‌های حفاظتی در یاخته‌های گیاهی عمل خود را انجام دهند و برای

شده روی این آنزیم و نیز تجمع چندین آنزیم از جمله پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکساید دیس موتاز، پلی فنل اکسیداز و ترکیباتی شبیه به فنل به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه در پاسخ به تنش در گیاهان به اثبات رسیده است (Constabel *et al.* 1996). در گیاهان، رابطه مثبت بین سطح آنزیم پلی فنل اکسیداز و مقاومت به بیمارگر مشاهده شده است. مدارک و شواهد زیادی در خصوص اهمیت القای آنزیم پلی فنل اکسیداز در گیاهان، به ویژه در شرایط تنش و حمله گیاهان وجود دارد (Mayer 2006). پلی فنل اکسیداز در سلول‌های گیاهی نقش مهمی در اکسیداسیون فنل‌ها به کوئینون‌ها و تشکیل لیگنین دارد. این آنزیم در واکنش‌های دفاعی و فوق حساسیت گیاه در مقابل ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها دخالت دارد. نقش کئینون‌ها در مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زا ثابت شده است. افزایش میزان این آنزیم عمدتاً در محل آلودگی بیمارگر محسوس است (Mohammadi and Kazemi 2002). در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد که ارقام حساس، تغییرات بیشتری در فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نشان دادند که مؤید این مطلب است (جدول ۳). ترکیبات فنلی به همراه سایر آنزیم‌ها و مواد دفاعی نظیر پراکسیدازها و پلی فنل اکسیداز در مقاومت علیه بیمارگرهای گیاهی، به ویژه نماتدها به صورت سیستمیک دخالت دارند (Ogallo and McClure 1996).

در این تحقیق، بیماری باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و افزایش وزن خشک ریشه شد. احتمالاً بالارفتن وزن خشک ریشه در اثر بیماری را می‌توان به افزایش رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی در طی تنش با توجه به افزایش تبخیر و تعریق در اثر زخمی شدن برگ و اتلاف آب نسبت داد. بخشی خانیکی و همکاران (Bakhshi khaniki *et al.* 2011) در مطالعه خود نشان دادند که وزن اندام هوایی در مقایسه با ریشه،

۱۴/۶ درصد بالاتر از شاهد نشان داد. خزائی و همکاران (Khazay *et al.* 2010) در بررسی سیب رقم زرد تیمار شده با باکتری آنتاگونیست *Pseudomonas fluorescens* و قارچ *P.expansum* عامل کپک آبی سیب دریافتند که میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به تدریج افزایش می‌یابد و در روز نهم به حداکثر خود رسیده و سپس رو به کاهش می‌گذارد.

سیستم‌های دفاعی گیاهان در برابر این گروه‌های فعال اکسیژن شامل آنزیم‌هایی است که قادر به جابجا کردن، روبش کردن و یا خنثی کردن رادیکال‌های آزاد و واسطه‌های دارای اکسیژن هستند (Keyhani *et al.* 2002). در این مطالعه، در بین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، دو آنزیم پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز بیشترین تغییر را در اثر بیماری نشان دادند، به طوری که تغییرات پراکسیداز در رقم Yasmene به عنوان رقمی با بیشترین مقاومت نسبی و تغییرات پلی فنل اکسیداز در رقم حساس HI0063 بیشتر از ارقام با مقاومت نسبی بالاتر بود که این موضوع احتمالاً نشان دهنده این مطلب است که عامل دیگری نیز به غیر از فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در مقاومت ارقام چغندر دخیل می‌باشند (جدول ۳). پراکسیدازها از جمله آنزیم‌هایی هستند که توانایی حذف رادیکال‌های آزاد سمی را دارند (Keyhani *et al.* 2002). به طور کلی می‌توان گفت که آنزیم پراکسیداز در محدوده وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند متابولیسم اکسین، تشکیل لیگنین و سوبرین، ارتباطات متقابل ترکیبات دیواره سلولی، دفاع بر علیه بیمارگرها یا طویل شدن سلولی شرکت می‌کند؛ این ویژگی‌ها را به آسانی می‌توان در تمام طول عمر گیاهان مختلف از مراحل اولیه رویش بذر تا مرحله پیری تشخیص داد (Yildirim *et al.* 2004). همچنین نقش دفاعی آنزیم پلی فنل اکسیداز در برابر بیمارگرها در تحقیقات انجام

اندام‌های هوایی نسبت به ریشه می‌تواند منجر به افزایش رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی گردد و احتمالاً بالا رفتن وزن خشک ریشه در اثر بیماری را نیز می‌توان به افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در طی تنش با توجه به افزایش تبخیر و تعریق در اثر زخمی شدن برگ نسبت داد.

به طور کلی مشاهده شد که بر خلاف انتظار، رقم HI0063 هرچند از نظر ظاهری رقمی حساس به شمار می‌آمد و علائم بیماری را زودتر از بقیه نشان داد، ولی بالاترین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و همچنین بالاترین رنگدانه‌های کمکی را در شرایط بیماری از خود نشان داد و به تنهایی در یک تقسیم‌بندی کلاستر قرار گرفت. بنابراین بهتر است برای تقسیم‌بندی ارقام علاوه بر علائم ظاهری به برخی صفات فیزیولوژیک دیگر نیز توجه شود. همچنین رقم HI0063 نسبت به سایر ارقام مورد بررسی از سطح برگ و وزن خشک بیشتری برخوردار است (جدول ۳)؛ این درحالی بود که تفاوت زیادی در بین ارقام متحمل مشاهده نشد و همان طوری که انتظار می‌رفت، اکثراً در یک کلاستر قرار گرفتند. لذا به نظر می‌رسد در انتخاب ارقام برای مناطقی که درگیر این بیماری هستند، پتانسیل عملکرد رقم در شرایط مزرعه کمک شایانی خواهد کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از ریاست و کارشناسان محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند به دلیل در اختیار قرار دادن بذور مورد استفاده و سایر مساعدت‌های لازم نهایت تشکر و قدردانی دارند

بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و افت بیشتر اندام هوایی مشاهده شد. همچنین مشاهده شد رقم HI0063 بعد از اعمال بیماری زودتر از بقیه ارقام به بیماری مبتلا گردید و کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشت. رقم Yasmene به‌عنوان متحمل‌ترین رقم در این پژوهش شناخته شد.

برخی محققین گزارش کردند که مایه‌زنی قارچ فوزاریوم باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه نخودفرنگی نسبت به تیمار شاهد می‌شود (Sohrabi et al. 2013). در زمان آلودگی بافت توسط بیمارگر فتوستنژ کاهش می‌یابد و همزمان سلول‌ها به دلیل فعالیت‌های دفاعی، انرژی بیشتری نیاز دارند که این امر باعث آغاز انتقال از منبع به بافت آلوده می‌شود و کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در اثر بیماری می‌تواند به این علت باشد (جدول ۳). این انتقال عموماً با افزایش بیان ژن اینورتاز در دیواره سلولی همراه است. بعد از مایه‌زنی بیمارگر، غلظت ساکارز آپوپلاستیک (فضای انتشار آزاد در خارج غشای پلاسمایی) برای چند ساعت افزایش می‌یابد. افزایش فعالیت در دیواره سلولی موجب شکسته شدن ساکارز و تبدیل آن به گلوکز و فروکتوز می‌شود. این‌ها هگروزه‌هایی هستند که توسط انتقال دهنده‌ها به درون سلول منتقل می‌شوند تا انرژی و کربن مورد نیاز سلول برای پاسخ به مقاومت در برابر بیمارگر را فراهم کنند (Bolton et al. 2008).

لکه‌های ایجاد شده بر اثر بیماری بر روی برگ‌ها موجب اتلاف سریع آب و کاهش پتانسیل آماس سلول‌ها می‌گردد، احتمالاً با توجه به پایین بودن پتانسیل آماس آستانه رشد در

References:

Abbasi S, Alizadeh A, Mesbah M, Mohammadi Gultape A. Comparison of different methods of evaluation of resistance to

منابع مورد استفاده

- Cercospora beticola* in sugar beet under field, greenhouse and in vitro conditions. Journal of Applied Entomology and Phytopathology. 2002; 71(1): 1-26. (in Persian, abstract in English)
- Abbasi S, Alizadeh A, Mesbah M, Banihashemi M. Evaluation of sugar beet resistance to *Cercospora beticola* using detached leaf disks. Journal of Sugar Beet. 2003; 19 (1):23-35.(in Persian, abstract in English)
- Abbasi S, Mahmoodi SB. The reaction of sugar beet cultivars to fungal isolates causing leaf spot disease. Journal of Plant Protection Research. 2009; 33(1):71-84. (in Persian, abstract in English)
- Abbasi S, Mesbah M, Mahmoudi SB. Optimization of field evaluation of resistance of sugar beet cultivars to cercospora leaf spot. Journal of Sugar Beet. 2002; 18(1):81-91.(in Persian, abstract in English)
- Aghaeizadeh M, Vahedi S, Fathi MR, Orazizadeh MR, Babae B. Identification of tetraploid pollinator resistant to leaf spot disease and bolting in sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2015; 30(2): 67-71.
- Bakhshi khaniki G, Javadi S, Mehdikhani P, Tahmasebi D. Investigation of drought stress effects on some quantity and quality characteristics of new eugenics sugar beet genotypes. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal. 2011; 1 (3) :65-74. (in Persian, abstract in English)
- Bakhshi M, Arzanlou M, Babai-Ahari A. Comprehensive check list of Cercosporoid fungi from. Iranian Journal of Plant Pathology and Quarantine. 2012; 2:44-55.
- Bolton MD, Thomma BPHJ. The complexity of nitrogen metabolism and nitrogen-regulated gene expression in plant pathogenic fungi. Physiolo. Molecular Plant Pathology. 2008; 72:104-110.
- Bradford MMA. rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry Quantities. 1976; 72: 248-254.
- Cao J, Jiang W, He H. Induced resistance in Yali Pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd) fruit against infection by *Penicillium expansum* by postharvest infiltration of Acibenzolar- S-methyl. Journal of Phytopathology. 2005; 153: 640- 646.
- Chance B, Maehly AC. Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymology. 1955; 11: 764-755.
- Constabel CP, Bergey DR, Ryan CA. Polyphenol oxidase as a component of the inducible defense response in tomato against herbivores. In phytochemical Diversity and Redundancy in Ecological Interactions. Eds Romeo JT, Saunders JA, Plenum Press, New York. 1996. pp. 231-252.
- Crous PW, Braun U. *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in Cercospora and Passalora. CBS, Utrecht. 2003. pp .571.
- Draycott AP. Sugar Beet. Blackwell Publishing. Suffolk, United Kingdom. 2006. pp. 475.
- Heim D, Nicholson RL, Pascholati SF, Hagerman AE, Billet W. Etiolated maize mesocotyls: A tool for investigating disease interactions. Journal of Phytopathology. 1983; 73: 424-428.
- Hipskind J, Woodand K, Nicholson RL. Localized stimulation of anthocyanin accumulation and delineation of pathogen

- ingress in maize genetically resistant to *Bipolaris maydis* Race O. Physiological and Molecular Plant Pathology. 1996; 49: 247-256.
- Holtshulte B. *Cercospora beticola* worldwide distribution and incidence. In: Asher MJC, Holtshulte B, Richard Molard M, Rosso F, Steinrücken G and Beckers R (eds.) *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugarbeet. 2000. pp. 5-16.
- Kar M, Mishra D. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activity during rice leaf senescence. *Plant Physiology*. 1976; 57: 315-319.
- Karaoglandis GS, Thanassoulopoulos CC, Ioannidis PM. Fitness of *Cercospora beticola* field isolate-resistant and sensitive-to demethylation inhibitor fungicides. *European Journal of Plant Pathology*. 2001; 107: 337-347.
- Kelber E. Multivariate models for the estimation of yield losses in sugar beet due to *Cercospora beticola*. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*. 1977; 84: 174 -186.
- Keyhani J, Keyhani E, Kamali J. Thermal Stability of Catalases Active in Dormant Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms. *Molecular Biology Reports*. 2002; 29: 125-128.
- Khazay F, Etebarian H, Rostamy A, Alizade A. Study change peroxidase enzyme and total phenol on yellow genotypes apple fruit treated with *Penicillium expansum* and *Penicillium expansum*. *Seed and Plant Production*. 2010; 2(4): 419-433. (in Persian, abstract in English).
- Koch G, Jung C. Genetic location of *Cercospora* resistance genes. In: *Cercospora beticola* Sacc. Biology, agronomic influence and control measures in sugar beet, Vol 2, ed Asher MIC, Holtshulte B, Richard Molard M, Rosso F, Steinruken G, Beckers R. 2000. pp. 197- 210
- Krizek DT, Britz SJ, Mirecki RM. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of, New Red Fire Lettuce. *Journal of Plant Physiology*. 1998; 103:1-7.
- Lobato AKS, Gonc MC, Alves-Vidigal PS, Vidigal Filho CAB, Andrade Kvitschal Bonato CM. Relationships between leaf pigments and photosynthesis in common bean plants infected by anthracnose. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2010; 38(1): 29-37.
- Madaniyan Mohammadi R, Minasian V, Safai N, Mahmoudi SB, Sharifi H. Modeling of disease progress in *Cercospora* leaf spot of sugar beet. *Iranian Journal of Plant Pathology*. 2004; 40(3-4): 327-343. (in Persian, abstract in English).
- Magbanua ZV, Moraes CMD, Brooks TD, Williams WP, Luthe DS. Is Catalase Activity One of the Factors Associated with Maize Resistance to *Aspergillus flavus*? *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2007; 20(6):697-706.
- Mahajan S, Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives Biochem. Biophys*. 2005; 444: 139-158.
- Mayer AM. Polyphenol oxidases in plants and fungi: going places? A review. *Phytochemistry*. 2006; 67:2318-2331.
- Mohammadi M, Kazemi H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat

- heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. *Plant Science*. 2002; 162: 491-498.
- Mohanty N. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of *Triticum aestivum* L. exposed to warmer growth conditions. *Journal of Plant Pathology*. 2003; 160:71-74.
- Niazian M, Amiri R, Rajabi A, O'zashi Zadeh MR. Evaluation of resistance to *Cercospora* leaf spot disease in some lines and hybrids of sugar beet under natural infection in khuzestan province. *Iranian Journal of Plant Pathology*. 2012; 50(1): 95-98. (in Persian, abstract in English)
- Ogallo JL, McClure MA. Systemic acquired resistance and susceptibility to root-knot nematode in tomato. *Journal of Phytopathology*. 1996; 86: 498-501.
- Omranizade F, Sahebani N, Aminian H. Investigating the activity of peroxidase and polyphenol oxidase in contaminated cucumbers to the root canal generating nematode *Meloidogyne javanica* and the mushroom is the cause of the swollen wilting of tomatoes *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Iranian Journal of Plant Protection Science*. 2011; 42(2): 315-323. (in Persian, abstract in English)
- Posmyk MM, Kontek R, Janas KM. Effect of anthocyanin-rich red cabbage extract on cytological injury induced by copper stress in plant and animal tissues. *Environ. Protection Natural Sources*. 2007; 33: 50-56.
- Sahebany N, Hadavi N. Study on the Systemic Effect of Root-knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) on Phenylalanine Ammonia Lyase Enzyme Activity in Tomato Root in the Interaction Between Root-Knot Nematode and Tomato Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*). *Journal of Science And Technology of Agriculture And Natural Resources*. 2008; 43: 217-225. (in Persian, abstract in English)
- Sari E, Etebarian HR, Aminian H. The effects of *Bacillus pumilus*, isolated from wheat rhizosphere, on resistance in wheat seedling roots against the Take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Journal of Phytopathology*. 2007; 155: 720-727.
- Scarpari LM, Meinhardt LW, Mazzafera P, Pomella A, Schiavinato MA, Cascardo JCM, Pereira GAG. Biochemical changes during the development of witches broom: the most important disease of cocoa in Brazil caused by *Crinipellis pernicioso*. *Journal of Experimental Botany*. 2005; 56: 865-877.
- Shane WW, Teng PS. Impact of *Cercospora* leaf spot on root weight, sugar yield and purity of *Beta vulgaris*. *Plant Disease*. 1992; 76: 812-820.
- Skorzynska-Polit E, Drazkiewicz M, Wianowska D, Maksymiec W, Dawidowicz AL, Tukiendorf A. The influence of heavy metal stress on the level of some flavonols in the primary leaves of *Phaseolus coccineus*. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2004; 26(3): 247- 253.
- Smith GA, Ruppel EG. *Cercospora* leaf spot as a prediosposing factor in storage rot of sugar beet roots. *Journal of Phytopathology*. 1971; 61:1485-1487.

- Sohrabi M, Mohammadi, H, Mohammadi AH. Effect two mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices* on Disease Root of Chickpea with the agent *Fusarium solani* f.sp. *pisi* in greenhouse conditions. Biologic control of pests and plant disease. 2013; 2(2):129-137. (in Persian, abstract in English)
- Sudhakar C, Lakshmi A, Giridara kumar S. changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. Plant Science. 2001; 167: 613-619.
- Turkan I, Bor M, Ozdemir F, Koca H. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought - tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science. 2005; 168: 223-231.
- Tyagi M, Kayastha A, Sinha M. B, The role of peroxidase and polyphenol oxidase isozymes in wheat resistance to *Alternaria triticina*. Biophysical Journal. 2000; 43:559-562.
- Wagner GJ. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Journal of Plant Physiology. 1979; 64: 88-93.
- Weiland J, Koch G. Sugarbeet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.). Molecular Plant Pathology. 2004; 5: 157-166.
- Yildirim O, Aras S, Ergul A. Response of Antioxidant System to Short-term NaCl stress in Grapevine root stock-1616c & *Vitis vinifera* L. cv. *Razaki*. Acta Biologica Cracoviensia. 2004; 46:151-158.