تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۰۳-۲۸۱

مقاله پژوهشی

بررسی برخی از شاخص‌های رشد دو رقم چغندرقند پاییزه (*Beta vulgaris* L.) تحت تأثیر آرایش کاشت، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

آمنه حق‌شناس[۱]، خسرو عزیزی[۲*]، ثریا قاسمی[۳]، فرهاد نظریان فیروزآبادی[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۳- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، ایران

* مسئول مکاتبه: Azizi.kh@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.306028.1136**

چکیده

کاشت پاییزه چغندرقند کارایی مصرف آب و مزیت‌های زراعی بیشتری نسبت به کاشت بهاره دارد. به منظور بررسی امکان کاشت پاییزه دو رقم چغندر قند و مقایسه عملکرد ریشه آنها پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان طی دو سال زراعی (۹۸-۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶) انجام شد. این پژوهش در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجراء گردید. فاکتور اصلی دارای دو سطح و شامل آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۵۰-۲۵ (P_2)، و فاکتورهای فرعی شامل دو رقم چغندر قند پاییزه (روزاگولد و چیمنه) و چهار سطح کود (F_1: کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (شاهد)، F_2: کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی، F_3: کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی، F_4: کاربرد ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی) با محلول‌پاشی سولفات روی به میزان ۵ در هزار می‌باشد. رقم روزاگولد با تیمار F_2 به طور معنی‌داری ($P<0.01$) باعث افزایش نرخ فعال فتوسنتز گردید. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در آرایش کاشت P_1 با رقم روزاگولد مشاهده گردید. بالاترین میزان CGR (۱۶ گرم/ مترمربع/ روز) و عملکرد ریشه (۹۸/۷۰ تن در هکتار) از آرایش کاشت P_1، رقم روزاگولد و سطح کود F_2 به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت، محلول‌پاشی سولفات روی توان جبران کاهش مصرف نیتروژن به میزان ۱۰ درصد، بدون کاهش عملکرد و کیفیت چغندر قند پاییزه را دارد.

واژه‌های کلیدی: چیمنه، درجه روز رشد، روزآگولد، شاخص سطح برگ

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به عنوان یک گیاه صنعتی و استراتژیک و تأمین کننده بخشی از انرژی مورد نیاز بشر به‌ویژه در کشورهای جهان سوم که با محدودیت انرژی غذایی مواجه هستند، حائز اهمیت می‌باشد. این گیاه اصلی‌ترین منبع تولید شکر کشور است. فرآورده‌های فرعی چغندرقند شامل، ملاس و تفاله بوده که کاربرد بسیاری در تولید الکل، خوراک‌دام و طیور دارد (Abdollahian Noghabi *et al*., 2005; Pidgeon *et al*., 2006). عملکرد چغندرقند به شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد بسستگی دارد (Kenter *et al*., 2006) یکی از مهم‌ترین چالش‌های تولید چغندرقند در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا ازجمله ایران خشکی و کم‌آبی می‌باشد. کشت چغندرقند به دلیل نیاز آبی نسبتاً بالا در بهار و تابستان، با مشکل کم‌آبی مواجه است (Dihim Fard and Nazari, 2015). توسعه کشت پاییزه و استفاده از نزولات آسمانی یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با این چالش در کشت گیاه چغندرقند است (Taleghani, 2003).

مدیریت چغندرقند برای تولید عملکرد بالای ریشه همراه با کیفیت مطلوب مستلزم توجه دقیق به میزان حاصل‌خیزی خاک به‌ویژه مقدار نیتروژن خاک طی فصل رشد است (Yousef Abadi and Abdollahian-Noghabi, 2011). نیتروژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه، نقش مهمی در توسعه اندام‌های هوایی، انجام اعمال متابولیکی گیاه و کیفیت محصولات قندی برعهده دارد (Mahfouz *et al*., 2015). نیاز نیتروژنی این محصول از طریق کاربرد کودهای نیتروژنه برطرف می‌گردد، اما مدیریت مصرف آن در چغندرقند بسیار

مهم می‌باشد زیرا این گیاه اولاً دوره رشد نسبتاً طولانی دارد (Gattanach and Faning, 1993)، ثانیاً مصرف بی‌رویه و غیر اصولی آن علاوه بر کاهش کارایی کود مصرفی (De Koeijer *et al*., 2003) موجب افزایش آلفا آمینه نیتروژن در ریشه (Pocock *et al*., 1990)، کاهش بلوره شدن قند (Dutton and Huijbregts, 2006) تیره شدن قند، تولید برگ‌های جدید در اواخر دوره رشد (Scott *et al*., 1994)، نقصان در ارسال مواد فتوسنتزی به ریشه (Milford *et al*., 1985) و کاهش قند استحصالی می‌شود (Stevens *et al*., 2008). از طرفی کمبود نیتروژن سبب زرد شدن برگ و به دنبال آن کاهش غلظت کلروفیل (Draycott and Christenson, 2003)، کاهش بازده فتوسنتز، وزن خشک گیاه، شاخص سطح برگ، میزان پروتئین‌ها، تأخیر در رشد رویشی و زایشی می‌شود (Sepehri *et al*., 2002; Dordas and Sioulas, 2008).

کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی در مقایسه با خاک‌های اسیدی بیشتر مطرح است (Marschner, 1995a) محدود کننده‌ترین عنصر ریزمغذی در تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان عنصر روی می‌باشد (Fageria *et al*., 2002). همچنین این عنصر یکی از اصلی‌ترین عناصر ریزمغذی برای رشد و نموگیاه است (Robson, 2012; Semida *et al*., 2015; Nadeem *et al*., 2020) گیاه برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مانند متابولیسم کربوهیدرات، بیوسنتز برخی از آنزیم‌های حیاتی، سنتز پروتئین (Hafeez *et al*., 2013)، ذخیره قند در سلول (Yarnia *et al*., 2008) و محافظت از سلول در برابر تنش‌های مخرب محیطی به عنصر روی نیاز دارد (Cakmak *et al*., 1999). عنصر روی برای سنتز تریپتوفان که پیش ماده هورمون اکسین است مورد نیاز می‌باشد (Heldt, 2005). هورمون اکسین در گیاه نقش محوری در تنظیم فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک ازجمله ریشه‌زایی را بر عهده دارد (Marschner, 1995b). از طرفی این عنصر نقش مهمی در استفاده گیاه از نیتروژن دارد (Gonzalez *et al*., 2019). توصیه می‌شود که روی به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گیرد زیرا نسبت به حالت خاک کاربرد میزان جذب بالاتر است (Gobarah *et al*., 2014; Barłóg *et al*., 2016). همچنین گزارش شده است که کاربرد روی در مزارع چغندرقند به میزان قابل توجهی رشد، عملکرد و کیفیت قند در چغندرقند را افزایش می‌دهد (Attia and Abdel-Motagally, 2015; Barłóg *et al*., 2016). کاربرد ترکیبی نیتروژن با روی در مزرعه گندم، بهره‌وری و کیفیت تغذیه‌ای را افزایش داد (Asif *et al*., 2019). با توجه به نتایج فوق می‌توان عنوان نمود که در تولید محصولات زراعی یک عامل مؤثر در کاهش کاربرد کود نیتروژن مدیریت عنصر روی است. با توجه به اهمیت کشت پاییزه چغندرقند و عدم بررسی در این منطقه از استان لرستان هدف از این پژوهش بررسی امکان تغییر الگوی کشت بهاره به پاییزه چغندرقند و شناسایی آرایش کاشت و رقم مناسب همچنین بررسی کاهش میزان مصرف کود نیتروژن و جبران این کاهش مصرف با محلول‌پاشی سولفات روی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (۲۱ دقیقه و ۴۸ درجه‌ی طول جغرافیایی و ۴۳ دقیقه و ۳۰ درجه عرض جغرافیایی) با متوسط بارندگی سالیانه ۵۲۰/۶ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد (هر دو براساس آمار بلند مدت ۵۴ ساله از سال ۱۳۸۵-۱۳۳۱) انجام شد. قبل از انجام آزمایش نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و مورد آنالیز قرار گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) قبل از کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات (از منبع سوپر فسفات تریپل) همزمان با کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) که در سه مرحله (پس از آبیاری دوم، مرحله ۶ برگی و مرحله ۸ برگی) به‌صورت سرک و یکنواخت در کرت‌ها اعمال گردید. آزمایش در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجراء شد. فاکتور اصلی دارای دو سطح و شامل آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (با فاصله بین ردیف ۵۰ و روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر (P1)) و آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (با فاصله بین ردیف ۲۵ و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر (P2)) و فاکتورهای فرعی شامل دو رقم چغندرقند پاییزه (روزاگولد و چیمنه) و چهار سطح کودی (F1: ۱۰۰ درصد نیتروژن بر اساس آزمون خاک (معادل ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به عنوان شاهد)، F2: ۱۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در

هزار)، F3: ۲۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۴۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در هزار، F4: ۳۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۱۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در هزار) بودند. پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه زمین، کشت در اوایل آبان ماه و به صورت دستی انجام پذیرفت. هر کرت آزمایش شامل شش خط کشت به طول شش متر، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و عمق کاشت دو سانتی‌متر منظور گردید. محلول‌پاشی سولفات روی ($ZnSO_4$) از مرحله ۶ برگی تا پوشش کامل کانوپی چغندر قند به فاصله هر ۱۵ روز یکبار در ساعات اولیه صبح با میزان پنج در هزار انجام شد. همچنین در تیمار شاهد (عدم مصرف کود سولفات روی)، محلول‌پاشی با آب مقطر انجام گردید. عملیات تنک و وجین در دو نوبت در مراحل چهار و هشت برگی انجام شد. در سال اول در فاصله اوایل آذر تا اوایل خرداد و در سال دوم از زمان کاشت تا اوایل اردیبهشت به دلیل وقوع بارندگی آبیاری انجام نشد. پس از آن آبیاری به مطابق با عرف محل، هر هفت روز یکبار به روش بارانی انجام گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of soil from study site

سال Year	عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن N (%)	روی Zn (ppm)	آهن Fe (ppm)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	کربن آلی OC (%)	شن Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	بافت Texture
۱۳۹۶-۱۳۹۷ 2017-2018	0-30	0.59	7.81	6	0.71	4.12	258	7.5	0.77	24	45	31	لوم رس Clay Loam
۱۳۹۷-۱۳۹۸ 2018-2019	0-30	0.61	7.63	6.02	0.74	4.11	256	7.4	0.76	23	44	33	لوم رس Clay Loam

اندازه‌گیری‌های انجام شده

ارزیابی درجه روز رشد طبق معادله ۱ زیر بر اساس تاریخ کاشت شروع شده و سپس واحدهای حرارتی مورد نیاز برای عبور گیاه از یک مرحله نموی به مرحله بعد محاسبه گردید (Hundal *et al*., 1997).

$$GDD = \sum_{b}^{b} \left(\frac{Tmax + Tmin}{2}\right) - \mathrm{Tb} \qquad (۵)$$

Tmax: حداکثر درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tmin: حداقل درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tb: درجه حرارت پایه بر حسب درجه سانتی‌گراد (۵ درجه سانتی‌گراد)

a: تاریخ شروع مرحله نموی چغندرقند پاییزه

b: تاریخ پایان مرحله نموی چغندرقند پاییزه

هدایت روزنه‌ای و نرخ فعال فتوسنتز و با استفاده از دستگاه تبادلات گازی قابل حمل مدل (CI-340 Handheld Photosynthesis System, USA) در برگ‌های توسعه یافته اندازه‌گیری شد. در زمان اندازه‌گیری برگ زیر چمبر ۶ سانتی‌متر، دی‌اکسیدکربن اتمسفر بین ساعت ۹/۵ صبح تا ۱۰/۵ صبح دامنه‌ای بین ۴۱۰- ۳۸۰ پی‌پی‌ام، دمای زیر چمبر ۲۹-۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۲-۵۸ درصد بود.

جهت تعیین شاخص‌های رشدی گیاه، نمونه‌برداری با فواصل ۲۰ روز انجام گردید. نمونه‌ها با حذف دو خط کناری از قطعه‌هایی به مساحت نیم متر مربع برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Li-Cor 2000 NE تعیین شد. نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین میزان شاخص سطح برگ، سرعت آسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محصول به ترتیب از روابط ۲، ۳ و ۴ ارائه شده توسط (Karimi and Siddique, 1991) استفاده شد.

$$LAI = e^{a1+b1t+t2} \qquad (۲)$$

$$CGR = NAR \times LAI = (b_2 + 2c_2t)\, e^{a2+b2t+c2t2} \qquad (۳)$$

$$NAR=(b_2+2c_2t)\, e^{a2+b2t+c2t2} \quad (۴)$$

در روابط فوق t زمان برحسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAIشاخص سطح برگ، NAR سرعت آسیمیلاسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول و c_1، b_1، a_1 و c_2، b_2، a_2 ضرایب رگرسیون می‌باشند.

برداشت نهایی ازکرت‌ها در تاریخ ۲۵ خرداد پس از حذف نیم متر حاشیه بالا و پایین، از چهار ردیف وسط کرت یعنی در سطحی معادل ۱۰ متر مربع صورت گرفت. ریشه‌ها پس از سرزنی و شستشو جهت تعیین عملکرد (RY) توزین شدند. درصد قند سفید با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (Abdollahian-Noghabi *et al.*, 2005).

$$WSC = WSY \times RY \quad (۵)$$

WSC: درصد قند خالص (قند قابل استحصال)، WSY: عملکرد قند خالص، RY: عملکرد ریشه

در این پژوهش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.4)، تجزیه و تحلیل گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

درجه روز رشد (GDD) و مراحل فنولوژیک

محاسبه درجه روز رشد بر اساس تاریخ کاشت شروع شده و جهت تعیین تاریخ مراحل مختلف رشد از درجه حرارت‌های تجمعی استفاده گردید. در این پژوهش میزان GDD دریافت شده در طول دوره رشد (از زمان کاشت تا برداشت) در سال اول ۲۹۷۷/۱۸ و در سال دوم ۲۵۶۰/۵۷ بود. چغندر قند از کاشت تا برداشت به ۲۳۰۰ تا ۲۹۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد. هر چه این عدد بیشتر باشد عملکرد در هکتار بالاتر است (Javaheri *et al.*, 2006). در منطقه‌ای که گیاه کمتر از ۲۰۰۰ GDD دریافت کند جزو مناطق نامناسب کاشت پاییزه چغندرقند محسوب می‌شود و اگر در این مناطق کشت پاییزه صورت گیرد عملکرد نهایی بسیار پایین خواهد بود و در منطقه‌ای که گیاه بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ GDD را دریافت کند جزو مناطق متوسط قرار گرفته لذا نمی‌توان انتظار داشت که گیاه عملکرد بالایی داشته باشد (Javaheri *et al.*, 2006; Orazizade, 1997). در پژوهشی بالاترین میزان سرعت رشد چغندرقند از دریافت ۲۱۲۳ واحد حرارتی (GDD) به دست آمد (Mirzaei and Abdollahian-Noghabi, 2012). با توجه به پژوهش‌های انجام شده می‌توان انتظار تولید چغندرقند پاییزه با عملکرد بالا را در خرم آباد داشت.

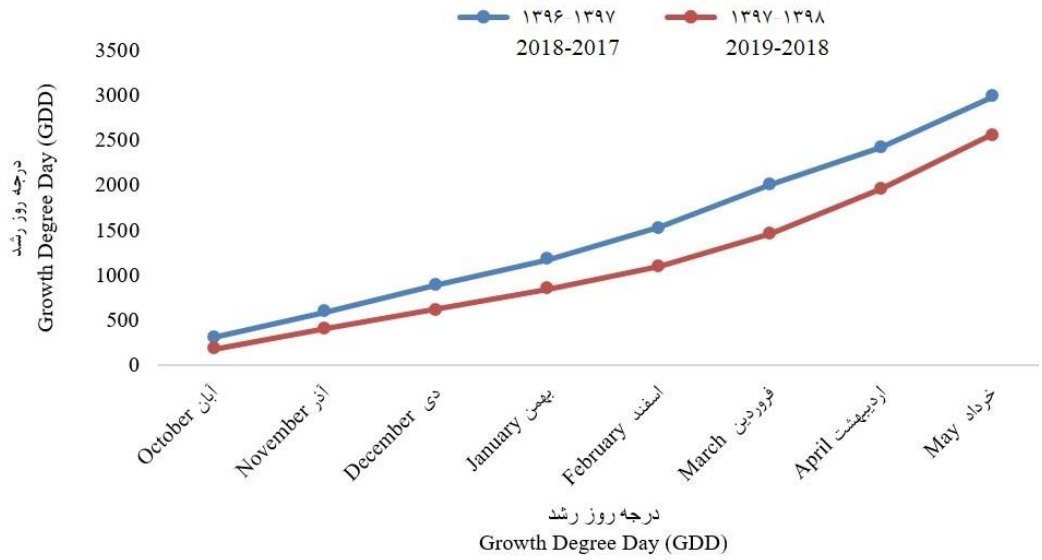
هر یک از مراحل فنولوژی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند اما برخی از این مراحل به تغییرات آب و هوایی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند (Javaheri *et al.*, 2020). واحدهای گرمایی مورد نیاز در ارقام مختلف چغندرقند به طور متوسط تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ۵۱ GDD و تا سبز شدن ۱۵۴ GDD می‌باشد؛ همچنین حداقل دمایی که باعث خسارت یخزدگی در گیاه چغندرقند بعد از سبز شدن می‌شود ۲- درجه سانتی‌گراد است (Jalilian *et al.*, 2005). در سال اول این بررسی سبز شدن گیاه با دریافت GDD۱۶۳/۴ در ۲۰ آبان رخ داد اما در سال دوم سبز شدن در ۳۰ آبان با دریافت ۱۶۳/۸ GDD رخ داد که علت این تفاوت را می‌توان کاهش دما در سال دوم آزمایش ذکر نمود. واکنش متفاوت بذر در زمان جوانه‌زنی به درجه حرارت‌های مختلف به این دلیل است که تا میزان مشخصی با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها و کارائی واکنش‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه سرعت جوانه‌زنی نیز بالا می‌رود، از طرفی دماهای خیلی پایین باعث غیر فعال شدن برخی آنزیم‌ها و کاهش سرعت واکنش‌ها می‌گردد، در بین این دو بخش حداکثر واکنش به درجه حرارت، در درجه حرارت اپتیمم مشاهده می‌شود (Bonhomme, 2000).

این گیاه به ۳۶۰ GDD از کاشت تا پایان مرحله ۴ برگی نیاز دارد و تا پایان مرحله ۴ برگی به دمای ۴- درجه سانتی‌گراد حساس است و نمی‌تواند تحمل کند (Holen and Dexter, 1996). در منطقه مورد بررسی به ترتیب در سال اول با دریافت ۳۶۱/۵ GDD در ۹ آذر و در سال دوم با دریافت ۳۷۱/۸ GDD در ۲۴ آذر اتمام مرحله ۴ برگی گیاه بود؛ اما پس از این مرحله با افزایش سن، گیاه می‌تواند دماهایی تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد را نیز تحمل کند.

مرحله ۱۶ برگی پایان رشد مقدماتی و شروع رشد اصلی چغندرقند بوده که این مرحله پس از کسب حرارت ۸۰۰ GDD اتفاق می‌افتد و پس از آن رشد ریشه به سرعت افزایش می‌یابد (Abdollahian, 1995). طبق بررسی‌های انجام شده در این تحقیق گیاه در هر دو سال به ترتیب با دریافت ۸۰۷/۷۵ GDD در سال اول و ۸۰۳/۱ GDD در سال دوم در ۲۴ بهمن در مرحله ۱۶ برگی قرار داشت.

زمانی‌که گیاه حدود ۱۶۰۰ درجه روز رشد را دریافت نمود بسته شدن کامل کانوپی اتفاق می‌افتد (Abdollahian, 1995). در سال اول این پژوهش، ۵ فروردین گیاه با دریافت ۱۶۰۷/۹۵ GDD و در سال دوم در ۱۳ اردیبهشت با دریافت ۱۶۱۶/۹۵ GDD کانوپی به طور کامل بسته شد. علت اختلاف زمان بسته شدن کانوپی در سال اول با دوم را می‌توان به بارش‌های بی‌سابقه و نوسانات دمایی در سال دوم عنوان نمود.

چغندرقند مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی مشخصی ندارد. بنابراین دما مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد است. از طرفی چغندرقند یک گیاه سه‌کربنه است و دماهای بیش از ۳۸ درجه سانتی‌گراد تنفس نوری را افزایش داده و باعث افزایش تنفس، کاهش ماده خشک و کاهش درصد قند می‌گردد (Kenter *et al.*, 2006). چغندرقند برخلاف گیاهان گل‌انتهایی تاریخ رسیدگی تکنولوژیکی مشخصی ندارد. بنابراین در منطقه‌ای که در انتهای فصل با محدودیت دمایی مواجه باشد محصول سریع‌تر برداشت می‌شود، اگر گیاه درجه روز رشد کافی را دریافت کند در گروه مناطق مستعد کاشت پاییزه قرار می‌گیرد. حتی این مناطق به علت اشغال کمتر زمین زراعی مزیت نسبی بهتری نیز دارند (Javaheri *et al.*, 2011).



شکل ۱- درجه روز رشد دریافت شده در طی فصل رشد

Figure 1- Growth degree day received during the growing season

هدایت روزنه‌ای

نتایج نشان داد آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آرایش کاشت در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر هدایت روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت در رقم بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/۶۳ سانتی‌متر بر ثانیه) در آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1) با رقم روزاگولد مشاهده گردید که به طور معنی‌دار بیشتر از سایر تیمارهای آزمایش بود (شکل ۲). بین تیمار سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای را تیمار ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) به خود اختصاص داد که با تیمار ۲۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_3) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۳). هدایت روزنه‌ای معیاری از وضعیت باز بودن روزنه‌ها بوده و به دلیل مشترک بودن مسیر انتشار برای دی‌اکسید کربن، با فتوسنتز رابطه دارد (Hopkins, 1999). بنابراین تغییرات فتوسنتز تحت تأثیر موازی هدایت روزنه‌ای قرار دارد (Shangguan *et al.*, 1999; Jia and Gray 2003Zlatev and Yordanov 2004) هر چه روزنه‌ها بازتر باشند نشان‌دهنده توانایی گیاه در تولید فتواسیمیلات بوده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Khayamim *et al.*, 2014). یکی از

نقش‌های مهم عنصر روی تنظیم هدایت روزنه‌ای است، این عنصر با نقشی که در حفظ پتاسیم در سلول‌های نگهبان روزنه دارد هدایت روزنه‌ای را کنترل می‌کند. کمبود روی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Sharma *et al*., 1995; Wang and Jin, 2005). وجود روی در سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز می‌گردد. کربنیک آنهیدراز از آنزیم‌های دارای روی است که نقش مهمی در انتقال راحت دی‌اکسید کربن و پروتون‌ها در فضاهای درون و برون سلولی و غشاهای زنده (بیولوژیک) دارد (Tavallali *et al*., 2009). روی پس از جذب از راه روزنه‌ها و انتقال به سلول‌های برگ در آنها ذخیره شده و در ادامه مراحل رشد توسط ناقل‌های پروتئینی خاصی که همزمان در جابجایی آهن نیز نقش دارند، درون گیاه جابجا می‌شود (Ishimaru *et al*., 2005). پژوهش‌گران دیگر نیز در گزارش‌هایی رابطه بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را تأیید کردند (Flexas *et al*., 2001).

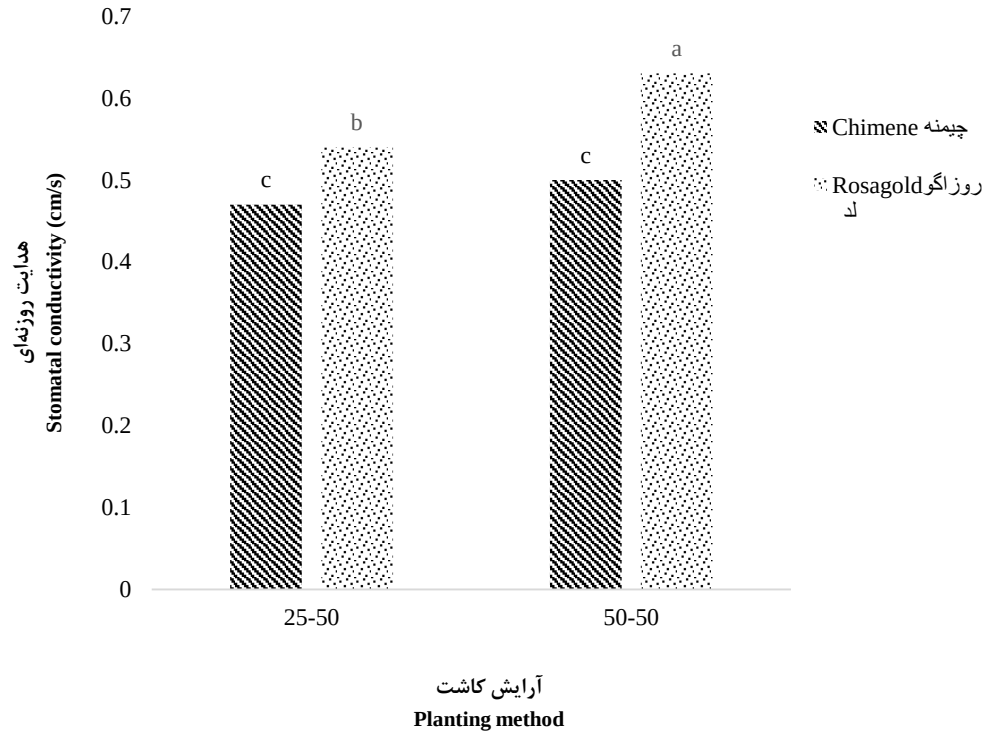
جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژیک و تکنولوژیک چغندرقند طی دو سال آزمایش

Table 2- Combined analysis of variance (mean squares) physiological and technological characteristics of sugar beet during two years of experiment

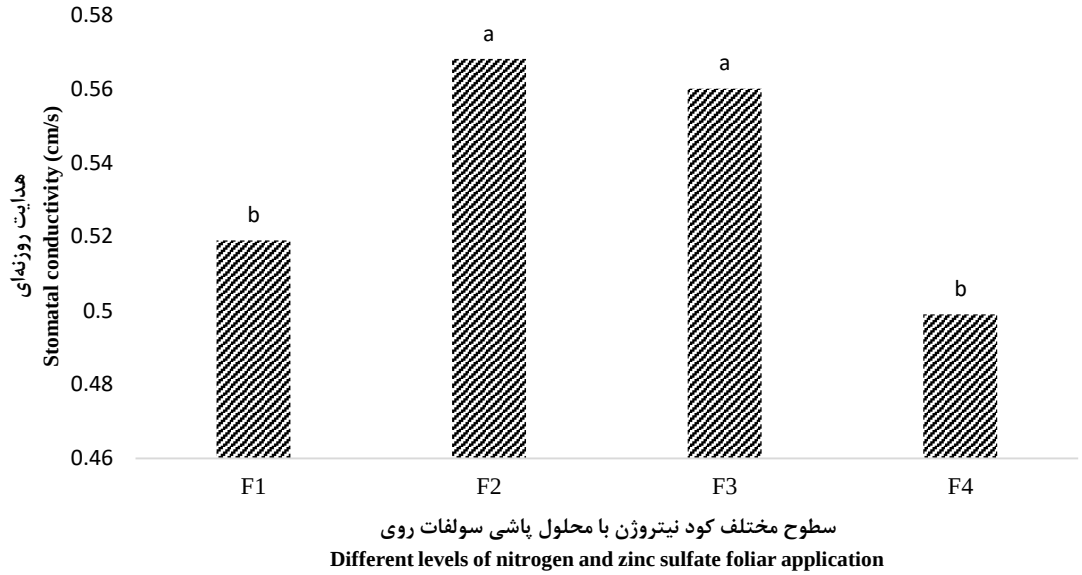
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		هدایت روزنه‌ای Stomatal conductivity	نرخ فعال فتوسنتز photosynthesis active rate	درصد قند خالص White sugar percent	عملکرد ریشه Root yield
سال Year	1	0.012 ns	1.051ns	0.164 ns	0.104ns
خطا Error	4	0.037	0.200	0.237	105.37
آرایش کاشت Planting method	1	0.245**	0.000ns	0.128 ns	779.817 **
رقم Cultivar	1	0.095**	260.630**	36.964**	5076.059**
کود Fertilization	3	0.026 **	362.33**	29.902**	2184.002 **
آرایش کاشت × رقم Planting method × Cultivar	1	0.023 *	0.444 ns	0.000ns	32.982 ns
آرایش کاشت ×کود Planting method ×Fertilization	3	0.001 ns	0.062 ns	0.137 ns	108.094 *
رقم × کود Cultivar × Fertilization	3	0.000 ns	11.571**	5.739**	125.506 *
آرایش کاشت ×رقم ×کود Planting method × Cultivar ×Fertilization	3	0.000 ns	0.324 ns	0.282 ns	99.307 *
آرایش کاشت × سال Planting method × Year	1	0.011 ns	0.000ns	0.042 ns	3.208 ns
رقم × سال Cultivar × Year	1	0.000 ns	0.000ns	0.241 ns	124.510 *
کود × سال Fertilization × Year	3	0.000 ns	0.000ns	0.151 ns	11.777 ns
سال× آرایش کاشت ×رقم Year × Planting method × Cultivar	1	0.000 ns	0.000ns	0.028 ns	43.888 ns
سال× آرایش کاشت ×کود Year× Fertilization × Planting method	3	0.001 ns	0.000ns	0.098 ns	5.451 ns
سال× رقم ×کود Year ×Cultivar ×Fertilization	3	0.000 ns	0.000ns	0.345 ns	17.707 ns
سال× آرایش کاشت ×رقم × کود Year× Planting method ×Cultivar× Fertilization	3	0.004 ns	0.000ns	0.098 ns	11.790 ns
خطا Error	60	0.003	0.60	0.339	38.004
ضریب تغییرات C.V (%)		11.12	2.364	4.855	7.614

ns عدم اختلاف معنی‌دار * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج در صد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک در صد

ns, not significant;*Significant at the 5% probability level, ** Significant at the 1% probability level



شکل ۲- تأثیر آرایش کاشت بر هدایت روزنه‌ای
Figure 2- The effect of planting method on stomatal

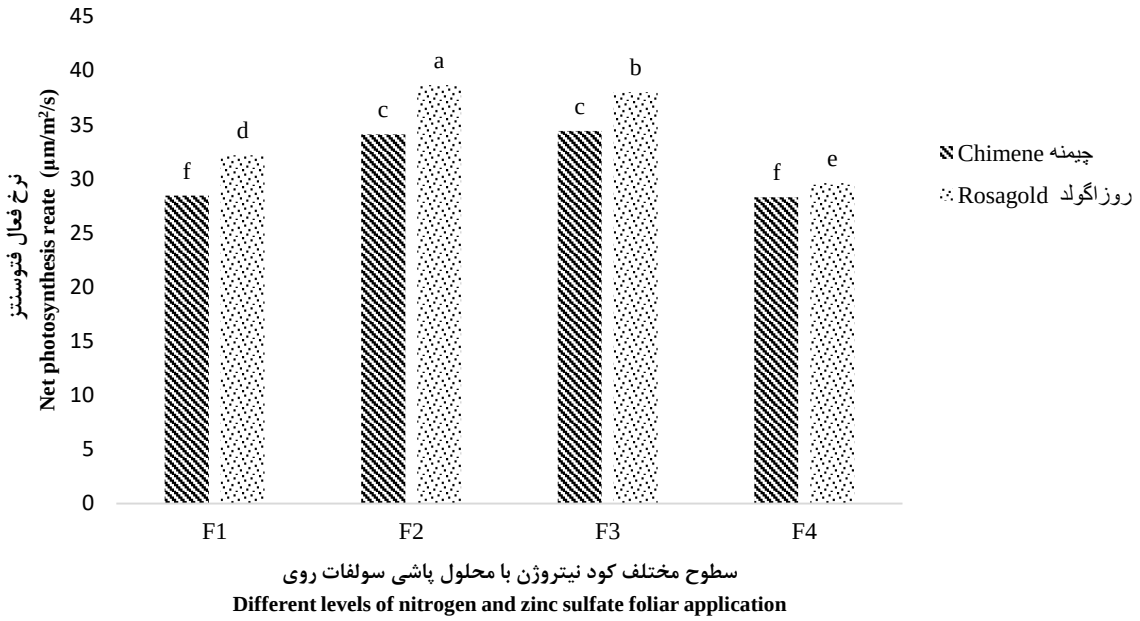


شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر هدایت روزنه‌ای
Figure 3- The effect of different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on stomatal conductivity

نرخ فعال فتوسنتز

مطابق با نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله (جدول ۲)، تأثیر برهمکنش رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر نرخ فعال فتوسنتز معنی‌دار گردید ($P<0.01$) ما آرایش کاشت بر روی این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، رقم روزاگولد با تیمار ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بالاترین میزان نرخ فعال فتوسنتز را به خود

اختصاص داد و باعث افزایش نرخ فعال فتوسنتز به میزان ۲۳/۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۴). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است (Sajjadinia *et al*., 2010). عنصر روی در تنظیم انتقال الکترون (Wakeil *et al*., 2020)، سرعت فتوسنتز (Asif *et al*., 2019; Goudarzi *et al*., 2014)، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید تأثیر گذار است (Barłóg *et al*., 2016) علاوه بر این، عنصر روی از طریق تأثیر بر هورمون ایندول استیک اسید نیز باعث بهبود رشد گیاه می‌گردد (Shiri *et al*., 2019). بر اساس پژوهش‌های انجام شده می‌توان عنوان نمود که عنصر روی با تأثیر بر حفظ پتاسیم در سلول‌های نگهبان روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای همچنین افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز، باعث تسهیل در ورود و انتقال دی‌اکسید کربن در برگ شده که منجر به افزایش میزان فتوسنتز و نرخ فعال فتوسنتز می‌شود. محلول‌پاشی روی، باعث بهبود توان جذبی برگ‌ها شده و میزان رنگیزه و توان فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد (Rahimi *et al*., 2018). محلول‌پاشی سولفات روی به میزان ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش میزان نرخ فعال فتوسنتز گردید (Cao *et al*., 2019). سایر محققین نیز اظهار داشتند که روی، میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان تولید اسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012).



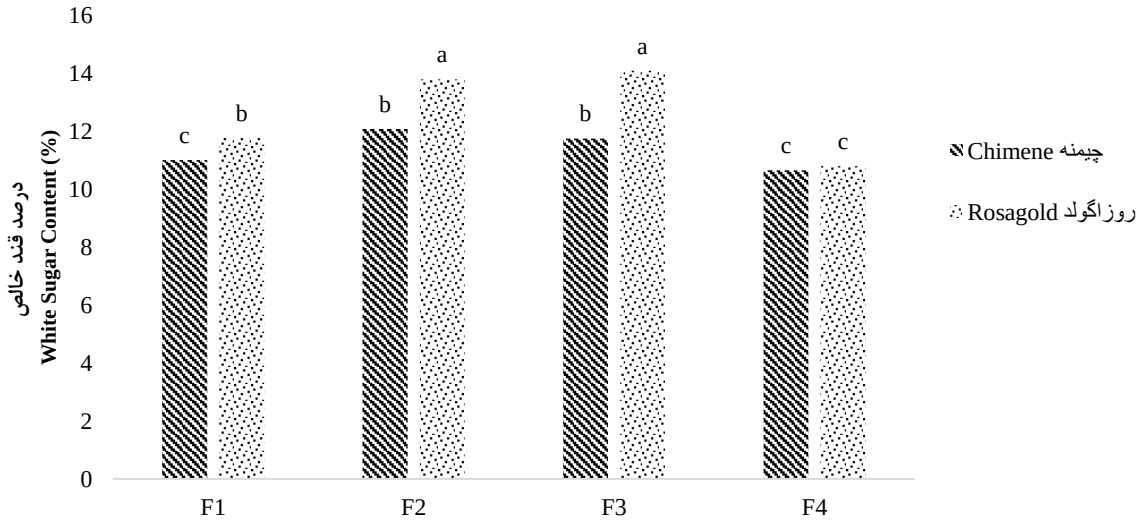
شکل ۴- تأثیر رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر نرخ فعال فتوسنتز

Figure 4- Effect of cultivars and different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on photosynthesis active rate

درصد قند خالص (قند قابل استحصال)

نتایج تجزیه واریانس مرکب بیانگر آن بود که برهمکنش رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال یک درصد بر میزان درصد قند خالص معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن و سولفات روی موجب افزایش معنی‌دار درصد قند خالص گردید، به‌طوری‌که بالاترین میزان درصد قند خالص مربوط به رقم روزاگولد با تیمار کاهش ۲۰ درصد کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی بود که در مقایسه با شاهد، (۱۴/۱۰ درصد) افزایش مشاهده گردید (شکل ۵). افزایش مصرف نیتروژن، موجب تحریک رشد رویشی، سایه‌اندازی برگ‌ها، افزایش نسبت تنفس به فتوسنتز و بزرگتر شدن ریشه‌ها می‌گردد؛ از طرفی بین اندازه ریشه و درصد قند خالص و ناخالص همبستگی منفی وجود دارد که نتیجه چنین شرایطی کاهش درصد قند خواهد شد. همچنین بین درصد قند خالص و درصد تجمع نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Dihim

Fard and Nazari, 2015). قسمت اعظم درصد ماده خشک ریشه را ساکارز تشکیل می‌دهد (Tognetti *et al*., 2003)، می‌توان بالا بودن درصد قند خالص را به بالا بودن ماده خشک ریشه نسبت داد، علاوه بر این درصد قند خالص تابعی از قند ناخالص و قند ملاس می‌باشد. هر چه میزان قند ملاس بیشتر باشد، میزان قند خالص کاهش می‌یابد (Ghasemi *et al*., 2020). افزایش ناخالصی‌های ریشه (نیتروژن آمینه، پتاسیم و سدیم) از کریستاله شدن ساکارز جلوگیری کرده و باعث باقی ماندن درصدی از ساکارز در ملاس می‌شود. مصرف بالای نیتروژن و استفاده در زمان نامناسب باعث بالا رفتن میزان نیتروژن آمینه می‌شود. از طرفی گیاه برای تعادل بار یونی، املاح سدیم و پتاسیم را جذب می‌کند که این باعث کاهش درصد قند خالص می‌گردد (Khayamim *et al*., 2002). اثراتی که کودهای نیتروژنه بر کیفیت چغندرقند دارند به میزان مصرف کود، رقم کشت شده و فصل مصرف بستگی دارد (Barłóg *et al*., 2016).



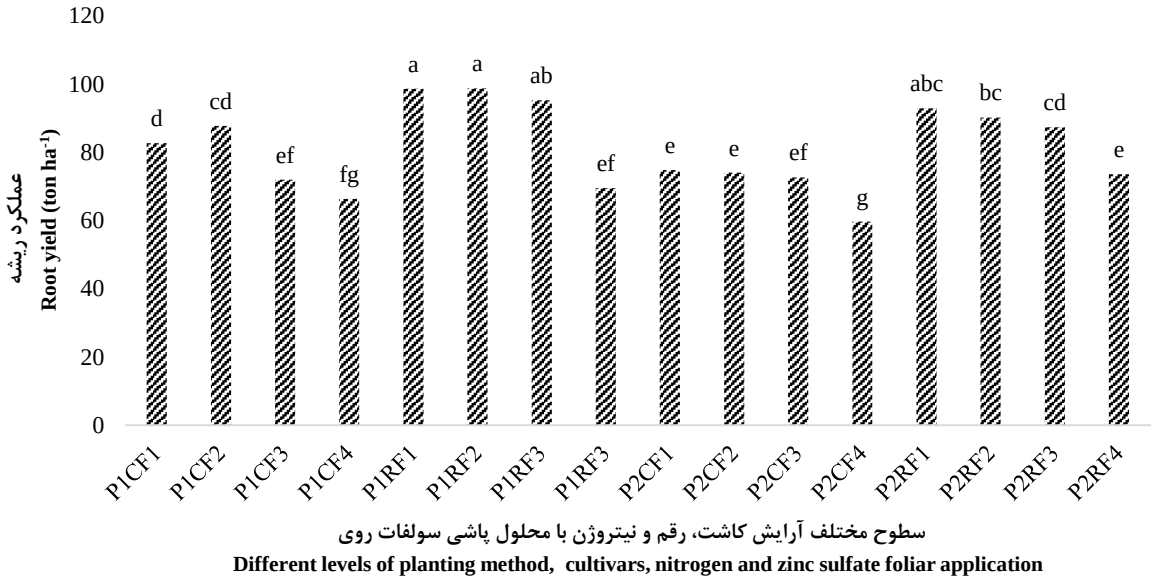
شکل ۵- تأثیر رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر درصد قند خالص
Figure 5- Effect of cultivars and different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on the white sugar percent

عملکرد ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی نشان داد، بیشترین میزان عملکرد ریشه چغندر قند مربوط به آرایش کاشت ۵۰-۵۰، رقم روزاگولد و ۱۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (۹۸/۷۰ تن در هکتار) (P_1RF_2) بود. کمترین میزان عملکرد ریشه مربوط به آرایش کاشت ۵۰-۲۵ رقم چیمنه و ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (۵۹/۶۲ تن در هکتار) (P_2CF_4) بود که پایین‌تر از سایر تیمارها قرار گرفت (شکل ۶). تأثیر رقم به طور معنی‌داری در عملکرد و کیفیت ریشه متفاوت است (Hoffmann, 2005) همچنین وضعیت تغذیه روی به دلیل نقش آن در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و مولکولی وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Arif *et al*., 2019). استفاده از روی به صورت محلول‌پاشی در گیاه باعث کاهش کمبود روی، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Montalvo *et al*., 2016). بیشترین عملکرد دانه و جذب مواد غذایی در جو از تیمار ترکیب نیتروژن و روی مشاهده گردید (Gonzalez *et al*., 2019). محلول‌پاشی روی در چغندرقند، عملکرد ریشه را به میزان ۵/۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Rahimi *et al*., 2018). مطالعات

اخیر نشان داده است، عنصر روی نقش مهمی را در استفاده گیاه از نیتروژن ایفا می‌کند، بنابراین، مدیریت عنصر روی می‌تواند یک عامل مؤثر در کاهش کاربرد کود نیتروژن در تولید محصول زراعی باشد (Gonzalez *et al*., 2019). افزایش عملکرد ریشه پس از کاربرد عناصر ریزمغذی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Rahimi *et al*., 2019; Soleymani and Farajzadeh Memari Tabrizi, 2016).

بیشترین عملکرد ریشه (۷۸/۹۳ تن در هکتار) با فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و کشت به‌صورت یک ردیفه به‌دست آمد (Ashraf Mansoori and Joukar, 2010)، همچنین گزارش شده است که حداکثر عملکرد ریشه از بوته‌هایی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متری به‌دست آمد که در مقایسه با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری داشت (Soleymani and Shahrajabian, 2017).

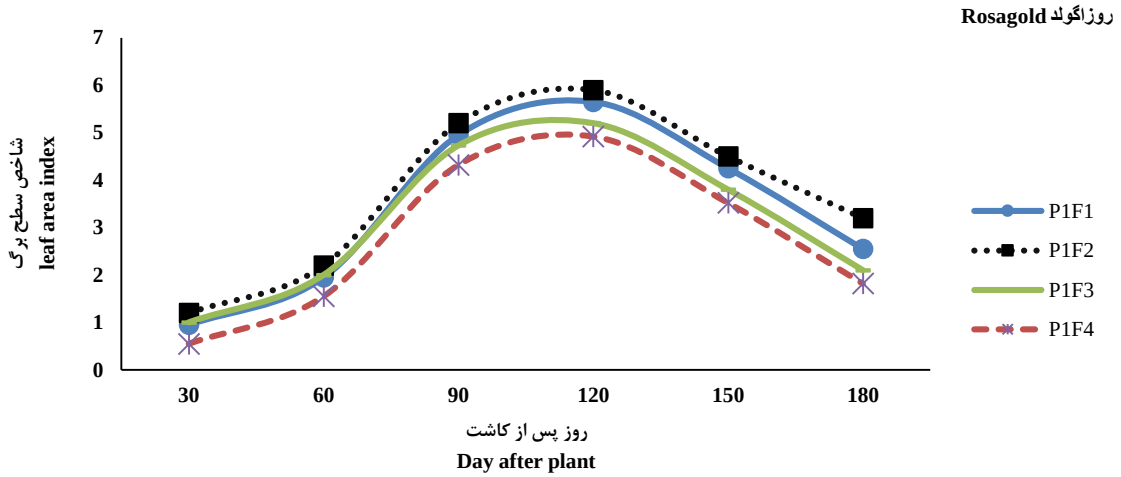


شکل ۶- تأثیر آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد ریشه
Figure 6- The effect of planting method, cultivar and different levels of nitrogen fertilizer with foliar application of zinc sulfate on root yield

شاخص سطح برگ (LAI)

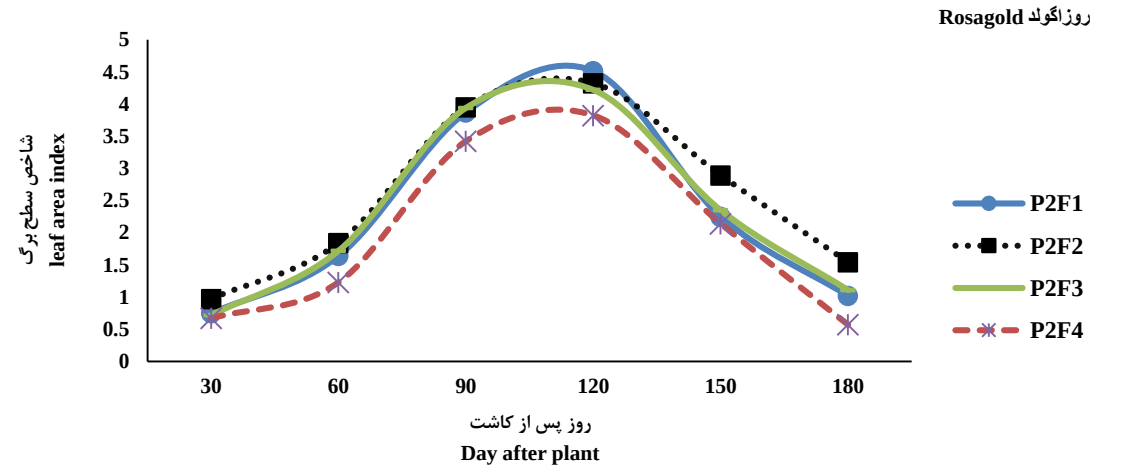
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به طور کلی تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها از روند مشابهی پیروی می‌کند، به‌طوریکه شاخص سطح برگ بعد از استقرار کامل گیاه و با سرد شدن هوا به صورت بطئی افزایش یافت و پس از طی شدن ماه‌های سرد و گرم شدن تدریجی هوا با سرعت بیشتری افزایش پیدا کرد و پس از رسیدن به ماکزیمم به علت از بین رفتن برگ‌های مسن و جایگزین شدن برگ‌های جدید و کوچک، شاخص سطح برگ کاهش یافت. علت رشد سریع برگ و افزایش شاخص سطح برگ در اواسط مراحل رشد را می‌توان به سبب بودن شرایط مناسب اقلیمی به ویژه درجه حرارت فروردین‌ماه نسبت داد. به نظر می‌رسد افزایش درجه حرارت در اواخر فصل ارتباط مستقیمی با کاهش سطح برگ دارد. شاخص سطح برگ به طور کلی در طول دوره رشد نسبت به زمان از معادله درجه دوم پیروی می‌نماید و پس از یک سیر صعودی و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی می‌یابد. در این پژوهش ماکزیمم مقدار شاخص سطح برگ (۵/۹) مربوط به رقم روزاگولد، آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1) و ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بود (شکل ۷). دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ در تیمار F_2 می‌تواند به دلیل تأثیر نیتروژن و سولفات روی بر افزایش تقسیم و رشد سلول و هورمون اکسین باشد که باعث افزایش رشد رویشی و درنتیجه افزایش سطح برگ شده است. نیتروژن یک عنصر ضروری برای رشد گیاه بوده که کاربرد آن باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد (Adiloglu and Adiloglu, 2005; Ma *et al*., 1999). کاربرد نیتروژن می‌تواند در مراحل

مختلف رشد گیاه بـا تأثیر بر گسترش برگ‌ها باعث افزایش تدریجی و حفظ سطح برگ برای مدت بیشتری شود (Khodshenas *et al*., 2016) این عنصر رشد برگ را از طریق تولید پروتئین‌های درگیر در رشد سلول، تقسیم سلولی، دیواره سلول و تولید سیتوکنین تحریک می‌کند که باعث افزایش سطح فتوسنتز می‌گردد (Bassi *et al*., 2018). از طرفی عناصر کم‌مصرف در تنظیم مقدار آب گیاه و افزایش قند نقش عمده‌ای بر عهده دارند که وجود عنصر روی در هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی، شاخه‌بندی، فتوسنتز و تولید آسیمیلات می‌شود (Rahimi *et al*., 2018). انجام فرایند فتوسنتز وابسته به سطح برگ بوده و برای افزایش آن باید شاخص سطح برگ را افزایش داد (Behdani, 2011). همچنین محققین دلیل افزایش سطح برگ در اثر کاربرد روی را با نقش این عنصر در افزایش طول دوره رشد و فرصت کافی برای توسعه اندام‌های هوایی مرتبط دانستند (Khan *et al*., 2008).



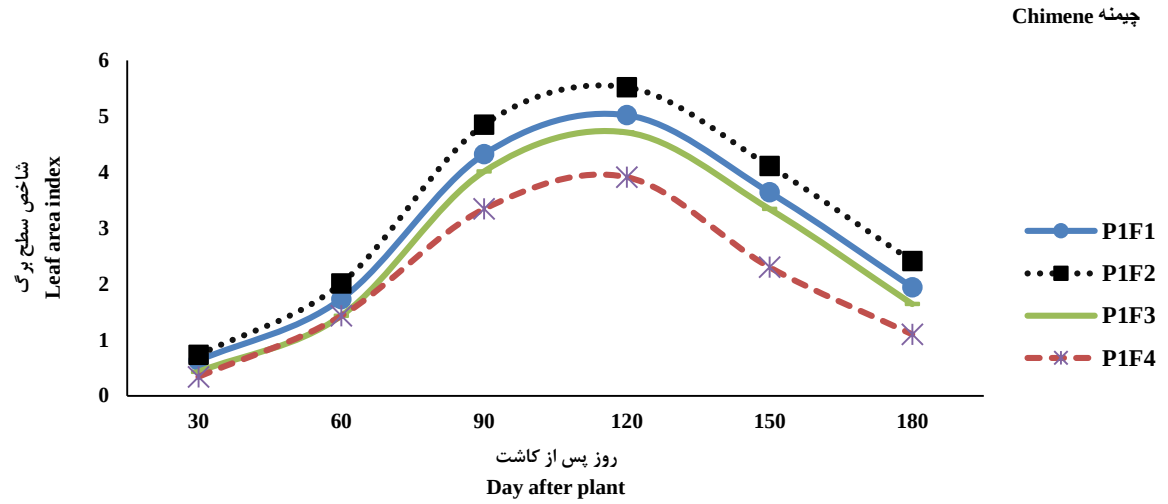
شکل ۷- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 7- Leaf area index (LAI) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



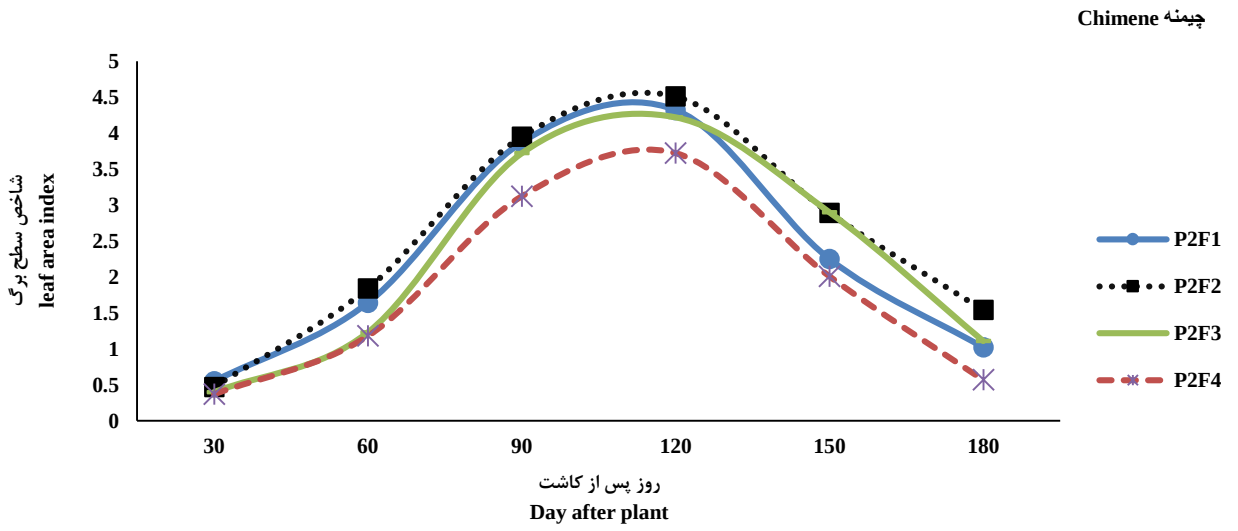
شکل ۸- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 8- Leaf area index (LAI) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۹- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 9- Leaf area index (LAI) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۰- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

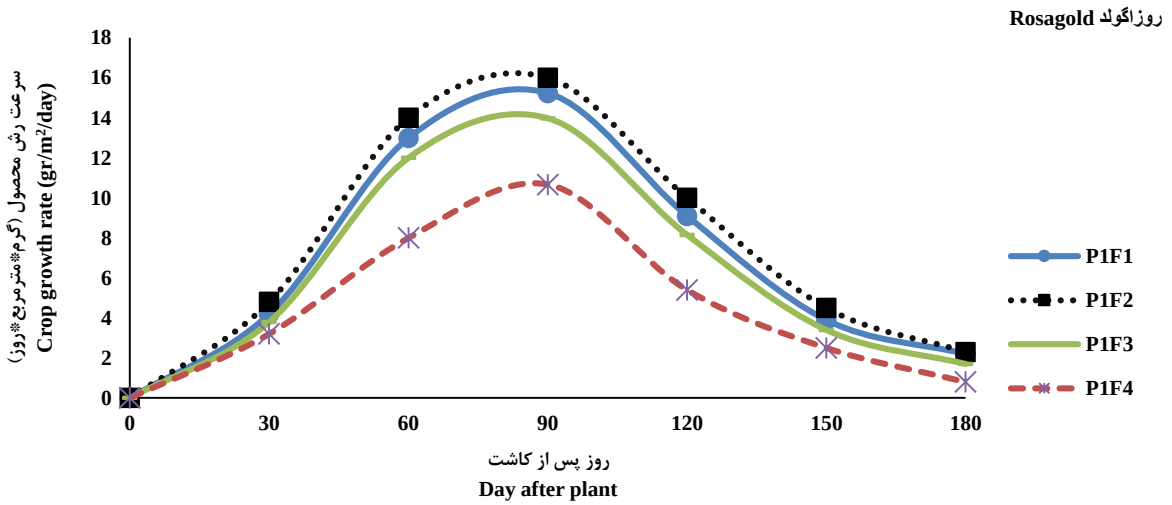
Figure 10- Leaf area index (LAI) in Chimene cultivars under the influence of planting method25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

سرعت رشد محصول (CGR)

در این پژوهش ارقام چغندرقند از نظر سرعت رشد محصول اختلاف قابل توجهی داشتند. شکل ۷ میزان CGR در آرایش کاشت و سطوح مختلف کودی را نشان می‌دهد. حداکثر میزان سرعت رشد محصول (۱۶ گرم در متر مربع در روز) در رقم روزاگولد با آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) (شکل ۱۱)، حداقل آن (۴/۳ گرم در متر مربع در روز) در رقم چیمنه با آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (P_2) و ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_4) (شکل ۱۴) به دست آمد. به طور کلی منحنی سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم

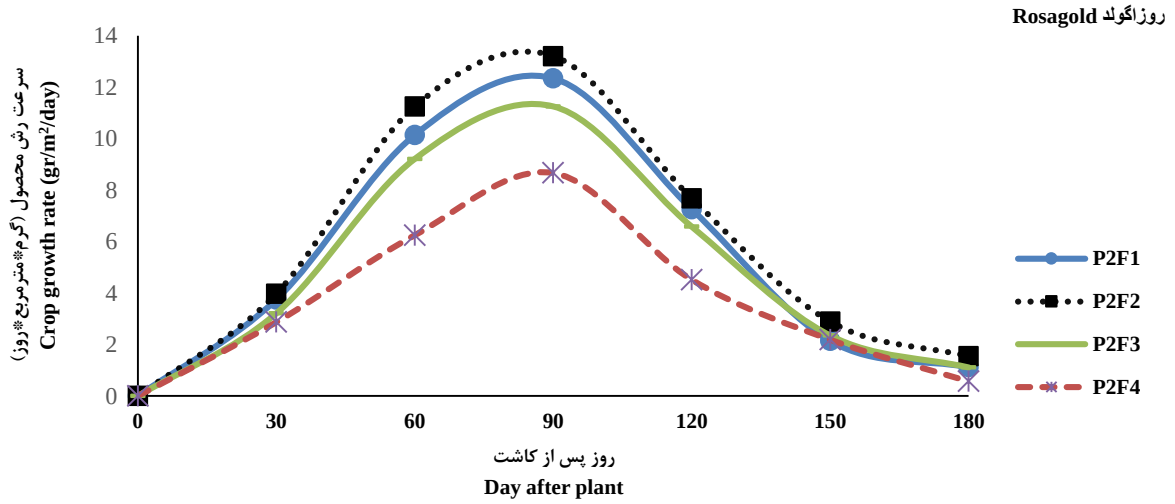
نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود کم است (Barzali *et al.*, 2004). با نمو گیاهان زراعی سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد، زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته و نور کمتری از لابلای پوشش گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر سرعت رشد گیاه هنگامی به دست می‌آید که گیاهان به اندازه کافی بزرگ و متراکم شده باشند تا بتوانند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را کنند (Watson, 1958). پس از سیر صعودی و رسیدن سرعت رشد محصول به حداکثر میزان خود یک روند نزولی به خود می‌گیرد. این کاهش ابتدا با آهنگی ملایم و به دنبال آن با سرعت بیشتری ادامه می‌یابد. علت کاهش سرعت رشد محصول را می‌توان ریزش برگ‌های مسن، غیر فعال شدن برگ‌های قدیمی‌تر و درجه حرارت بالای خرداد عنوان نمود. بین سرعت رشد محصول و مقدار تابش جذب شده توسط برگ یک رابطه مستقیم وجود دارد (Hooshmandi, 2015). به‌طور کلی منحنی سرعت رشد محصول در مراحل ابتدایی رشد به علت کامل نبودن پوشش گیاهی کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در سرعت رشد گیاه به‌وجود می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می‌یابند. بیشترین سرعت رشد گیاه هنگامی حاصل می‌شود که به اندازه کافی بزرگ و متراکم شده باشد (Sharifi and Syiahkholaki, 2015) و پس از آن در مرحله انتهای رشد به دلیل کاهش شاخص سطح برگ و سرعت جذب تابش متأثر از افزایش تقاضا و پیری برگ سرعت رشد محصول روند نزولی نشان می‌دهد (Hooshmandi, 2015)؛ بنابراین می‌توان بیان کرد، هر عاملی که باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن گردد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد محصول شود (Dhyani *et al.*, 2013) در این پژوهش محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید که می‌تواند تبیین‌کننده افزایش سرعت رشد محصول در نتیجه اعمال تیمار فوق باشد. افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن در ذرت با محلول‌پاشی روی محسوس بود (Mohsin *et al.*, 2014).

در آرایش کاشت نامناسب و افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت بین بوته‌ها زودتر شروع شده و این رقابت افزایش می‌یابد اما در آرایش کاشت مناسب به‌علت توزیع مناسب‌تر بوته‌ها، رقابت بین آنها کاهش یافته و موجب استفاده بهتر از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد محصول خواهد شد (Abuzar *et al.*, 2011).



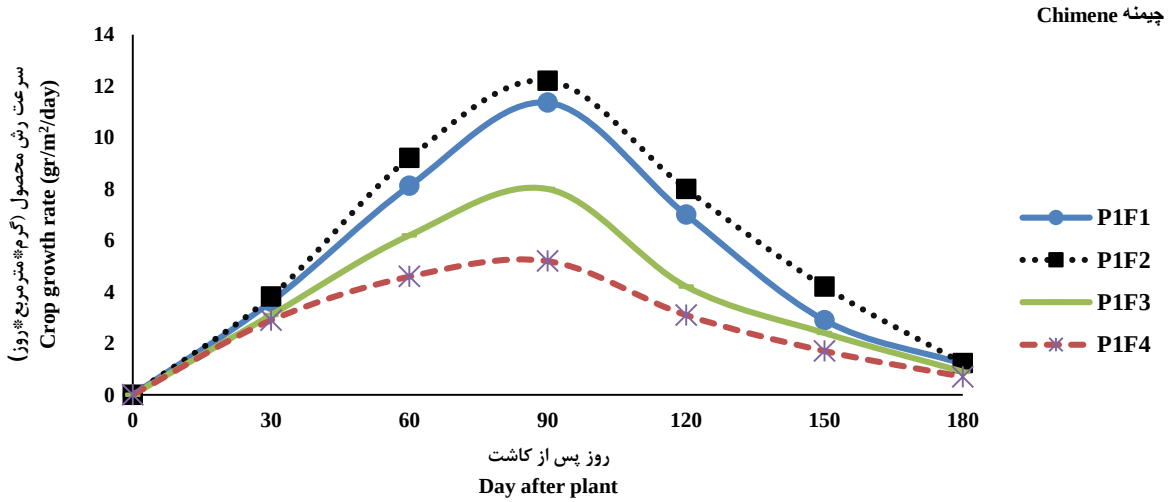
شکل ۱۱- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 11 - Crop growth rate (CGR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۲-تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم روا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت،۵۰-۲۵ سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 12 - Crop growth rate (CGR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



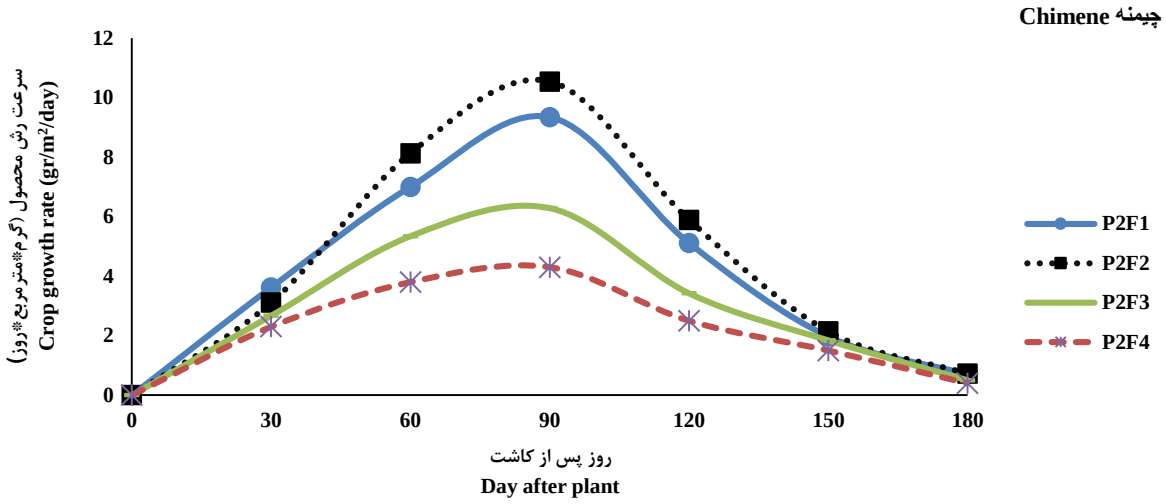
شکل ۱۳- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 13 - Crop growth rate (CGR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

سرعت جذب خالص (NAR)

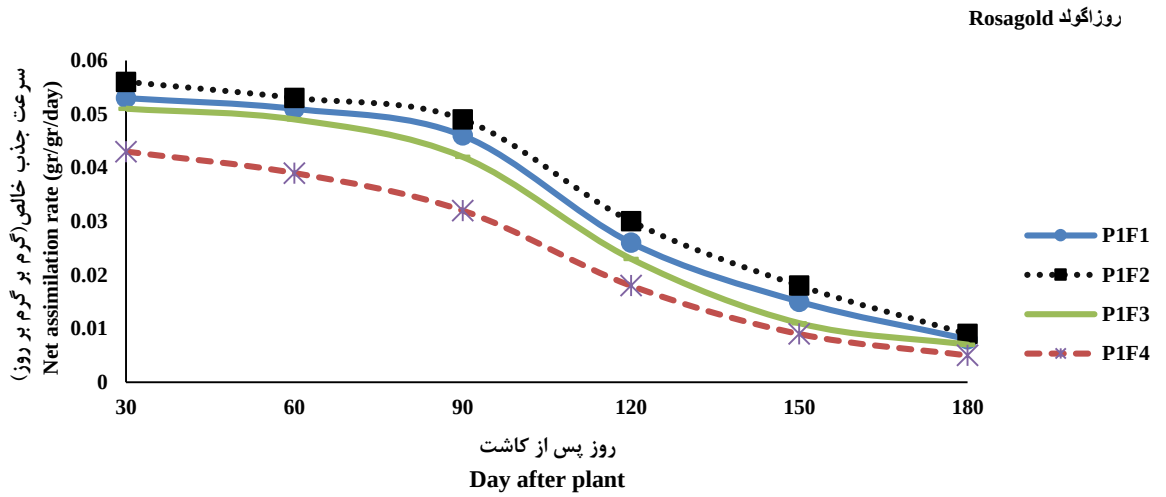
به طور کلی با گذشت زمان، سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد. علت این کاهش می‌تواند به دلیل افزایش بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی، در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی و یا افزایش سن برگ‌ها باشد که منجر به کاهش فتوسنتز در این برگ‌ها می‌شود (Gardner *et al*., 1991). صرف‌نظر از رقم، سرعت رشد نسبی در ابتدای دورهٔ رشد در تمامی تیمارها در بالاترین میزان خود بود و سپس با طی شدن دورهٔ رشد، از حدود ۶۰ روز پس از سبز شدن با افزایش وزن گیاه و در به دنبال آن با افزایش سایه‌اندازی، به تدریج کاهش یافت

و در انتهای دورهٔ رشد به صفر رسید. رقم روزاگولد با آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بیشترین میزان (۰/۰۵۶ میلی-گرم بر گرم در روز) (شکل ۱۵) و رقم چیمنه با آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (P_2)، ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی (F_4) کمترین میزان (۰/۰۳۲ میلی‌گرم بر گرم در روز) (شکل ۱۸) را به خود اختصاص دادند (شکل ۹).



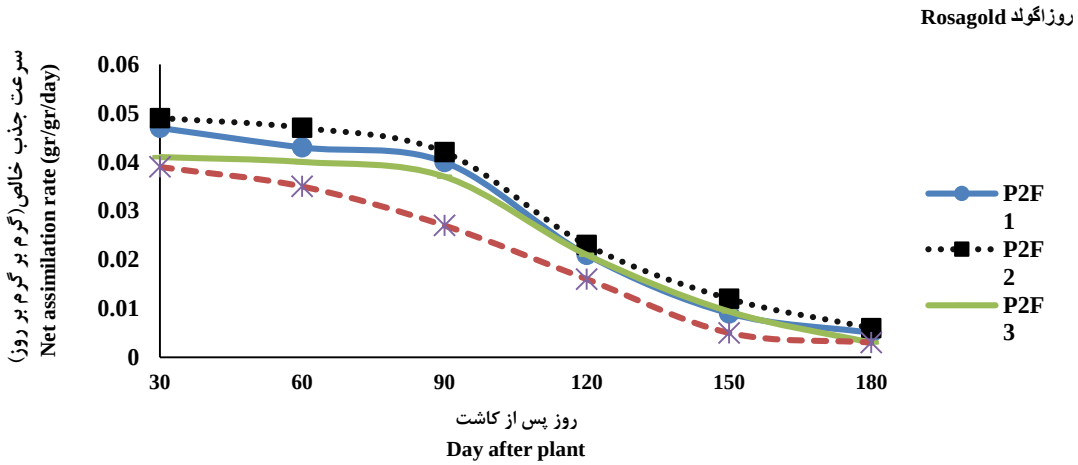
شکل ۱۴- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 14 - Crop growth rate (CGR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



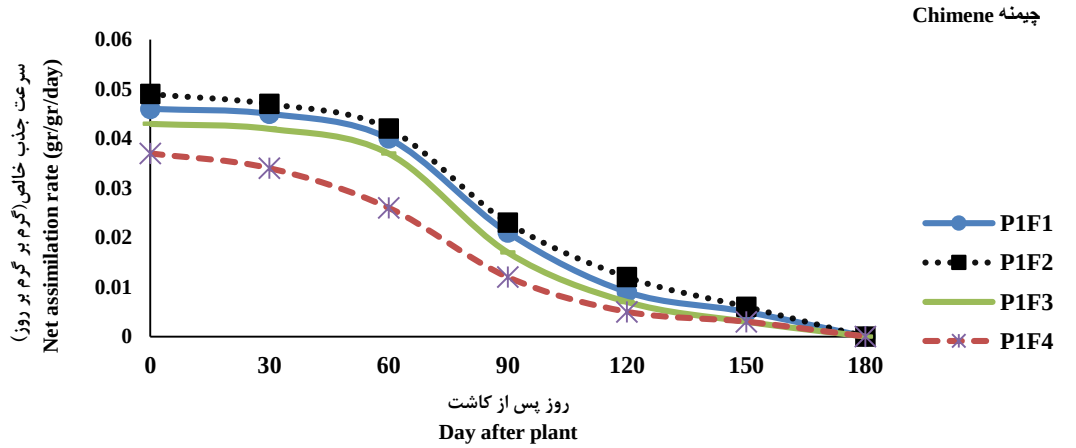
شکل ۱۵- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 15 - Net assimilation rate (NAR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen



شکل ۱۶- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم روزاگولد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

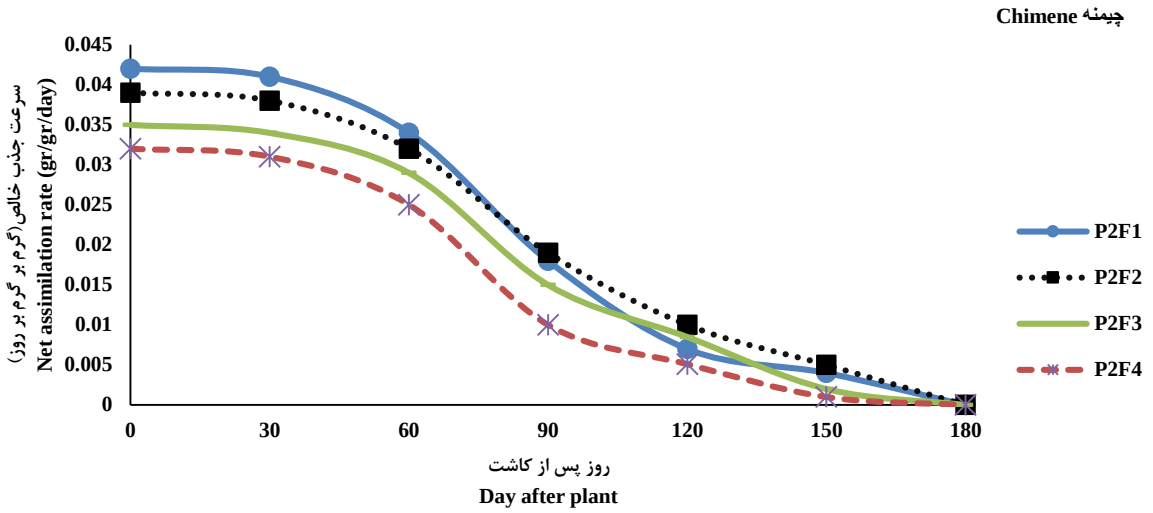
Figure 16 - Net assimilation rate (NAR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۷- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 17 - Net assimilation rate (NAR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen

در گیاه چغندرقند میزان NAR تا مدتی روند صعودی داشته و پس از آن کاهش پیدا می‌یابد و دلیل آن این است که در ابتدای فصل رشد برگ‌های چغندرقند کوچک و بسته بوده، لذا توان استفاده کامل از انرژی خورشیدی را ندارند اما با ادامه رشد و باز شدن برگ‌ها NAR تا مدتی روند صعودی داشته و در ادامه با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی آنها بر روی هم NAR روند نزولی پیدا می‌کند (Carter *et al.*, 1985). علت کاهش NAR در تیمار F_4 می‌تواند به دلیل کاهش رشد برگ باشد که گیاه به دلیل کاهش مصرف کود، برای حفظ بقای خود مواد ساخته شده را ذخیره کرده و رشد رویشی خود را کاهش داده است (Koocheki and Banayan aval, 1994) مصرف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند با اثر بر میزان گسترش برگ‌ها باعث افزایش تدریجی و حفظ سطح برگ برای مدت زمان طولانی‌تری گردد که این باعث افزایش NAR می‌شود (Khodshenas *et al.*, 2016) همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی سولفات روی میزان NAR در گیاه را افزایش می‌دهد (Kamaei *et al.*, 2019; Mohsin *et al.*, 2014).



شکل ۱۸- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 18 - Net assimilation rate (NAR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، کشت پاییزه چغندرقند در خرم‌آباد امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به شرایط آهکی، pH بالا و متعاقباً پایین بودن میزان جذب عنصر روی در خاک، گیاه واکنش مثبتی را به محلول‌پاشی این عنصر نشان داده است. با توجه به عواملی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش میزان شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، هدایت روزنه‌ای و نرخ فعال فتوسنتز گردید. میزان عیارقند خالص متأثر از کاربرد سولفات روی بود به‌طوری‌که عیارقند خالص از ۱۱/۷۸ درصد در تیمار شاهد به ۱۴/۱۰ درصد در تیمار ۲۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان دهنده‌ی برتری رقم روزاگولد بود، همچنین با محلول‌پاشی سولفات روی می‌توان ضمن جلوگیری از کاهش عملکرد و افزایش کیفیت چغندر قند، میزان مصرف نیتروژن را به میزان ۱۰٪ کاهش داد.

References

Abdollahian, M. 1995. Study of sugar beet growth pattern in Mashhad area. *Journal of Sugar Beet*, 10: 35-42. (In Persian).

Abdollahian Noghabi, M., Sheykholeslami, R. and Babaee, B. 2005. Technical terms and meanings of technological quantity and quality of sugarbeet. *Journal of Sugar Beet*, 21: 101-104. (In Persian).

Abuzar, M., Sadozai, G., Baloch, M., Baloch, A., Shah, I., Javaid, T. and Hussain, N. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21: 692-695.

Adiloglu, A. and Adiloglu, S. 2005. An investigation on nutritional problems of hazelnut grown on acid soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 2219-2226.

Arif, M., Dashora, L., Choudhary, J., Kadam, S. and Mohsin, M. 2019. Effect of varieties and nutrient management on quality and zinc biofortification of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89: 104-108.

Ashraf Mansoori, G.R. and Joukar, L. 2010. Effect of planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in temperate regions of Fars province. *Journal of Sugar Beet*, 25: 141-152. (In Persian).

Asif, M., Tunc, C.E., Yazici, M.A., Tutus, Y., Rehman, R., Rehman, A. and Ozturk, L. 2019. Effect of predicted climate change on growth and yield performance of wheat under varied nitrogen and zinc supply. *Plant and Soil*, 434: 231-244.

Attia, K.K. and Abdel-Motagally, F. 2015. Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc on sugar beet plants grown on a calcareous sandy soil. *Assiut Journal Agricultural Sciences*, 46:1-14.

Barłóg, P., Nowacka, A. and Błaszyk, R. 2016. Effect of zinc band application on sugar beet yield, quality and nutrient uptake. *Plant, Soil and Environment*, 62: 30-35.

Barzali, M., Tahmasbi, Z., Ghalavand, A. and Tavakol Afshari, R. 2004. Evaluation the morphological and Physiological characteristics assciated with early vigour in four cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Science*, 6: 80-100. (In Persian).

Bassi, D., Menossi, M. and Mattiello, L. 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports*, 8:1-13.

Behdani, M.A. 2011. Principles of Cultivation. of AYJ, Press, Iran. (In Persian).

Bonhomme, R. 2000. Bases and limits to using 'degree. day'units. *European Journal of Agronomy*, 13: 1-10.

Cakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H., Kılınç, Y. and Yılmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crops Research*, 60: 175-188.

Cao, M., Li, Y. and Du, H. 2019. Effects of spraying zinc fertilizer on the physiological and photosynthetic characteristics of millet plants (*Setaria Italica* L.) at different growth stages. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17: 8121-8138.

Carter, J., Kemper, W. and Traveller, D. 1985. yield and quality as affected by early and late fall and spring harvest of sugarbeets. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*, 23: 8-27.

De Koeijer, T., De Buck, A., Wossink, G., Oenema, J., Renkema, J. and Struik, P. 2003. Annual variation in weather: its implications for sustainability in the case of optimising nitrogen input in sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 19: 251-264.

Dhyani, K., Ansari, M.W., Rao, Y.R., Verma, R.S., Shukla, A. and Tuteja, N. 2013. Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. *Plant signaling & behavior* 8:e24564.

Dihim Fard, R. and Nazari, S. 2015. Effect of nitrogen application on quantitative and qualitative of sugar beet cultivars. *Journal of Plant Production Research*, 22: 71-93. (In Persian).

Dordas, C.A. and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27:75-85.

Draycott, A.P. and Christenson, D.R. 2003. Nutrients for sugar beet production: Soil-plant relationships: Cabi.

Dutton, J. and Huijbregts, T. 2006. Root quality and processing. *In book Sugar beet*, pp: 409-442.

Emadi, M.S., Hassibi, P. and Azimi, A.R. 2015. Effect of putresine and nutrients foliar application on some physiological characters of two wheat (*Triticum aestivum* L.) bread cultivars in Ahvaz. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 37: 107-118. (In Persian).

Fageria, N., Baligar, V. and Clark, R. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*. 77: 185-268.

Flexas, J., Gulías, J., Jonasson, S., Medrano, H. and Mus, M. 2001. Seasonal patterns and control of gas exchange in local populations of the Mediterranean evergreen shrub *Pistacia lentiscus* L. *Acta Oecologica*, 22(1): 33-43.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 1991. Physiological of Crop Plants. *Iowa State University Press, USA*: 186-208.

Gattanach, A. and Faning, C. 1993. Fertilizer Sugar beet. North Dokota State University" NDSU Extension Service, Available on the http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/soilfert/sf714w.htm

Ghasemi, S., Sadeghzade Hemayati, S., Taleghani, D., Siavashi, K. and Hosseinpour, M. 2020. Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in Ilam province. *Journal of Sugar Beet*, 36: 15-25. (In Persian).

Gobarah, M.E., Tawfik, M., Zaghloul, S.M. and Amin, G.A. 2014. Effect of combined application of different micronutrients on productivity and quality of sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 3: 589-598.

Gonzalez, D., Almendros, P., Obrador, A. and Alvarez, J.M. 2019. Zinc application in conjunction with urea as a fertilization strategy for improving both nitrogen use efficiency and the zinc biofortification of barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 4445-4451.

Goudarzi, H., Kasraei, P. and Zand, B. 2014. Effect of different iron and zinc concentrations on yield and yield components of maize. *Crop Production Research*, 6: 49-61. (In Persian).

Hafeez, B., Khanif, Y. and Saleem, M. 2013. Role of zinc in plant nutrition-a review. *American Journal of Experimental Agriculture*, 50: 374-391.

Heldt, HW. 2005. Plant biochemistry. 3rd edition, Elsevier Academic Press, San Diego .

Hoffmann, C. 2005. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 138-145

Holen, C. and Dexter, A. 1996. A growing degree day equation for early sugarbeet leaf stages. *Sugar Beet Research and Extension Reports*, 29: 152-157.

Hooshmandi, B. 2015. Evaluation some morphophysiological indices and yield of bread wheat cultivars. *Crop Physiology Journal*, 7: 121-134. (In Persian).

Hopkins, W.G. 1999. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons.

Hundal, S., Singh, R. and Dhaliwal, L. 1997. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Punjab. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 67: 265-268.

Ishimaru, Y., Suzuki, M., Kobayashi, T., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N.K. 2005. OsZIP4, a novel zinc-regulated zinc transporter in rice. *Journal of Experimental Botany*, 56(422): 3207-3214.

Jalilian, A., Mazaheri, D., Tavakkol Afshari, R., Rahimian, H., Abdolahian, M. and Gohari, J. 2005. Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm sugar beet under various temperatures. *Journal of Sugar Beet*, 20: 97-112. (In Persian).

Javaheri, M., Nadi, M. and Najafi nezhad, H. 2020. Use of agro-climatic zoning in determining zoning of determining the appropriate growth period ,planting date and harvesting date of autumn sowing of sugar beet in Kerman province. *Plant Ecophysiology*, 12: 148-161. (In Persian).

Javaheri, M., Najafinezhad, H. and Azad, S.F. 2006. Study of autumn sowing of sugar beet in Orzouiee area (Kerman province). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 19: 85-93. (In Persian).

Javaheri, S., Abdollahian-Noghabi, M., Kashani, A., Habibi, D. and Noshad, H. 2011. Determine relationship of leaf chlorophyll concentration and yeild using chlorophyll meter in sugar beet. *New Finding in Agriculture*, 5: 355-365. (In Persian)

Jia, Y. and Gray, V. 2003. Interrelationships between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. *Photosynthetica*, 41(4): 605-610.

Kamaei, H., Eisvand, H.R., Daneshvar, M. and Nazarian-Firouzabadi, F. 2019. effect of potassium and zinc foliar application on growth physiological indices, chlorophyll fluorescence parameters and yield of two bread wheat cultivars under late planting date. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17: 441-455. (In Persian).

Karimi, M. and Siddique, K. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 13-20.

Kenter, C., Hoffmann, C.M. and Märländer, B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 62-69.

Khan, M., Fuller, M. and Baloch, F. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. *Cereal Research Communications*, 36: 571-582.

Khayamim, S., Mazaheri, D., Banayan, M., Guhari, J. and Jahansuz, M.R. 2002. Determination of sugar beet extinction coefficient and radiation use efficiency at different plant density and nitrogen use levels. *Sugar Beet Journal*, 18: 51-66. (In Persian).

Khayamim, S., Jahadakbar, M.R., Noshad, H., Rozbeh, F. and Zavieh mavadat, L. 2014. Effect of salt stress on photosynthetic properties of sugar beet under green house and field conditions. *Journal of Sugar Beet*, 30(1): 59-73. (In Persian).

Khodshenas, M.A., Ghadbeiklou, J. and Dadivar, M. 2016. The effects of source and rate of nitrogen fertilizer and irrigation on nitrogen uptake of silage corn and residual soil nitrate. *Water and Soil*, 29: 1640-1650. (In Persian).

Koocheki, A.R. and Banayan aval, M. 1994. Crop yield physiology (translation) .University Jihad Publications Ferdowsi University of Mshhad. (In Persian).

Ma, B., Dwyer, L.M. and Gregorich, E.G. 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize. *Agronomy Journal*, 91: 650-656.

Mahfouz, H., Ali, A.M.M., Megawer, E.A. and Mahmoud, A.S. 2015. Response of growth parameters, forage quality and yield of dual-purpose sorghum to re-growth and different levels of FYM and N fertilizers in new reclaimed soil. *International Journal Current Microbiology and Applied Science*, 4: 762-782.

Marschner, H. 1995a. Mineral nutrition of higher plants 2nd edition. Academic, Great Britain

Marschner, H. 1995b. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Inc., San Diago.

Milford, G., Pocock, T., Riley, J. and Messem, A. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops. *Annals of Applied Biology*, 106: 187-203.

Mirzaei, M.R. and Abdollahian-Noghabi, M. 2012. Study of sugar beet growth pattern in Hamedan. *Journal of Sugar Beet*, 27: 117-134. (In Persian)

Mohsin, A., Ahmad, A., Farooq, M. and Ullah, S. 2014. Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid maize. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24: 1494-1503.

Montalvo, D., Degryse, F., Da Silva, R., Baird, R. and McLaughlin, M.J. 2016. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Advances in Agronomy*, 139: 215-267.

Nadeem, F., Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A. and Naveed, M. 2020. Influence of Zn nutrition on the productivity, grain quality and grain biofortification of wheat under conventional and conservation rice–wheat cropping systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66: 1042-1057.

Orazizade, M. 1997. Determination of the most appropriate sowing date of seed of three monogerm cultivars of sugar beet for obtains the best plant density per hectare. Final report No. 7934 .*Agricultural research center Safiabad of Dezful*. (In Persian).

Pidgeon, J.D., Ober, E.S., Qi, A., Clark, C.J., Royal, A. and Jaggard, K.W. 2006. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. *Field Crops Research*, 95: 268-279.

Pocock, T., Milford, G. and Armstrong, M. 1990. Storage root quality in sugarbeet in relation to nitrogen uptake. *The Journal of Agricultural Science*, 115: 355-362.

Rahimi, A., Dovlati, B. and Heydarzadeh, S. 2018. The effect of foliar application of micronutrients on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet Cultivar Latyta (*Beta vulgaris* L.). *Applied Soil Resrarch*, 5: 108-121. (In Persian).

Rahimi, A., Moghaddam, S.S., Noorhosseini, S.A. and Hajyzadeh, M. 2019. effects of foliar application of micronutrients on agronomic traits of Beet Cv. Sonja under Dsa (Hot Summer Continental) climatic conditions of naqadeh iran. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7: 828-832.

Robson, A.D. 2012. Zinc in soils and plants: proceedings of the international symposium on 'Zinc in Soils and Plants' held at the University of Western Australia, 27–28 September, 1993: Springer Science & Business Media.

Sadrabadi Haghighi, R., Amirmoradi, S. and Mirshahi, A. 2011. Investigation of growth analysis of conventional and commercial sugar beet (*Beta vulgaris* L) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9: 505-513. (In Persian).

Sajjadinia, A., Ershadi, A., Hokmabadi, H., Khayyat, M. and Gholami, M. 2010. Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1: 1-6.

Scott, R., Jaggard, K. and Sylvester-Bradley, R. 1994. Resource capture by arable crops. *Resource Capture by Crops*, 279-302.

Semida, W., Abd El-Mageed, T., Howladar, S., Mohamed, G. and Rady, M. 2015. Response of *Solanum melongena* L. seedlings grown under saline calcareous soil conditions to a new organo-mineral fertilizer. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25: 485-493.

Sepehri, A., Modarres Sanavi, A.M., Gharehyazi, B. and Yamini, Y. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences*, 4: 184-200. (In Persian).

Shangguan, Z., Shao, M. and Dyckmans, J. 1999. Interaction of osmotic adjustment and photosynthesis in winter wheat under soil drought. *Journal of Plant Physiology*, 154: 753-758.

Sharma, P.N., Tripathi, A. and Bisht, S.S. 1995. Zinc requirement for stomatal opening in cauliflower. *Plant Physiology*, 107(3): 751-756.

Sharifi, R. and Syiahkholaki, M.S. 2015. Effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28: 326-343. (In Persian).

Shiri, M., Kamrani, M. and Mehraban, A. 2019. Effect of Fe and Zn spraying on yield and nutrients bioavailability of bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17: 317-326 (In Persian).

Soleymani, A. and Shahrajabian, M.H. 2017. Effects of planting dates and row distance on sugar content, root yield and solar radiation absorption in sugar beet at different plant densities. *Romanian Agricultural Research*, 34: 145-155.

Soleymani, S. and Farajzadeh Memari Tabrizi, E. 2016. Utilization of micronutrients in dorotti sugar-beet (*Beta vulgaris* L.) cultivar. *Scientific Journal Management System*, 10: 613-628.

Stevens, W., Violett, R., Skalsky, S. and Mesbah, A. 2008. Response of eight sugarbeet varieties to increasing nitrogen application: I. Root, sucrose, and top yield. *Journal Sugar Beet Research*, 45: 65-83.

Taleghani, D. 2003. Autumn sowing sugar beet extension in Iran. Proceedings of the 25th Annual Iranian Sugar Industries Conference; Mashad, Iran:(In Persian).

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulturae*, 123(2): 272-279.

Tognetti, R., Palladino, M., Minnocci, A., Delfine, S. and Alvino, A. 2003. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 60: 135-155.

Wang, H. and Jin, J. 2005. Photosynthetic rate, chlorophyll fluorescence parameters, and lipid peroxidation of maize leaves as affected by zinc deficiency. *Photosynthetica*, 43(4): 591-596.

Wakeil, E., Nabil, E., Wakeil, N., Saleh, M. and Mohamed, A.H. 2020. Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications: Practical Aspects to Deal Biologically with Pests and Stresses Facing Strategic Crops: Springer Nature.

Watson, D. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. *Annals of Botany*, 22: 37-54.

Yarnia, M., Benam, M.B.K., Arbat, H.K., Tabrizi, E.F.M. and Hassanpanah, D. 2008. Effects of complete micronutrients and their application method on root yield and sugar content of sugar beet cv. Rassoul. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6: 341-345.

Yousef Abadi, V. and Abdollahian-Noghabi, M. 2011. Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on the root yield and quality characteristics of sugar beet. *Iran Journal Crop Sciences*, 13: 521-532.

Yousefi, M. 2012. Impact of Zn and Mn foliar application on yield of pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) under two irrigation regimes. *International Journal of Agriculture*, 26: 102-107.

Zlatev, Z.S. and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal Plant Physiology*, 30: 3-18.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 281-303

Investigation of some growth indices of two cultivars of autumn sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under the influence of planting method, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

Amene Haqshenas[1], Khosro Azizi[2*], Soraya Ghasemi[3], Farhad Nazarian Firouzabadi[2]

[1]PHD student of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[3]Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[*]Corresponding Author: Azizi.kh@lu.ac.ir

Received: 21 September 2021 Accepted: 6 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.306028.1136**

Abstract

Autumn planting of sugar beet has more water use efficiency and agricultural advantages than spring planting. In order to investigate the possibility of autumn planting of two sugar beet cultivars and compare their root yield, a study was conducted in the Faculty of Agriculture of Lorestan University during two cropping years (2017-2018 and 2018-2019). This study was conducted in the form of a split factorial design with three replications. The main factor has two levels and includes planting method 50-50 (P_1), 25-50 (P_2), and the sub-factors including two varieties of autumn sugar beet (Rosagold and Chimene) and four levels of fertilizer (F_1: application of 300 kg.ha^{-1} nitrogen (Control), F_2: application of 270 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate, F3: application of 240 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate, F_4: application of 210 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate in the amount of 5 per thousand. Rosagold cultivar with F_2 treatment significantly (p<0.01) increased the photosynthesis active rate. The highest amount of stomatal conductance was observed in P1 planting arrangement with Rosagold cultivar. The highest CGR (16 g.m^{-2}.day^{-1}) and root yield (98.70 t.ha^{-1}) were obtained from P_1 planting arrangement, Rosagold cultivar and F_2 fertilizer level. According to the obtained results, it can be stated that zinc sulfate foliar application has the ability to compensate for the reduction of nitrogen consumption by 10%, without reducing the yield and quality of autumn sugar beet.

Keywords: Chimene, Growth degree day, Leaf area index, Rosagold,