

بررسی واکنش تعدادی از ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) به کم آبیاری و بیماری ریزومانیا در شرایط مزرعه

The Study of response of some sugar beet (*Beta vulgaris L.*) cultivars to water deficit irrigation and rhizomania disease under field conditions

رحیم محمدیان^{۱*}، ولی .. یوسف آبادی^۲، مسعود احمدی^۳، کیوان فتوحی^۴

۱. دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳. استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۴. استادیار بخش تحقیقات چغندر قند مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، میاندوآب، ایران.
- ۵.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/AJ.2019.121794.1293

چکیده

محمدیان، ر.، یوسف آبادی، و.، احمدی، م.، فتوحی، ک.، بررسی واکنش تعدادی از ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) به کم آبیاری و بیماری ریزومانیا در شرایط مزرعه
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۴ - پایبند ۱۲۱ زمستان ۹۷: ۱۰۶-۱۲۸

کمیاب منابع آب آبیاری و بیماری ریزومانیا دو عامل عمده کاهش عملکرد در مزارع چغندر قند ایران هستند. در این پژوهش واکنش ۳۰ رقم تجارتي چغندر قند نسبت به کم آبیاری و بیماری ریزومانیا در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. روش آبیاری نشئی و دور آبیاری بر اساس تبخیر ۱۸۰ میلی متر از طشتک کلاس A بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر عملکرد قند و همچنین بهره‌وری آب مصرفی (WUE) معنی دار بود ($P < 0.01$). نتایج تأیید کرد که در چغندر قند اختلافات ژنوتیپ‌ها در بهره‌وری مصرف آب، عمدتاً بدلیل اختلاف در پتانسیل عملکرد آنها است. همچنین معلوم شد که ترتیب ارقام از نظر مقدار عملکرد قند در شرایط آلوده با شرایط غیر آلوده بایکدیگر تفاوت دارد. در شرایط آلودگی به بیماری نمره رنگ برگ و شاخص شدت بیماری با عملکرد شکر به ترتیب دارای همبستگی مثبت و منفی معنی داری ($P < 0.01$) به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۴۴ و ۰/۳۹ بودند. در شرایط غیر آلوده به بیماری نمره پژمردگی و پیری همبستگی منفی و معنی داری ($P < 0.05$) با عملکرد قند داشتند. در حالیکه در شرایط آلوده به بیماری همبستگی عملکرد قند با نمره پژمردگی و پیری برگ منفی ولی به ترتیب غیر معنی دار ($P > 0.05$) و معنی دار ($P < 0.01$) بود. در بین ۳۰ رقم تجارتي ارقام آنتک، بالو، بی‌تی‌اس ۲۳۳، دورتی، ایزابلا، لاتیتیا، لوریکت، پالما، پرفکتا، شکوفا و توکان از بهره‌وری مصرف آب آبیاری و عملکرد قند بالا و در عین حال از شاخص برتری مناسبی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، چغندر قند، ریزومانیا، شاخص برتری، کم آبیاری

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: R_Mohammadian@hotmail.com

مقدمه

با توجه به روند تغییرات آب و هوایی و پدیده گرمایش جهان، تقاضا برای آب افزایش یافته است. از طرف دیگر بخش کشاورزی از متقاضیان و مصرف کنندگان اصلی منابع آبی قابل استفاده در جهان می باشد (Nasseri *et al.*, 2017). لذا با توجه به محدودیت منابع آبی، به طور کلی کمبود آب و خشکی مهمترین تنش محیطی در کشاورزی بوده و تلاش های بسیاری برای بهبود تولیدات گیاهان زراعی تحت شرایط محدودیت آب انجام شده است (Cattivelli *et al.*, 2008).

در ارتباط با زراعت چغندر قند راهکارهای متعدد مدیریت زراعی پیشنهاد شده است (Mohammadian & Sadeghzadeh-hemayati, 2016; Mohammadian, 2015).

بطور کلی همانند دیگر گیاهان زراعی، در چغندر قند نیز، یکی از راهکارهای پیشنهادی جهت مصرف آب کمتر، تهیه و استفاده از ارقام مقاوم به خشکی است. اگر چه که گزارش های متعدد وجود دارد که در هر گیاه زراعی منجمله در چغندر قند، ارقامی که پتانسیل عملکرد بالایی دارند در شرایط کمبود آب نسبتا ملایم نیز از عملکرد بالای برخوردار هستند (Ober *et al.*, 2004; Blum, 2005) ولی توصیه شده است برای کاهش فاصله بین عملکرد در شرایط بهینه و کم آبی می بایست تهیه ارقام مقاوم به خشکی مد نظر قرار گیرد (Blum, 2005). بهره وری مصرف آب (WUE) نیز برای هر رقم گرچه در شرایط کمبود آب بسیار اهمیت دارد، اما تنها توجه به آن

در برنامه های به نژادی ممکن است باعث انتخاب ژنوتیپ های با عملکرد کم گردد (Cattivelli *et al.*, 2008). لذا توصیه شده است که در برنامه های به نژادی، عملکرد در شرایط خشک و بهره وری مصرف آب به طور توأم مد نظر قرار گیرد (Blum, 2005). در ایران به نژادی برای تحمل به خشکی چغندر قند با روش غربال ژنوتیپ های چغندر قند از سال ۱۳۷۰ هجری شمسی شروع شد (Parvizi Almani, 1997). اولین رقم مقاوم در سال ۱۳۹۳ با نام پایا معرفی شد (Orazizadeh *et al.*, 2015). به دلیل پیچیدگی مکانیزم های تحمل به خشکی (به دلیل وراثت پذیری کم، کنترل چند ژنی، اثرات اپیستازی، اثر متقابل معنی دار ژنتیک × محیط و اثر متقابل جایگاه صفات کمی × در محیط) (Piepho, 2000) پیشرفت قابل توجهی در زمینه بهبود عملکرد در محیط های متمایل به خشکی حاصل نشده است.

از طرف دیگر بیماری ریزومانیا نیز از بیماری های مهم چغندر قند است که می تواند عامل محدود کننده عملکرد کمی و کیفی و توسعه کشت چغندر قند در ایران و بسیاری از مناطق مشابه در جهان باشند (Mohammadian *et al.*, 2016, 2017; McGrann *et al.*, 2009; Uchkunov *et al.*, 2016). بیماری ریزومانیا به وسیله ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندر قند (BNYVV) Beet Necrotic Yellow Vein Virus ایجاد می شود (Tamada, 1975).

این بیماری می تواند تا ۱۰۰ درصد محصول را کاهش دهد (Salarian *et al.*, 2014).

چغندر قند در سال ۱۳۸۳ هجری شمسی معرفی شد (Mesbah *et al.*, 2007). با توجه به ماهیت اصلاح رقم به بیماری ریزومانیا نسبت به اصلاح رقم برای تحمل به خشکی، تاکنون پیشرفت های قابل توجهی در این زمینه حاصل شده و ارقام متعددمقاوم به بیماری ریزومانیا توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در ایران و همچنین دیگر شرکت های دیگر تولید بذر معرفی شده اند.

این تحقیق به منظور بررسی عکس العمل تعدادی از ارقام تجارتي چغندر قند خارجی و ایرانی با پتانسیل عملکرد بالا و همچنین مقاوم به بیماری ریزومانیا که بطور گسترده توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می گیرند در شرایط دارای محدودیت آب انجام شده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در ایستگاه مهندس مطهری موسسه تحقیقات چغندر قند در کرج (عرض جغرافیایی ۳۵°۵۹' شمالی، طول جغرافیایی ۵۱°۰۶' شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۰۰ متر) و ایستگاه تحقیقات طرق مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶°۲' شمالی، طول جغرافیایی ۵۹°۰۶' شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۹۹۵ متر) طی دو سال (۱۳۹۶ و ۹۵۱۳) و ایستگاه تحقیقات میاندوآب آذربایجان غربی (عرض جغرافیایی ۵۸°۳۶' شمالی، طول جغرافیایی ۴۶°۰۹' شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۱۰ متر) طی یک سال زراعی (۱۳۹۶) با استفاده از ۳۰ رقم تجارتي چغندر قند که در سطح وسیع کشت می شوند (نام و خصوصیات آنها در جدول ۱ آمده است)، در قالب طرح بلوکهای کامل

مهمترین علائم بیماری ریزومانیا ریشه ای شدن ریشه، توقف رشد، زردی برگ ها و نکروزه شدن آوندها است (Radivojević *et al.*, 2008). برای اولین بار بیماری ریزومانیا از شمال ایتالیا توسط کانوا (Canova, 1966). گزارش شد و در حال حاضر این بیماری بطور وسیعی در سطح مزارع چغندر قند گسترش یافته است (Putz *et al.*, 1990; Suarez *et al.*, 1999). در ایران برای اولین گزارش این بیماری از فارس (Izadpanah *et al.*, 1996) انجام شد و در حال حاضر این بیماری در بسیاری از استان های مهم تولید چغندر قند کشور وجود دارد (Pourrahim *et al.*, 2015). برای کنترل این بیماری استفاده از سموم شیمیایی (Kaya, 2009) و روش های به زراعی نظیر تناوب های طولانی مدت، زهکشی خوب، بهبود هوادهی خاک، کشت زود هنگام و همچنین استفاده از ارقام مقاوم توصیه شده است (Kaya, 2009; Tosic *et al.*, 1985). اما تنها موثرترین و ساده ترین روش کنترل این بیماری، استفاده از ارقام مقاوم است

(Zelyazkov & Uchkunov, 2005; Radivojević *et al.*, 2008; Draycott, 2006; Scholten & Lang, 2000). برای اولین بار در جهان در سال ۱۹۶۶ میلادی اصلاح برای مقاومت به ریزومانیا با روش غربال سیستمیک در مزارع آلوده به بیماری ریزومانیا شروع شد (Biancardi *et al.*, 2002). در ایران نیز از سال ۱۳۷۷ هجری شمسی اصلاح ارقام مقاوم به بیماری با بررسی و شناسایی منابع مقاومت در پایه های گرده افشان آغاز و اولین رقم متحمل به نام زرقان توسط موسسه تحقیقات

شده اند (این حالت به ندرت در مزرعه مشاهده می شوند). نمره پیری نیز براین اساس است که ۱: بیش از دوسوم سطح ۲ تا ۳ برگ زرد یا قهوه‌ای شده باشند. ۲: بیش از دوسوم سطح ۴ تا ۶ عدد برگ زرد یا قهوه‌ای شده باشند. ۳: بیش از دوسوم سطح ۷ تا ۹ عدد برگ زرد یا قهوه‌ای شده باشند. ۴: بیش از دوسوم سطح همه برگ‌ها به جز جوانترین آن‌ها زرد یا قهوه‌ای شده باشند. ۵: بیش از دوسوم همه برگ‌ها زرد یا قهوه‌ای شده باشند.

در زمان برداشت از هر کرت به طول ۸ متر طولی ریشه برداشت شد. در مشهد و میاندوآب بر اساس شاخص شدت بیماری به ریزومانیا براساس مقیاس ۹-۱ نمره‌دهی شد (Luterbacher *et al.*, 2005). نمونه های ریشه ها، پس از سرزنی توزین و جهت تعیین خصوصیات کمی و کیفی آن به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه علاوه بر اندازه وزن ریشه ها، درصد قند با استفاده از دستگاه بتالایزر تعیین شد. عملکرد قند با استفاده از حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قند محاسبه شد. با تقسیم عملکرد قند تولید شده بر مقدار آب مصرفی در هر آزمایش، بهره‌وری مصرف آب آبیاری محاسبه گردید. شدت آلودگی به بیماری ریزومانیا در مناطق اجرای آزمایش با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد (Mohammadian *et al.*, 2016 & 2017).

معادله (۱)

$$\text{شدت آلودگی} = \left(\frac{SYs}{SYr}\right) ni - \left(\frac{SYs}{SYr}\right) i$$

که در آن SYs و SYr به ترتیب عملکرد

تصادفی اجرا شد. هر کرت در شش خط به طول ۱۰ متر و با ۶ تکرار انجام شد. آزمایشات در کرج در شرایط بدون بیماری ریزومانیا و در مشهد و میاندوآب در شرایط آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا اجرا شد. روش آبیاری نشتی و دور آبیاری بعد از دو آب اولیه جهت جوانه زنی و سبز کردن براساس تبخیر ۱۸۰ میلی متر از پشتک کلاس A بود.

مقدار تبخیر تجمعی روزانه در مکان های آزمایش طی دوره کاشت تا برداشت در شکل ۱ نشان داده شده است. خصوصیات خاک محل آزمایشات در جدول ۲ و خلاصه تقویم زراعی آزمایشات طی دوره داشت در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار آب مصرفی با استفاده از پارشال فلوم اندازه گیری شد. مبارزه با علف های هرز، آفات و بیماریها در صورت نیاز انجام شد. در کلیه کرت‌ها در اواخر تیر تا اوایل مردادماه، نمره رشد و یکنواختی بوته ها براساس ۱ تا ۵ (۱ کاملاً غیر یکنواخت و رشد کم و ۵ کاملاً یکنواخت و رشد عالی بوته ها) و نمره رنگ برگ براساس ۱ تا ۵ (۱ کاملاً زرد و ۵ کاملاً سبز) در مشهد و میاندوآب و نمره پژمردگی و نمره پیری براساس صفر تا ۵ براساس پیشنهاد اوبر (Ober *et al.*, 2005) در مشهد و کرج داده شد. نمره پژمردگی شامل: صفر: همه برگها شاداب و برگ ها ایستاده اند. ۱: دو تا سه برگ مسن پژمرده و دمبرگ‌ها در حال خوابیدن هستند. ۲: چهار تا شش برگ مسن پژمرده شده اند. ۳: هفت تا نه برگ مسن پژمرده شده اند. ۴: همه برگ ها بجز جوانترین برگها در حال توسعه پژمرده شده اند. ۵: همه برگ‌ها پژمرده

قند شاهد حساس (شریف) و میانگین ارقام مقاوم خارجی مورد بررسی و n_i و i به ترتیب میانگین منطقه یا مناطق غیر آلوده و منطقه آلوده مورد بررسی می باشد. داده های حاصل در هر سال پس از تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹,۱۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه متجانس بودن واریانس خطای آزمایش ها (آزمون F_{max} هارتلی) مورد تأیید قرار نگرفت، امکان تجزیه مرکب میسر نشد. مقایسه میانگین برای هر صفت با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

شاخص برتری (P_i) با استفاده از معادله ۲ برای هر رقم محاسبه شد (Lin & Binns, 1988).

معادله ۲:

$$P_i = \sum_{j=1} (X_{ij} - M_j)^2 / (2n)$$

در این معادله X_{ij} عملکرد رقم i ام کاشته شده در مکان j ام، M_j حداکثر عملکرد در بین ارقام مورد بررسی در مکان j ام و n تعداد مکان ها است. از آنجا که شاخص برتری در واقع میانگین مربعات (MS) فاصله بین رقم i ام و حداکثر عملکرد است، لذا هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد نشان دهنده پایداری و عملکرد بالای آن رقم است.

جهت شناسایی ارتباط صفات میانگین عملکرد قند، میانگین کارائی مصرف آب آبیاری و میانگین شاخص برتری در ارقام مورد بررسی و تعیین ارقام برتر، از تجزیه به مولفه های اصلی و رسم منحنی بای پلات با استفاده از نرم افزار Minitab V.17 استفاده شد.

جدول ۱- نام و برخی از مشخصات ارقام تجارتي در آزمایشات

Table 1. Names and some characteristics of sugar beet cultivars used in the experiments

رقم Cultivar	مشخصات Characteristics	رقم Cultivar	مشخصات Characteristics
آنتک	مقاوم به ریزومانیا، بولتینگ، سرکوسپورا	ایزابلا	مقاوم به ریزومانیا، نماتد
Antek	Resistant to rhizomania, bolting and cercospora	Isabella	Resistant to Rhizomania and nematode
آریا	مقاوم به ریزومانیا، نماتد	لاتیتیا	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا
Arya	Resistant to rhizomania and nematode	Laetitia	Resistant to Rhizomania and rhizoctonia
آذر	مقاوم به ریزومانیا، سرکوسپورا	لوریکت	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا
Azare	Resistant to rhizomania and cercospora	Loriquet	Resistant to Rhizomania and rhizoctonia
بایجی	مقاوم به ریزومانیا	ماندارین	مقاوم به ریزومانیا، سرکوسپورا
Baiji	Resistant to rhizomania	Mandarin	Resistant to Rhizomania and cercospora
بالو	مقاوم به ریزومانیا	مراک	مقاوم به ریزومانیا، سرکوسپورا
Baloo	Resistant to rhizomania	Merak	Resistant to rhizomania and cercospora
بی تی اس ۲۱۳	مقاوم به ریزومانیا، نماتد	مورالی	مقاوم به ریزومانیا
BTS213	Resistant to rhizomania and nematode	Muraille	Resistant to rhizomania
بی تی اس ۲۳۳	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	نوودورو	مقاوم به ریزومانیا، سرکوسپورا، ریزوکتونیا
BTS233	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Novodoro	Resistant to rhizomania, cercospora and rhizoctonia
بی تی اس ۳۳۵	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	پالما	مقاوم به ریزومانیا، بولتینگ
BTS335	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Palma	Resistant to rhizomania and bolting
چیمینه	مقاوم به بولتینگ	پارس	تأحدی متحمل به ریزومانیا
Chimmene	Resistant to bolting	Pars	Nearly tolerant to rhizomania
دلتا	مقاوم به ریزومانیا، سرکوسپورا، ریزوکتونیا	پایا	متحمل به کم آبی
Delta	Resistant to rhizomania, cercospora and rhizoctonia	Paya	Tolerant to drought stress
دورتی	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	پرفکتا	مقاوم به ریزومانیا
Dorothea	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Perfeekta	Resistant to rhizomania
کباتان	تأحدی متحمل به ریزومانیا و مقاوم به پوسیدگی	رزیر	مقاوم به ریزومانیا و ریزوکتونیا
Ekbatan	Nearly tolerant to rhizomania and resistant to rhizomania	Rosire	Resistant to rhizomania, rhizoctonia
فلورس	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	شریف	مقاوم به بولت
Flores	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Sharif	Resistant to bolting
قریرا	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	شکوفا	مقاوم به ریزومانیا و نماتد
Ghazira	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Shokoofa	Resistant to rhizomania and rhizoctonia
اریس	مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا	توکان	مقاوم به ریزومانیا، نماتد
Iris	Resistant to rhizomania and rhizoctonia	Toucan	Resistant to rhizomania and nematode

جدول ۲- مشخصات خاک در مزارع آزمایشی در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

Table 2. Soil properties in 0-30 cm depth at the experimental fields

موقعیت	سال	بافت خاک	هدایت الکتریکی	pH	نیتروژن کل	آمونیم	نیترات	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کربن آلی
Location	Year	Soil texture	Electrical conductivity	pH	Total nitrogen	NH4	NO3	Absorbable potassium	Absorbable phosphorous	Organic carbon content
			(ds/m)		(%)			(mmol.kg ⁻¹)		(%)
کرج Karaj	۱۳۹۵	لومی	1.7	7.9	-	6.8	12.3	620.5	20.6	1.3
	2016	Loam								
مشهد Mashhad	۱۳۹۶	سیلی /رسی /لومی	1.9	7.5	-	9.1	24.4	433.6	18.6	1.2
	2017	Silty/clay/loam								
	۱۳۹۵	سیلیتی /لومی	1.7	7.9	0.1	-	-	210	11.6	0.4
مشهد Mashhad	2016	Silty/loamy								
	۱۳۹۶	لومی	1.3	8.0	0.1	-	-	126	8.4	0.7
مشهد Mashhad	2017	Loam								
	۱۳۹۶	سیلیتی	1.6	7.5	0.1	-	-	432.4	16.0	1.0
مشهد Mashhad	2017	Silty								

جدول ۳- خلاصه تقویم زراعی در آزمایشات

Table 3. Summary of field operations calendar in the experiments

منطقه	سال	تاریخ کاشت (اولین آبیاری)	تعداد آبیاری	مقدار آب مصرفی در آبیاری	تاریخ برداشت	تعداد آبیاری (در آزمایش های مجاور)	*مقدار آب مصرفی (در آزمایش های مجاور)	مقدار بارندگی طی فصل رشد	
Location	Year	Seeding date (Application of first irrigation)	Number of irrigations	The amount of water consumed in irrigation (m ³ .ha ⁻¹)*	Harvest date	Number of irrigations in the adjacent experiments	The amount of water consumed in irrigation in the adjacent experiments (m ³ .ha ⁻¹)	The amount of precipitation during growing season (mm)	
کرج	۱۳۹۵	۷/۱۰	6	6999	۸/۵	11	11326	13.8	
	Karaj	2016	30 Apr.		27 Oct.				
		۱۳۹۶	۷/۲۵	7	8549	۸/۲	10	10850	8.3
مشهد	2017	15 May			24 Oct.				
	Mashhad	۱۳۹۵	۷/۱۰	7	7650	۸/۲	12	13500	15.1
		2016	31 May			24 Oct.			
میاندوآب	۱۳۹۶	۷/۲۰	8	8100	۸/۱۰	13	14600	5.2	
	Miandoa	2017	10 May		1 Nov.				
		۱۳۹۶	۷/۱۹	9	9988	۷/۲۵	13	14982	5.3
b	2017	9 May			17 Oct.				

* آبیاری ها بعد از دو آب اولیه جهت جوانه زنی و سبز کردن بر اساس تبخیر از طبقه تبخیر کلاس A پس از ۸۰ و ۱۸۰ میلیتر تبخیر به ترتیب برای شرایط نرمال و کم آبیاری انجام شده است. * آبیاری های مجاور شامل آزمایش های با تاریخ کاشت مشابه و با آبیاری نرمال است.

*Irrigations were conducted after two initial irrigations for germination and seedling emergence based on evaporation from class A pan: irrigation after 80 and 180 mm evaporation for normal and deficit irrigation conditions, respectively. **The adjacent experiments were the experiments with the same seeding date under normal irrigation.

et al., 1999; Mohammadian *et al.*, 2016, 2017).

در شرایط غیر آلوده رقم های آنتک، آریا، بی تی اس ۲۳۳، بی تی اس ۳۳۵، دورتی، اکباتان، ایزابلا، لاتیتیا، ماندارین، پالما، پارس، پایا، رزیز و شکوفا در هر دو سال آزمایش بطور مشترک در محدوده ارقام برتر از نظر این دو صفت مهم قرار گرفتند. در شرایط آلوده به بیماری نیز ارقام بی تی اس ۲۱۳، بی تی اس ۲۳۳، دورتی، مورالی، پالما، پرفکتا و توکان در بیشتر آزمایشات (حداقل ۲ آزمایش) در گروه ارقام برتر قرار گرفتند. با علم به اینکه بهره وری مصرف آب (WUE) به عنوان مهمترین ارزیابی عملکرد تحت تنش و حتی به عنوان یک مولفه (جز) از مقاومت به خشکی در گیاهان زراعی در نظر گرفته می شود، اما بیان شده است که در شرایط محدودیت آب انتخاب ژنوتیپ ها طی برنامه اصلاحی تنها براساس بهره وری مصرف آب معمولا منتهی به ژنوتیپ های با عملکرد و مقاومت به خشکی کمتر می شود (Blum, 2009). با این وجود او برو همکاران (Ober *et al.*, 2004) ادعا کرده اند که در چغندر قند اختلافات ژنوتیپ ها در بهره وری مصرف آب، عمدتا دلیل اختلاف در عملکرد نهائی آنها است. با توجه به اینکه نتایج حاصل از این تحقیق در مورد عملکرد قند و بهره وری مصرف آب مشابه می باشد، این تحقیق تأیید کننده ادعای اخیر می باشد. علت اختلاف این نظریات ممکن است به عواملی نظیر نوع گیاه زراعی و تامین آب از طریق آبیاری یا دیم مربوط باشد. همانگونه که از مشاهده دو گروه ذکر شده

نتایج و بحث

با مقایسه میانگین آب مصرفی در شرایط آزمایش (کم آبیاری) با شرایط بهینه در جدول ۳ می توان دریافت که در این آزمایشات به طور میانگین حدود ۳۰ درصد، مصرف آب کاهش یافته است. همچنین در جدول ۴ نشان داده شده است که شدت آلودگی به ترتیب در مشهد ۹۶، مشهد ۹۵ و میاندوآب ۹۶ روبه افزایش بود (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر عملکرد قند و همچنین بهره وری آب مصرفی (WUE) در کلیه آزمایشات در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. عملکرد قند در کرج ۹۵، کرج ۹۶، مشهد ۹۵، مشهد ۹۶ و میاندوآب ۹۶ به ترتیب در محدوده ۵-۹، ۸-۱۲، ۴-۱۲، ۳-۹ و ۴-۱۶ تن در هکتار تغییر داشت (جدول ۵). محدوده تغییرات بهره وری آب مصرفی نیز در کرج ۹۵، کرج ۹۶، مشهد ۹۵ و میاندوآب ۹۶ به ترتیب در محدوده ۷-۱/۲، ۱-۱/۴، ۵-۱/۶، ۴-۱/۱ و ۴-۱/۶ کیلوگرم شکر به ازای هر مترمکعب آب مصرفی قرار داشتند (جدول ۶). دامنه نسبتا وسیع در مشاهدات نشان دهنده تنوع و اختلافات بین ارقام در واکنش به محیط های متفاوت است. اختلاف پتانسیل ژنوتیپ های چغندر قند در شرایط کم آبیاری قبلا توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Mohammadian *et al.*, 2002; Sadeghian *et al.*, 2000; Ober *et al.*, 2004). همچنین این اختلاف پتانسیل نسبت به بیماری ریزومانیا در تحقیقات دیگر بطور جداگانه قبلا گزارش شده است (Kajiyama

دیگر ارقامی که دارای زردی برگ و یا علائم آلودگی به بیماری بر روی ریشه کمتری به ترتیب در اواسط فصل رشد و همچنین زمان برداشت داشتند از عملکرد قند بالاتری برخوردار بودند. رابطه منفی شدت بیماری با عملکرد قبلا نیز گزارش شده بود (Mohammadian *et al.*, 2016). لذا می توان استنباط کرد که اگرچه گزارش شده است ترتیب ارقام در شرایط کم آبیاری و آبیاری بهینه در چغندر قند تقریباً مشابه است (Ober *et al.*, 2004). اما در شرایط آلودگی به بیماری ریزومانیا و کم آبیاری در مقایسه با شرایط تنها کم آبیاری این ترتیب می تواند متفاوت باشد

در شرایط آلوده (مشهد و میاندوآب) و غیر آلوده (کرج) مشخص است تنها سه رقم بی تی اس ۲۳۳، دورتی و پالما در هر دو گروه از نظر عملکرد قند و بهره‌وری آب مصرفی مشترک هستند. بررسی رابطه رگرسیونی میانگین عملکرد قند ارقام نیز در شرایط آلوده (مشهد و میاندوآب) با غیر آلوده (کرج) با ضریب تبیین حدود ۰/۰۱ نیز نشان داد که ارتباط معنی داری بین عملکرد قند ارقام در این دو شرایط وجود ندارد (شکل ۲، $P > 0.05$). همچنین همانطور که در همین شکل مشاهده می شود در شرایط آلودگی به بیماری (آزمایشات مشهد و میاندوآب) نمره رنگ برگ و شاخص شدت بیماری با عملکرد شکر به ترتیب دارای همبستگی مثبت و منفی معنی داری ($P < 0.01$, $R^2 = 0.4$) بودند. به عبارت

جدول ۴ - وضعیت آلودگی به بیماری در مناطق اجرای آزمایش

Table 4. The condition of the disease at experimental locations

منطقه Location	سال Year	*مشاهده علائم آلودگی Appearance of visible signs of infection	میانگین عملکرد قند	میانگین عملکرد قند	نسبت عملکرد قند رقم	**شدت بیماری Severity of disease
			ارقام مقاوم Mean of sugar yield among resistant cultivars (t. ha ⁻¹)	ارقام حساس Mean of sugar yield among sensitive cultivars (t. ha ⁻¹)	حساس به عملکرد قند ارقام مقاوم Ratio of sugar yield of sensitive to resistant cultivars	
کرج Karaj	۱۳۹۵	-	6.8	6.3	0.9	-
	۱۳۹۶	-	10.8	10.6	1.0	-
مشهد Mashhad	2017					
	۱۳۹۵	+	9.2	3.6	0.4	0.6
میاندوآب Miandoab	۱۳۹۶	+	7	3.4	0.5	0.5
	2017					
	۱۳۹۶	+	12.4	3.7	0.3	0.7

*علامت بعلاوه و منها به ترتیب نشان دهنده وجود و عدم وجود بیماری است. ** شدت بیماری با استفاده از معادله پیشنهاد شده

توسط محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al.*, 2016) محاسبه شده است.

* Plus and minus signs indicate the presence and absence of the diseases, ** The severity of the disease was calculated using equation proposed by Mohammadian *et al.*, (2016).

جدول ۵- عملکرد قند (SY) ارقام چغندر قند در آزمایشات تحت شرایط کم آبیاری

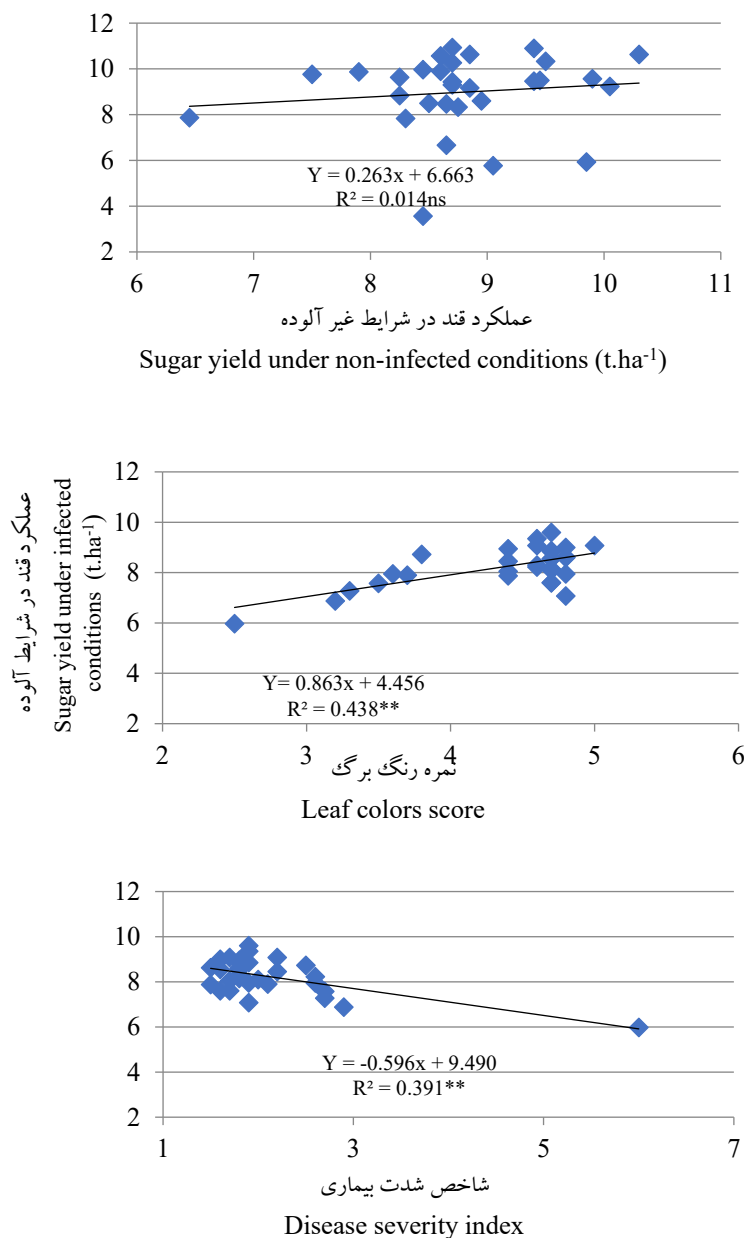
Table 5. Sugar yield (SY) of sugar beet cultivars in the experiments under deficit irrigation conditions

عملکرد قند					عملکرد قند						
Sugar yield (SY) (t. ha ⁻¹)					Sugar yield (SY) (t. ha ⁻¹)						
ارقام Cultivar	کرج Karaj		مشهد Mashhad		میاندوآب Miandoab	ارقام Cultivar	کرج Karaj		مشهد Mashhad		میاندوآب Miandoab
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۶		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۶
	2016	2017	2016	2017	2017		2016	2017	2016	2017	2017
آنتک Antek	7.8 ^{a-d}	11.2 ^{a-d}	12.0 ^a	6.4 ^{d-i}	12.6 ^{b-e}	ایزابلا Isabella	8.3 ^{a-c}	11.5 ^{a-c}	8.0 ^{c-g}	8.5 ^{a-c}	12.2 ^{b-e}
آریا Arya	6.7 ^{a-e}	10.6 ^{a-d}	8.5 ^{b-g}	6.0 ^{e-i}	10.9 ^{ef}	لاتیتیا Laetitia	7.6 ^{a-d}	11.3 ^{a-d}	10.6 ^{a-d}	6.3 ^{d-i}	11.6 ^{b-e}
آذر Azare	6.1 ^{c-e}	10.5 ^{b-d}	7.1 ^{f-h}	7.8 ^{a-d}	8.6 ^{fg}	لوریکت Loriquet	6.0 ^{c-e}	11.2 ^{a-d}	8.3 ^{b-g}	8.7 ^{ab}	12.7 ^{b-e}
بایجی Baiji	5.4 ^{de}	11.1 ^{a-d}	10.5 ^{a-d}	6.8 ^{c-i}	11.6 ^{c-e}	ماندارین Mandarin	6.9 ^{a-e}	11.0 ^{a-d}	8.0 ^{c-g}	7.0 ^{c-h}	10.8 ^{ef}
بالو Baloo	6.8 ^{a-e}	10.1 ^{b-d}	11.9 ^a	6.7 ^{d-i}	11.3 ^{d-f}	مراک Merak	6.4 ^{b-c}	11.0 ^{a-d}	9.2 ^{a-g}	5.6 ^{g-j}	13.1 ^{b-e}
بی تی اس ۲۱۳ BTS213	5.7 ^{de}	11.5 ^{ab}	10.2 ^{a-e}	7.0 ^{c-h}	14.5 ^{ab}	مورالی Muraille	5.7 ^{de}	10.1 ^{b-d}	9.3 ^{a-g}	7.5 ^{a-f}	12.8 ^{b-e}
بی تی اس ۲۳۳ BTS233	6.8 ^{a-e}	10.6 ^{a-d}	9.8 ^{a-f}	8.8 ^a	14.2 ^{a-c}	نووودورو Novodor o	4.6 ^e	8.3 ^c	7.8 ^{d-g}	7.6 ^{a-e}	8.2 ^g
بی تی اس ۳۳۵ BTS335	7.5 ^{a-d}	11.3 ^{a-d}	9.2 ^{a-g}	6.5 ^{d-i}	12.7 ^{b-e}	پالما Palma	9.0 ^a	11.6 ^{ab}	11.0 ^{ab}	6.8 ^{d-i}	14.1 ^{a-c}
چمینه Chiemmen e	7.1 ^{a-e}	10.4 ^{b-d}	7.5 ^{e-h}	6.6 ^{d-i}	10.9 ^{ef}	پارس Pars	8.9 ^{ab}	10.8 ^{a-d}	7.5 ^{e-h}	3.1 ^K	7.2 ^g
دلنا Delta	7.0 ^{a-e}	10.4 ^{b-d}	8.4 ^{b-g}	6.6 ^{d-i}	13.3 ^{b-e}	پایا Paya	7.5 ^{a-d}	10.6 ^{a-d}	5.0 ^{hi}	4.4 ^{jk}	7.9 ^g
دورتی Dorothea	7.3 ^{a-d}	11.5 ^{ab}	10.3 ^{a-e}	6.3 ^{d-i}	16.1 ^a	پرفکتا Perfekta	5.4 ^{de}	12.3 ^a	10.8 ^{a-c}	7.8 ^{a-d}	13.3 ^{b-e}
اکباتان Ekbatan	6.6 ^{a-e}	10.7 ^{a-d}	6.6 ^{gh}	5.2 ^{lj}	8.2 ^g	رزیر Rosire	6.8 ^{a-e}	10.9 ^{a-d}	8.3 ^{b-g}	7.2 ^{b-g}	12.0 ^{b-e}
فلورس Flores	6.9 ^{a-e}	9.6 ^{de}	8.4 ^{b-g}	6.9 ^{c-h}	11.2 ^{df}	شریف Sharif	6.3 ^{c-e}	10.6 ^{a-d}	3.6 ⁱ	3.4 ^k	3.7 ^h
قزیرا Ghazaira	7.3 ^{a-d}	9.7 ^{de}	7.9 ^{c-g}	5.5 ^{h-j}	12.1 ^{b-e}	شکوفا Shokoofa	7.8 ^{a-d}	12.3 ^a	9.0 ^{b-g}	5.8 ^{f-j}	12.9 ^{b-e}
ایریس Iris	5.3 ^{de}	9.7 ^{c-e}	8.5 ^{b-g}	6.9 ^{c-i}	13.9 ^{a-d}	توکان Toucan	7.4 ^{a-d}	10.0 ^{b-d}	9.7 ^{a-f}	7.1 ^{c-h}	14.0 ^{a-d}

جدول ۶- بهره‌وری آب مصرفی (WUE) ارقام چغندر قند در آزمایشات تحت شرایط کم آبیاری

Table 6. Water use efficiency (WUE) of sugar beet cultivars in the experiments under deficit irrigation conditions

ارقام Cultivar	بهره‌وری آب مصرف					ارقام Cultivar	بهره‌وری آب مصرف				
	Water use efficiency (WUE) (kg. m ⁻³)						Water use efficiency (WUE) (kg. m ⁻³)				
	کرج		مشهد		میاندوآب		کرج		مشهد		میاندوآب
	Karaj	Mashhad	Miandoab	Karaj	Mashhad		Miandoab				
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۶		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۶
	2016	2017	2016	2017	2017		2016	2017	2016	2017	2017
آنتک Antek	1.1 ^{a-d}	1.3 ^{a-d}	1.6 ^a	0.8 ^{d-i}	1.3 ^{b-e}	ایزابلا Isablla	1.2 ^{a-c}	1.3 ^{a-c}	1.0 ^{c-g}	1.0 ^{a-c}	1.2 ^{b-e}
آریا Arya	1.0 ^{a-e}	1.2 ^{a-d}	1.1 ^{b-g}	0.7 ^{c-i}	1.1 ^{ef}	لاتیتیا Lactitia	1.1 ^{a-d}	1.3 ^{a-d}	1.4 ^{a-d}	0.8 ^{d-i}	1.2 ^{b-e}
آذر Azare	0.9 ^{c-e}	1.2 ^{b-d}	0.9 ^{f-h}	1.0 ^{a-d}	0.9 ^{fg}	لوریکت Loriquet	0.8 ^{c-e}	1.3 ^{a-d}	1.1 ^{b-g}	1.1 ^{ab}	1.3 ^{b-e}
بایجی Baiji	0.8 ^{de}	1.3 ^{a-d}	1.4 ^{a-d}	0.8 ^{c-i}	1.2 ^{c-e}	ماندارین Mandarin	1.0 ^{a-e}	1.3 ^{a-d}	1.0 ^{c-g}	0.9 ^{c-h}	1.1 ^{ef}
بالو Baloo	1.0 ^{a-e}	1.2 ^{b-d}	1.6 ^a	0.8 ^{d-i}	1.1 ^{d-f}	مراک Merak	0.9 ^{b-c}	1.3 ^{a-d}	1.2 ^{a-g}	0.7 ^{g-j}	1.3 ^{b-e}
بی‌تی‌اس ۲۱۳ BTS213	0.8 ^{de}	1.3 ^{ab}	1.3 ^{a-e}	0.9 ^{c-h}	1.4 ^{ab}	مورالی Muraille	0.8 ^{de}	1.2 ^{b-d}	1.2 ^{a-g}	0.9 ^{a-f}	1.3 ^{b-e}
بی‌تی‌اس ۲۳۳ BTS233	1.0 ^{a-e}	1.2 ^{a-d}	1.3 ^{a-f}	1.1 ^a	1.4 ^{a-c}	نودورو Novodoro	0.7 ^c	1.0 ^e	1.0 ^{d-g}	0.9 ^{a-c}	0.8 ^g
بی‌تی‌اس ۳۳۵ BTS335	1.1 ^{a-d}	1.3 ^{a-d}	1.2 ^{a-g}	0.8 ^{d-i}	1.3 ^{b-e}	پالما Palma	1.3 ^a	1.4 ^{ab}	1.4 ^{ab}	0.8 ^{d-i}	1.4 ^{a-c}
چمینه Chiemmene	1.0 ^{a-e}	1.2 ^{b-d}	1.0 ^{c-h}	0.8 ^{d-i}	1.1 ^{cf}	پارس Pars	1.3 ^{ab}	1.3 ^{a-d}	1.0 ^{c-h}	0.4 ^k	0.7 ^g
دلتا Delta	1.0 ^{a-e}	1.2 ^{b-d}	1.1 ^{b-g}	0.8 ^{d-i}	1.3 ^{b-e}	پایا Paya	1.1 ^{a-d}	1.2 ^{a-d}	0.7 ^{hi}	0.5 ^{jk}	0.8 ^g
دورتی Dorothea	1.0 ^{a-d}	1.3 ^{a-c}	1.3 ^{a-e}	0.8 ^{d-i}	1.6 ^a	پرفکتا Perfeekta	0.8 ^{de}	1.4 ^a	1.4 ^{a-c}	1.0 ^{a-d}	1.3 ^{b-e}
اکباتان Ekbatan	0.9 ^{a-e}	1.2 ^{a-d}	0.9 ^{gh}	0.6 ^{ij}	0.8 ^g	رزیر Rosire	1.0 ^{a-c}	1.3 ^{a-d}	1.1 ^{b-g}	0.9 ^{b-g}	1.2 ^{b-e}
فلورس Flores	1.0 ^{a-e}	1.1 ^{de}	1.1 ^{b-g}	0.9 ^{c-h}	1.1 ^{d-f}	شریف Sharif	0.9 ^{c-e}	1.2 ^{a-d}	0.5 ⁱ	0.4 ^k	0.4 ^h
قزیرا Ghazaira	1.0 ^{a-d}	1.1 ^{de}	1.0 ^{c-g}	0.7 ^{h-j}	1.2 ^{b-e}	شکوفا Shokoofa	1.1 ^{a-d}	1.4 ^a	1.2 ^{b-g}	0.7 ^{f-j}	1.3 ^{b-e}
اریس Iris	0.8 ^{de}	1.1 ^{c-e}	1.1 ^{b-g}	0.8 ^{c-i}	1.4 ^{a-d}	توکان Toucan	1.1 ^{a-d}	1.2 ^{b-d}	1.3 ^{a-f}	0.9 ^{c-h}	1.4 ^{a-d}



شکل ۲- رابطه عملکرد قند ۳۰ رقم تجارتي در شرایط آلوده به بیماری با عملکرد قند در شرایط غیر آلوده به بیماری و همچنین نمره رنگ برگ و شاخص شدت بیماری در شرایط آلوده به بیماری. رنگ برگ براساس ۱ تا ۵ (۱ کاملاً زرد و ۵ کاملاً سبز) در اواسط فصل رشد و شاخص شدت بیماری براساس مقیاس ۹-۱ در زمان برداشت نمره دهی شد (Luterbacher *et al.*, 2005).

Fig 2. The relationship between sugar yields of 30 commercial cultivars under infected conditions and non-infected conditions and also measurement of leaf color scores and index of disease severity under the disease-infected conditions. The leaf color was scored on the scale of 1 to 5 (1 completely yellow and 5 fully green) in the middle of the growing season and the index of disease severity was scored on a scale of 9-1 (Luterbacher *et al.*, 2005).

پارس که تا حدی متحمل به بیماری ریزومانی بودند علائم زردی برگ ها را داشتند. اما رقم آریا که بعنوان رقم مقاوم به بیماری ریزومانی معرفی شده است با توجه به اینکه نسبتا برگها از زردی بیشتری در مقایسه با دیگر ارقام مقاوم برخوردار بود به نظر می رسد از مقاومت کمتری به بیماری در مقایسه با دیگر ارقام برخوردار است.

از طرف دیگر روابط همبستگی بین صفات مرتبط با تنش (نمره پژمردگی و پیری برگ) و عملکرد قند در شرایط آلوده (مشهد) و غیر آلوده (کرج) در جدول ۷ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود همانند ارتباط میانگین عملکرد در شرایط آلوده مشهد و میان دو آب با میانگین عملکرد قند کرج در ارقام تجارتي مورد بررسی عملکرد قند در شرایط غیر آلوده با شرایط آلوده به بیماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. اما نمره پژمردگی و پیری برگ در شرایط غیر آلوده به بیماری (کرج) با نمره پژمردگی برگ در شرایط آلوده به بیماری (مشهد) در ارقام مورد بررسی مثبت و به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار بود. و نمره پژمردگی و پیری برگ در شرایط غیر آلوده به بیماری (کرج) با نمره پیری برگ در شرایط آلوده به بیماری (مشهد) در ارقام مورد بررسی در سطح احتمال ۵ درصد غیر معنی دار بود. از طرف دیگر در شرایط غیر آلوده به بیماری ریزومانی (کرج) نمره پژمردگی و پیری همبستگی منفی و معنی داری ($P < 0.05$) با عملکرد قند داشتند. در حالیکه در مشهد (شرایط آلوده به بیماری ریزومانی) همبستگی

نمره رنگ برگ با شاخص شدت بیماری در شرایط آلوده (مشهد و میان دو آب) دارای همبستگی منفی و معنی داری بودند (شکل ۳). به عبارت دیگر هرچه رنگ برگ ها زردتر بودند، علائم شدت بیماری بر روی ریشه های ارقام در زمان برداشت بیشتر دیده شد. علت زردی برگ می تواند به دلیل کاتابولیسیم کلروفیل (Matile, 1992) و کمبود نیتروژن باشد (Kato *et al.*, 2005). نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی است که از طریق محلول خاک توسط ریشه گیاه جذب می شود (Vitousek & Howarth, 1991).

با توجه به اینکه بیماری ریزومانی به دلیل اثرات مخرب آن بر ریشه می تواند در جذب عناصر غذایی اختلال ایجاد کند، لذا نیتروژن بمقدار کافی جذب نمی گردد و برگ ها زرد می شوند (Rezaei *et al.*, 2014).

وضعیت رنگ برگ و شاخص شدت بیماری در ارقام مورد بررسی (شکل ۴) نشان می دهد که به جز ارقام آریا، اکباتان، پارس، پایا و شریف سایر ارقام از سبزی برگ بیشتری در شرایط آلودگی به بیماری برخوردار بودند. اما از نظر شاخص شدت بیماری بر روی ریشه بجز در دو رقم پایا و شریف در مجموع علائم آلودگی بر اساس این شاخص در سایر ارقام تقریبا کم بود. این دو رقم هیچ گونه تحمل به بیماری ریزومانی ندارند و لذا همانگونه که انتظار می رفت در شرایط آلودگی به بیماری زردی برگ و همچنین علائم آلودگی به ریزومانی نیز بر روی ریشه آنها مشاهده شد. همچنین همانگونه که مورد انتظار بود دو رقم اکباتان و

بین پژمردگی با عملکرد وجود دارد. گزارشی در توافق با تحقیق حاضر (در شرایط غیر آلوده کرج) وجود دارد که نشان داده شده است که همبستگی منفی بین نمره پژمردگی در اوایل اگوست (ده دوم مرداد) و نمره پیری با عملکرد و شاخص تحمل به خشکی براساس وزن خشک کل وجود دارد (Ober et al., 2005). شاخص تحمل به خشکی براساس وزن خشک کل از ترکیب پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی محاسبه می شود. در حالیکه گزارش دیگری وجود دارد که بر عدم تاثیر پژمردگی بر عملکرد نهایی و هدایت روزنه ای برگها وجود دارد (Kohl & Cary, 1969). علت این تناقضات در این گزارشات توسط اوبر و همکاران (Ober et al., 2005) به دو علت متفاوت وقوع پژمردگی ارتباط داده شده است. پژمردگی می تواند در شرایطی که رطوبت کافی در خاک وجود دارد ولی به دلیل تقاضای بالای تبخیر امکان تامین آن میسر نیست ایجاد شود. دلیل دیگر پژمردگی در شرایطی است که مقدار رطوبت در خاک کم بوده و با وجود تقاضای نرمال برای تبخیر امکان تامین آن توسط ریشه وجود ندارد. لذا احتمالا در تحقیقی که اثر پژمردگی بر عملکرد و هدایت روزنه ای مشاهده نشده است رطوبت کافی در خاک بوده ولی در تحقیق حاضر پژمردگی به دلیل کمبود رطوبت در خاک ایجاد شده است. لازم به ذکر است اگر چه پژمردگی اثرات منفی برای گیاه دارد اما از طرف دیگر جلوگیری از پژمردگی به دلیل زود بستن شدن روزنه ها و در نتیجه محدود شدن فتوسنتز می تواند باعث کاهش عملکرد

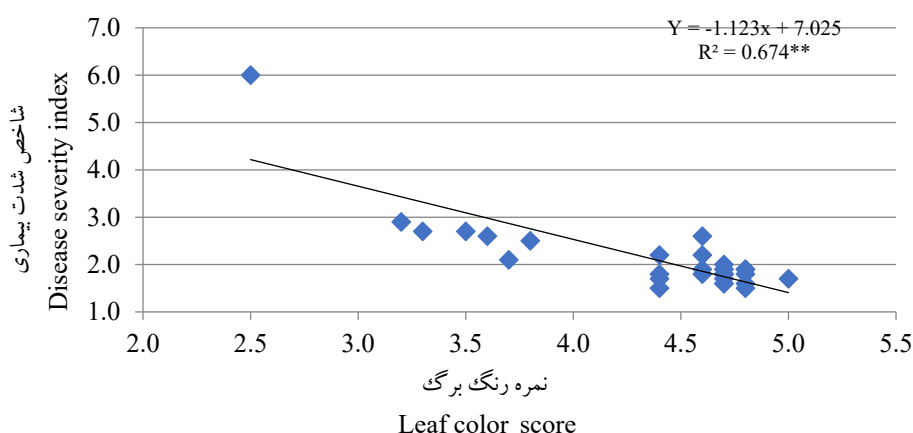
عملکرد قند با نمره پژمردگی و پیری برگ منفی ولی به ترتیب غیر معنی دار ($P > 0.05$) و معنی دار ($P < 0.01$) بود. بعبارت دیگر روند تغییرات پژمردگی در ارقام مورد بررسی در هر دو شرایط تقریبا مشابه بود، اما پژمردگی با عملکرد قند در دو شرایط آلوده و غیر آلوده به یک اندازه با یکدیگر ارتباط نداشت. از آنجا که اختلاف در پژمردگی برگ ارقام مورد بررسی عمدتا به دلیل عکس العمل متفاوت ارقام به کم آبیاری است، و همچنین با در نظر گرفتن رابطه منفی و معنی دار شدت بیماری با عملکرد قند، لذا می توان استنباط کرد که اگرچه نحوه عکس العمل رقم به بیماری و کم آبی جهت دستیابی به عملکرد قند بیشتر در شرایط آلوده به بیماری و کم آبیاری مهم است، اما در این شرایط اهمیت مقاوم بودن رقم به بیماری، بیش از مقاوم بودن آن به کم آبیاری است. علت آنکه رابطه پیری برگ در شرایط آلوده (مشهد) با پژمردگی و پیری برگ در شرایط غیر آلوده (کرج) در ارقام از روند مشابه ای تبعیت نکرد را شاید بتوان به این صورت توجیه کرد که به جز اثرات کمبود آب، شدت بیماری نیز می توانسته در پیری برگ ها تاثیر گذار باشد. مثبت و معنی دار بودن رابطه بین پژمردگی و پیری برگ در شرایط غیر آلوده و عدم معنی دار بودن این دو صفت در شرایط آلوده می تواند تائید کننده این نظریه باشد. لذا می توان استنباط کرد که نمره پژمردگی در مقایسه با نمره پیری شاخص مناسب تری برای ارزیابی تنش کمبود آب در هر دو شرایط آلوده و غیر آلوده به بیماری است. البته در شرایط غیر آلوده نیز گزارشات متناقضی در ارتباط با رابطه

حداکثر عملکرد را در محیط مورد بررسی داشتند، فاصله نزدیکی را در بیشتر محیط‌ها حفظ نمایند. ارقام آنتک، بی تی اس ۲۱۳، بی تی اس ۲۳۳، بی تی اس ۳۳۵، پالما، پرفکتا، شکوفا و توکان از شاخص برتری مناسبتری در بین ارقام مورد بررسی برخوردار بودند (شکل ۶). گزارش شده است که شاخص برتری (Pi) در مقایسه با دیگر شاخص‌های آماری توانایی دارد تا تقریباً همه ارقام پرمحصول را شناسایی کند (Choukan *et al.*, 2013).

نتیجه تجزیه به مولفه‌های اصلی برای سه صفت مهم عملکرد قند، بهره‌وری مصرف آب (WUE) و شاخص برتری (Pi) برای ۳۰ رقم مورد بررسی نشان داد که دو مولفه با مشخصات ذکر در جدول ۸ را می‌توان برای نشان دادن اختلافات این ارقام در نظر گرفت. مولفه اول شامل عملکرد قند و کارایی است که در مجموع ۹۷ درصد اختلافات بین ارقام را در بر می‌گیرد و در مولفه دوم با وجود آنکه شامل هر سه صفت است اما سهم Pi در آن بیشتر است. این

گردد. لذا اثر مفید پژمردگی اجتناب یا تاخیر در ازدست دادن آب به مقدار زیاد از طریق روزنه‌ها می‌باشد.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در شرایط غیر آلوده (کرج) کمترین نمره پژمردگی مربوط بود به ارقام بی تی اس ۲۳۱، بی تی اس ۲۳۳، بی تی اس ۳۳۵، ایزابلا، پالما و پرفکتا و در شرایط آلوده به بیماری ریزومانیا (مشهد) کمترین نمره پژمردگی به ارقام بی تی اس ۲۳۳ و پالما تعلق داشت. لذا در مجموع در شرایط آلوده و غیر آلوده کمترین نمره پژمردگی که نشان دهنده شاخص مناسبی برای علائم تنش کمبود آب است به دو رقم بی تی اس ۲۳۳، پالما تعلق داشت. شاخص برتری (Pi) در واقع میانگین مربعات فاصله بین عملکرد هر ژنوتیپ از حداکثر عملکرد ژنوتیپ‌ها در همان محیط است (Lin & Binns, 1988)، لذا ارقامی که از مقدار کمتری از این شاخص برخوردار هستند، ارقام پرمحصولی هستند که توانسته‌اند با ارقامی که



شکل ۳- رابطه رگرسیونی شاخص شدت بیماری با نمره رنگ برگ با شاخص شدت بیماری

Fig 3. Regression relationship between sugar yield and leaf color score and index of disease severity

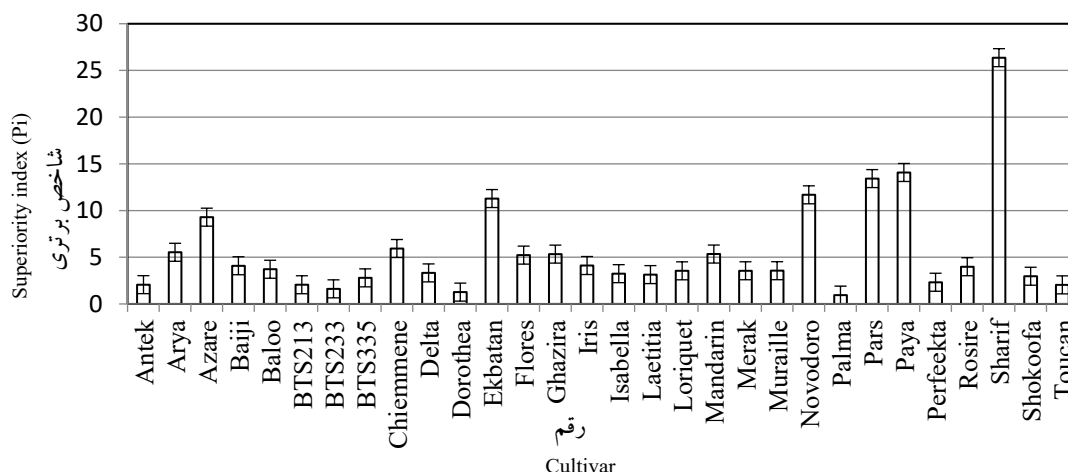
جدول ۷- همبستگی نمره های پیری و پژمردگی برگ و همچنین عملکرد قند در شرایط آلوده بیماری ریزومانیا (مشهد) و غیر آلوده به بیماری (کرج) با یکدیگر. نمرات براساس پیشنهاد Ober *et al.* (2005) داده شده است.

Table 7. Correlation between scores of leaf aging and leaf wilting and sugar yield under rhizomania-infected (Mashhad) and non-infected (Karaj) conditions. The scoring was based on Ober *et al.*, (2005)

	غیر آلوده به بیماری Non- infected conditions			آلوده به بیماری Disease-infected conditions		
	عملکرد قند Sugar yield	نمره پژمردگی Leaf wilting score	نمره پیری Leaf ageing score	عملکرد قند Sugar yield	نمره پژمردگی Leaf wilting score	نمره پیری Leaf ageing score
غیر آلوده به بیماری Non- infected conditions						
عملکرد قند Sugar yield	1					
نمره پژمردگی Leaf wilting scores	-0.45*	1				
نمره پیری Leaf ageing scores	-0.42*	0.62**	1			
آلوده به بیماری Disease-infected conditions						
عملکرد قند Sugar yield	0.03 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	1		
نمره پژمردگی Leaf wilting scores	-0.27 ^{ns}	0.53**	0.37*	-0.20 ^{ns}	1	
نمره پیری Leaf ageing scores	0.21 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.52**	0.02 ^{ns}	1

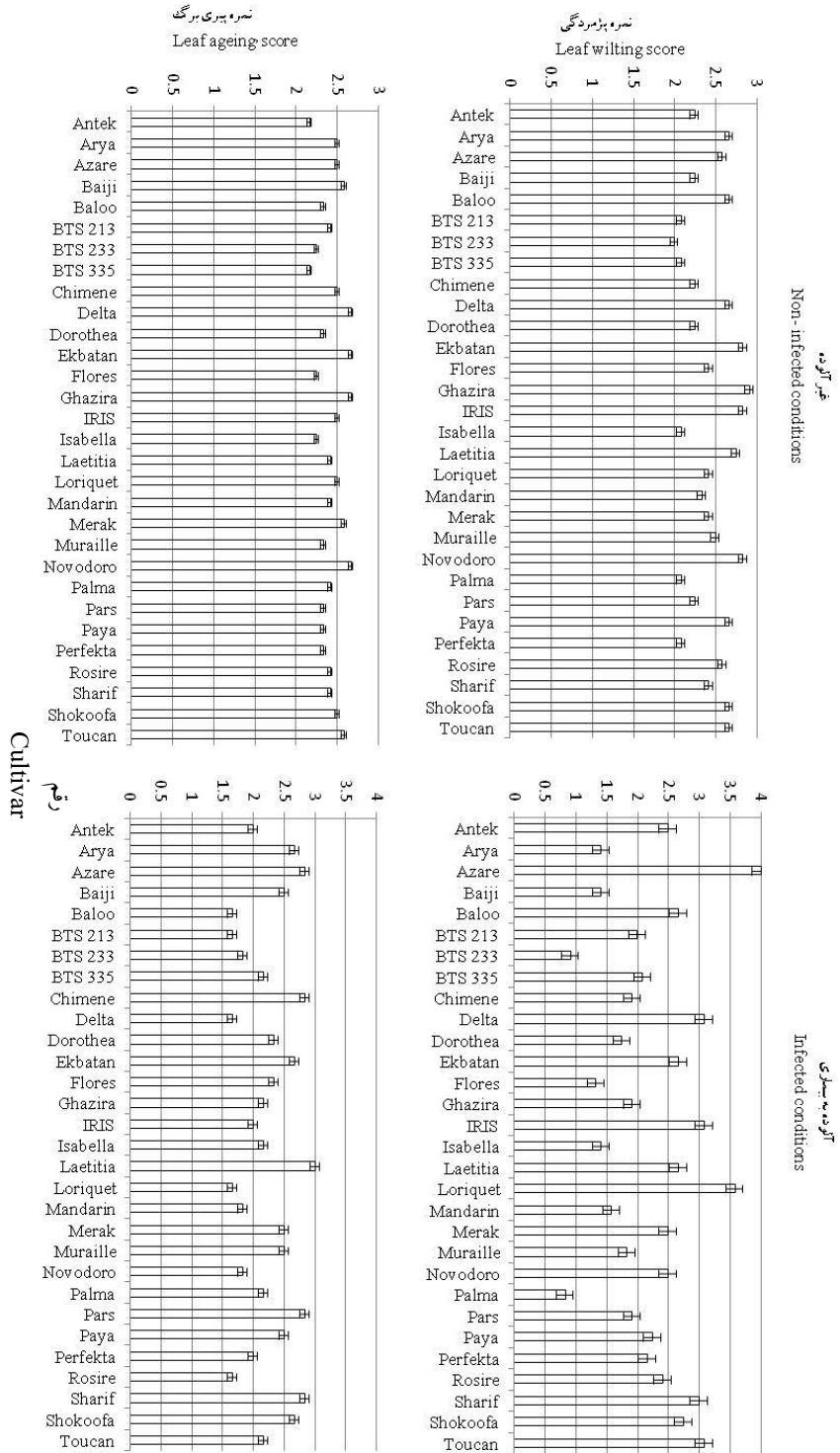
*, **= معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد. ns= غیر معنی دار در سطح ۵ درصد.

*, **= significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. ns= not significant at the 0.05 level.



شکل ۶- شاخص برتری (Pi) ۳۰ رقم چغندر قند در شرایط متفاوت آلودگی و غیر آلودگی به بیماری و همچنین کم آبیاری براساس پیشنهاد لین و بینز (Lin and Binns, 1988). رشد نشانه های میله ای هر ستون خطای استاندارد را نشان می دهد.

Fig 6. The superiority index (Pi) for 30 sugar beet cultivars under different rhizominia-infected and non- infected conditions and also under water deficit irrigation as proposed by Lin & Binns, (1988). Bar lines indicate standard error.

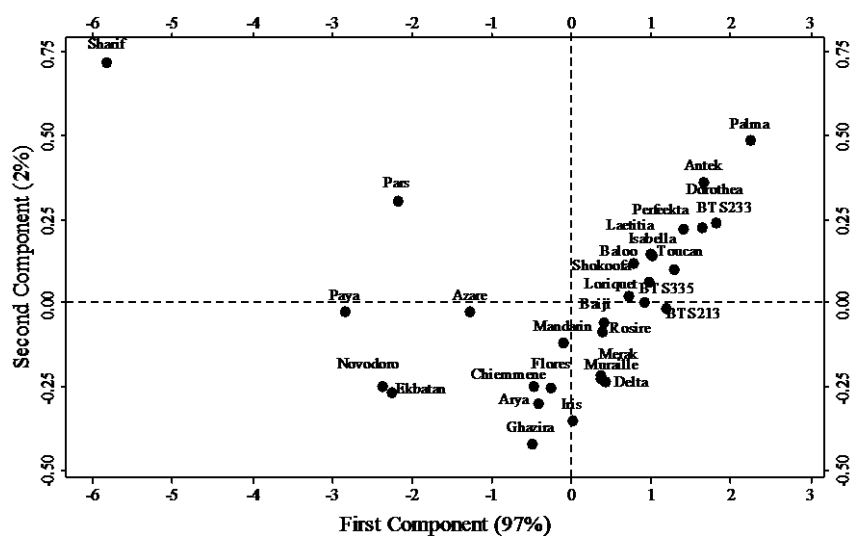


شکل ۵- نمره های پیری برگها و پژمردگی و نیز رگم ۳۰ رقم چغندر قند در شرایط آلودگی به بیماری ریزومانی (مشهد) و غیر آلودگی به بیماری ریزومانی (کرج)، نمرات بر اساس پیشنهاد اوبر (Ober *et al.*, 2005) داده شده است. رشد نشانه های میله ای هر ستون خطای استاندارد را نشان می دهد.
 Fig 5. Scores of leaf aging and wilting for 30 sugar beet cultivars under rhizomania-infected (Mashhad) and non-infected conditions (Karaj). The scoring was based on Ober *et al.*, (2005). Bar lines indicate standard error.

جدول ۸- تجزیه به مولفه های اصلی برای سه صفت عملکرد قند (SY)، بهره وری آب مصرفی (WUE) و شاخص برتری (Pi) در ۳۰ رقم تجارתי مرسوم چغندر قند

Table 8. Principal component analysis for three attributes of sugar yield (SY), water use efficiency (WUE) and superiority index (Pi) in 30 sugar beet cultivars

صفات Attributes	مقادیر ویژه Eigen values	
	مولفه اول First component	مولفه دوم Second component
	عملکرد قند Sugar yield (SY)	0.582
بهره وری آب مصرفی Water use efficiency (WUE)	0.579	0.498
شاخص برتری Superiority index (Pi)	-0.571	0.813
واریانس توضیح داده شده Explained variance (%)	97	2
واریانس مجموع Total variance (%)	97	99



شکل ۷- بای پلات تجزیه به مولفه های اصلی برای سه صفت عملکرد قند (SY)، بهره وری آب مصرفی (WUE) و شاخص برتری (Pi) در ۳۰ رقم تجارתי مرسوم چغندر قند

Fig 7. Biplot of principal component analysis for three attributes of sugar yield (SY), water use efficiency (WUE) and superiority index (Pi) in 30 sugar beet cultivars

تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از منابع مالی تعدادی از شرکت های تولید کننده بذر و حمایت مدیریت موسسه تحقیقات چغندر قند انجام شده است. بدینوسیله از کلیه همکاران موسسه که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند تشکر و قدردانی می گردد.

مؤلفه تنها ۲ درصد اختلافات بین ارقام را نشان می دهد. لذا در مجموع ۹۹ درصد اختلافات بین ارقام را می توان با این دو مؤلفه توضیح داد. بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه های اصلی نشان داد که در بین ۳۰ رقم تجارتمورد استفاده کشاورزان تنها ۱۱ رقم شامل آنتک، بالو، بی تی اس ۲۳۳، دورتی، ایزبلا، لاتیتیا، لوریکت، پالما، پرفکتا، شکوفا و توکان از کارائی مصرف آب آبیاری و عملکرد قند بالا و در عین حال از شاخص برتری مناسب، در مناطق مورد بررسی برخوردار بودند (شکل ۷). در مقابل دو رقم پارس و شریف از کارائی مصرف آب آبیاری و عملکرد قند کم و در عین حال از شاخص برتری نامناسبی برخوردار بودند.

نتیجه گیری

با توجه به متفاوت بودن ترتیب ارقام در شرایط کم آبیاری و آلودگی به بیماری در مقایسه با شرایط کم آبیاری و غیر آلودگی و همچنین ارتباط قوی بین علائم بیماری به ریزومانیا و عملکرد و از طرف دیگر نبودن ارتباط معنی دار بین علائم کم آبی (نمره پژمردگی) با عملکرد قند در شرایط آلودگی به بیماری می توان استنباط کرد که به نژاد گران چغندر قند می باید در برنامه های به نژادی جهت افزایش تحمل به خشکی ارقام چغندر قند، تحمل به خشکی و مقاومت به ریزومانیا را به طور همزمان در نظر بگیرند. توصیه می شود در زراعت چغندر قند از ارقامی استفاده شوند که بطور همزمان از کارائی مصرف آب آبیاری بالا، عملکرد قند بالا و همچنین از شاخص برتری مناسب در مناطق مختلف برخوردار هستند.

References

- Biancardi, E., Lewellen, R.T., De Biaggi, M., Erichsen, A.W., Stevanato, P. 2002. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica*, 127: 383-392.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11): 1159-1168.
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crop Research*, 112 (3): 119-123.
- Canova, A. 1966. Si studia la rizomania della bietola. *Informatore Fitopatologico*. 10: 235-239.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A., Stanca, A.M. 2008. Review: drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105: 1-14.
- Choukan, R., Estakhr, A., Haddadi, H., Shiri, M.R., Anvari, K., Afarinesh, A., Darkhal, H., Ghasemi, S. 2013. Comparison of yield of foreign maize hybrids with local cultivars. *Seed and Plant Production Journal*, 29-1: 747-760. (in Persian. abstract in English).
- Draycott, A.P. 2006. *Sugar Beet*. Blackwell Scientific Publishing CO. UK Ltd. Section 3.
- Kajiyama, T., Yoshizawa, A., Yoshida, T., Yanagisawa, A., Yoshimura, Y., Ohtsuchi, K., Abe, H., Niura, T. 1999. Response of sugar beet varieties to rhizomania disease of sugar beet. I. The yield and quality of sugar beet. *Proceedings of Japanese Society of Sugar Beet Technologists*. 32: 53-58.
- Kato, Y., Yamamoto, Y., Murakami, S., Sato, F. 2005. Post-translational regulation of CND41 protease activity in senescent tobacco leaves. *Planta*, 222: 643-651.
- Kaya, R. 2009. Distribution of rhizomania disease in sugar beet growing Areas of Turkey. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 15(4): 332-340.
- Kohl, R.A., Cary, J.W. 1969. Sugar beet yields unaffected by afternoon wilting. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*, 15: 417-421.
- Lin, C.S., Binns, M.R. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar \times location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68: 193-198.
- Luterbacher, M., Asher, M.J.C., Beyer, W., Mandolino, G., Scholten, O.E., Frese, L., Biancardi, E., Stevanato, P., Mechelke, W., Slyvchenko, O. 2005. Sources of resistance to diseases of sugar beet in related beta germplasm: Soil borne diseases. *Euphytica*, 141: 49-63.
- Matile, P. 1992. Chloroplast senescence. In NR Baker and H. Thomas (Eds.)

- Crop Photosynthesis: Special and Temporal Determinants*. Elsevier, Amsterdam.413–440.
- Mesbah, M., Orazizadeh, M.R., Rajabi, A., Aghaeizadeh, M. 2007. Introduction of first Rhizomania resistant sugar beet monogerm hybrid variety (Zarghan). *Journal of Sugar beet*, 23(1): 119-110. (In Persian with English Summary).
- Mohammadian, R. 2015. Management of low irrigation in sugar beet cultivation. *Journal of Moravej*, 152- 153: pp. 31-35. (in Persian)
- Mohammadian, R., Ghami, A.R., Ashraf Mansori, G.R., Footihi, K., Jazairei-Noshabadi, M.R. 2017. Sugar beet hybrids response to rhizomania disease in the infected fields. *Journal of Sugar Beet*, 33(1): 17-31. (In Persian with English Summary).
- Mohammadian, R., Mahmoudi, S.B., Shabazi, H.A., Darabi, S., Pedram, A. 2016. Performance of sugar beet hybrids in different levels of rhizomania disease severity. *Journal of Plant Production*, 39(2): 27-42. (In Persian with English Summary).
- Mohammadian, R., Sadeghian, S.Y., Moghadam vahed, M., Rahimian, H. 2002. Evaluation of drought tolerance indices in determining sugar beet, genotypes under early season drought stress conditions. *Journal of. Sugar Beet*, 18(1): 29-49. (In Persian with English Summary).
- Mohammadian, R., Sadeghzadeh hemayati S. 2016. Strategies to improve water productivity in sugar beet. Proceeding of 2nd International and 14th National Iranian Crop Science Congress. University of Guilan, Rasht, Iran. August 30 - September 1. (In Persian with English Summary).
- Nasseri, A., Abbasi, F., Akbari, M. 2017. Estimating agricultural water consumption by analyzing water balance. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18: 17-23. (In Persian with English Summary).
- Ober, E.S., Clark, C.J.A., Le Bloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crop Research*, 90:213–234
- Ober, E.S., Le Bloa, M., Clark, C.J.A., Royal, A., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crop Research*, 91:231–249
- Orazizadeh, M.R., Rajabi, A., Fatholah Taleghani, D., Ahmadi, M., Vahedi, S., Aghaeizadeh, M., Sadeghian- Motahar, S.Y., Chegeni, M.A., Yousefabadi, V., Sadeghzadeh-Hemayati, S., Abdollahian-Noghabi, M., Mohammadian, R., Mirzaee, M., Ebrahimi-Koulaie, H., Jalilian, A., Fathi, M., Khodadadi, S., Nouroozi, A., Rahnamaian, M. 2015. Paya, The First Sugar Beet monogerm

- variety tolerant to drought in Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 4(1): 31- 42. (In Persian with English Summary).
- Parvizi Almani, M., Abd-Mishani, C., Yazdi Samadi, B. 1997. Drought resistance in sugar beet genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 28 (3): 15-25. (In Persian with English Summary).
- Piepho, H.P. 2000. A mixture-model approach to mapping quantitative trait loci in barley on the basis of multiple environment data. *Genetics*, 156: 2043-2050.
- Pourrahim, R., Afzali, H., Kakoeinejad, M. 2015. Survey of beet necrotic yellow vein virus- BNYVV in sugar beet fields in five main provinces of IRAN. Final Report. Iranian Research Institute for Plant Protection. p. 22. (In Persian with English Summary).
- Putz, C., Merdinoglu, D., Lemaire, O., Stocky, G., Valentin, P., Wiedemann, S. 1990. Beet necrotic yellow vein virus, causal agent of sugar beet rhizomania. *Rev. Plant Pathology*, 69:247-254
- Radivojević, S., Kabić, D., Filipović, V., Jaćimović, G. 2008. Yield and technological quality of modern sugar beet varieties in the Republic of SERBIA. *Food and Feed Research*, 35(2): 53-58.
- Rezaei, J., Banayan Aval, M., Nezame, A., Mahmode, B. 2014. Physiological behavior in response to sugar beet rhizomania virus. *Journal of Plant Protection Research*, 28(1): 138-146. (In Persian with English Summary).
- Sadeghian, S.Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D.F., Mesbah, M. 2000. Genetic variation for drought stress in sugar beet. *Journal of Sugar Beet Research*, 37: 55-77.
- Suarez, M.B., Grondona, I., Garcia-Benavides, P., Monte, E. 1999. Garcia-Acha I. Characterization of beet necrotic yellow vein furovirus from Spanish sugar beet. *International Microbiology*, 2 (2): 87-92.
- Tamada, T. 1975. Beet necrotic yellow vein virus. CMI/AAB. Description of Plant Viruses. 144. Association of Applied Biologists, Wellesbourne, UK.
- Tosic, M., Sutic, D., Milovanovic, M. 1985. Investigations of sugar-beet rhizomania in Yugoslavia. Proceedings of 48th International Institute of Sugar Beet Research Winter Congress. Feb. 13-14; Bruxelles. 431-445.
- Uchkunov, I., Raykov, S., Uchkunov, V., Tanova, K., Mehmed, A. 2016. Productivity and resistance of parental forms and hybrid of sugar beet which are tolerant to rhizomania disease. *Int. Res. Studies. Agricultural Sciences*, 2(1), 1-5.
- Vitousek, P.M., Howarth, R.V. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur? *Biogeochemistry*, 13: 85-115.
- Zelyazkov, D., Uchkunov, I. 2005. Testing of parental forms and hybrids of sugar beet Rhizomania tolerant. *Scientific works of NCAS*. 3: 339-342.

The Study of response of some sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars to water deficit irrigation and rhizomania disease under field conditions

R. Mohammadian^{1*}, V. Yosefabadi², M. Ahmadi³, K. Fotuhi⁴

1. Sugar Beet seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.(Corresponding author)
2. Sugar Beet seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3. Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
4. Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran.

Received: June 2018 Accepted: January 2019 - DOI: 10.22092/AJ.2018.122431.1315

Extended Abstract

Mohammadian, R., Yosefabadi, V. A, Ahmadi, M., Fotouhi, K., The Study of response of some sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars to water deficit irrigation and rhizomania disease under field conditions **Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 4, 2019 Page:16-18:** 106-128(in Persian)

Introduction: Drought is one of the most important environmental stresses in agriculture. Many efforts have been made to improve yield of crops grown under water deficit conditions (Cattivelli *et al.*, 2008). One of the proposed strategies for lower water consumption is the use of drought resistant cultivars. However, due to the complexity of drought resistant mechanisms, no significant progress has been made in improving yield under drought conditions. On the other hand, rhizomania is another limiting factor in sugar beet production in Iran and many regions in the world (Mohammadian *et al.*, 2017). The most effective and easiest way to control this disease is to use resistant cultivars (Radivojević *et al.*, 2008). Due to complexity of drought tolerance, perhaps introduction and use of high yielding cultivars under water deficit conditions can be an effective approach in reducing injuries arising from water stress.

Materials and Methods: The response of 30 commercial sugar beet cultivars to water deficit irrigation and rhizomania disease was investigated in 2016 and 2017 cropping seasons under non-infected (Karaj) and disease-infected (Mashhad and Miandoab) field conditions, using randomized complete block design. The irrigation method was furrow and irrigation intervals, after the application of two initial irrigations for germination and seedling establishment, were based on

Email address of the corresponding author: R_Mohammadian@hotmail.com

evaporation of 180 mm from class A evaporation pan. The scoring for ageing, wilting and color of leaf was done in the middle of the cropping season and the severity of rhizomania disease was determined at harvest time. Root yield and sugar content were analyzed at harvest time. Water use efficiency (WUE) and superiority index (Pi) were calculated.

Results and Discussion: In these experiments, there was approximately 30% decrease in water consumption as compared to control farms (irrigation based on evaporation of 80 mm from class A evaporation pan). The results of analysis of variance showed that cultivar effect on sugar yield and water use efficiency (WUE) was significant ($P < 0.01$). It was confirmed that, in sugar beet, cultivar differences for water use efficiency are mainly due to differences in potential yield. The results showed that the ranking of cultivars, in terms of sugar yield content, differed under disease-infected conditions and non-infected conditions. In other words, the sugar yield obtained in water deficit irrigation can not be regarded as the sole criterion for selecting appropriate cultivar to grow under both infected and low irrigation conditions. In rhizomania-infected conditions, the leaf color score and the severity index of the disease had a significant positive ($R^2 = 0.44$) and negative ($R^2 = 0.39$) correlation with sugar yield ($P < 0.01$), respectively. In non-infected conditions, the leaf wilting and ageing scores had a negative and significant correlation with sugar yield ($r = -0.45^*$ and -0.42^* , respectively). However, in the disease-infected conditions, the correlation of sugar yield with the leaf wilting and ageing scores was non-significantly negative ($r = -0.20$, $P > 0.05$) and negatively significant ($r = -0.52$, $P < 0.01$), respectively. The results of principal component analysis showed that among the 30 commercial sugar beet cultivars Antek, Baloo, BTS233, Dorothea, Isabella, Laetitia, Lorquet, Palma, Perfekta, Shokoofa and Toucan exhibited the highest water use efficiency and sugar yield and at the same time, higher stability.

Conclusion: Due to the difference in the rank of the sugar yield cultivars under water deficit irrigation and the disease-infected conditions as compared to low irrigation and non-infected conditions, breeders should make attempts to enhance drought tolerance and resistance to rhizomania in sugar beet genotypes in the breeding programs, simultaneously. Based on the findings of this study, it was concluded that in order to achieve the higher sugar yields under disease-infected and low irrigation conditions, the resistance to disease may be a more important index than the resistance to low irrigation in sugar beet cultivars.

Keywords: Low irrigation, rhizomania, sugar beet, superiority index, water use efficiency.

References:

- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè C, Tondelli, A., Stanca, A.M..2008. Review Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*,105: 1-14.
- Mohammadian, R., Ghami, A.R., AshrafMansori, G.R., Footihi, K., Jazairei-Noshabadi, M.R. 2017. Sugar beet hybrids response to rhizomania disease in the infected fields. *Journal of Sugar Beet*, 33(1): 17-31.(In Persian with English Summary).
- Radivojević, S., Kabić, D., Filipović, V., Jaćimović, G. 2008. Yield and technological quality of modern sugar beet varieties in the Republic of SERBIA. *Food and Feed Research*, 35(2): 53-58.