

تأثیر نیتروژن و فسفر بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد بوته‌های بذری چغندر قند در منطقه اردبیل

The effects of nitrogen and phosphorous application on physiological parameters of sugar beet seed bearing plants in Ardabil

سعید صادق‌زاده‌حمایتی^۱، داریوش فتح‌اله طالقانی^۱، ودود ساعدنیا^۲، شهرام خدادادی^۳، حسین نیک‌پناه^۴ و مجید دهقان‌شعار^۵

س. صادق‌زاده‌حمایتی، د. فتح‌اله طالقانی، و. ساعدنیا، ش. خدادادی، ح. نیک‌پناه و م. دهقان‌شعار. ۱۳۸۵. تأثیر نیتروژن و فسفر بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد بوته‌های بذری چغندر قند در منطقه اردبیل. چغندر قند ۲۲(۱): ۷۵-۹۰

چکیده

جهت بررسی چگونگی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر روی مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد بوته‌های بذری رقم مولتی‌ژرم ۷۲۳۳ چغندر قند؛ این آزمایش طی دو سال (۸۰-۱۳۷۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل (آلاروق) اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل نیتروژن شامل چهار مقدار صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و فسفر شامل سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. نتایج آزمایش نشان داد که مصرف نیتروژن و فسفر اثر معنی‌داری روی عملکرد بذرخام و عملکرد بذر قابل فروش نداشت. این در حالی بود که افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، با تأثیر معنی‌دار روی عملکرد بذراستاندارد غیرپوک (با قطر ۳/۵ تا ۴/۵ میلی‌متر)، موجب کاهش عملکرد بذر تا سطح ۸۳۳ کیلوگرم در هکتار شد. تغییرات ماده خشک کل در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر با تبعیت از معادلات درجه دوم و به دنبال افزایش بطنی در ابتدای دوره رشد پس از دریافت ۳۵۰ تا ۴۰۰ واحد دمایی، رشدنمایی خود را آغاز و به دنبال دستیابی به حداکثر وزن خشک کل گیاه (۶۲۶-۴۵۳ گرم در مترمربع) در محدوده ۷۵۰ تا ۹۰۰ واحد دمایی، همراه با ریزش برگها از مقدار آن کاسته شد. مصرف نیتروژن از یک سو موجب افزایش وزن خشک کل گیاه شد و از سوی دیگر، زمان به حداکثر رسیدن آن را تسریع کرد. شاخص سطح برگ تا دریافت ۳۰۰ واحد دمایی، به کندی افزایش و سپس حالت‌نمایی به خود گرفت. بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۶۷-۱/۶۱) پس از دریافت ۶۰۰ تا ۷۰۰ واحد دمایی حاصل شد. آهنگ رشد محصول از اوایل فصل تا دستیابی به حداکثر مقدار (۱/۵۴-۱/۰۴ گرم در مترمربع به ازای هر درجه روز رشد) پس از دریافت ۵۵۰ تا ۵۹۰ واحد دمایی، افزایش و سپس تا پایان فصل از مقدار آن کاسته شد. در نهایت، مصرف نیتروژن و فسفر با افزایش دوام سطح برگ و دوام زیست‌توده همراه شد.

واژه‌های کلیدی: اردبیل، بذر چغندر قند، شاخص‌های رشد، نیتروژن، فسفر، مؤلفه‌های فیزیولوژیکی

۱- اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات چغندر قند

۲- ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل

۳- ایستگاه تولید بذر البت فیروزکوه

۴- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۵- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

مقدمه

آنالیز رشد گیاه ابزار مفیدی است که به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف از جمله اصلاح نباتات، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Russele et al. 1984). آنالیز رشد به مطالعه ریاضی تغییرات موجود در ساختمان و مورفولوژی یک گیاه طی دوره رشد اطلاق می‌شود. بر همین اساس، از این رهیافت برای توجیه و تفسیر عکس‌العمل‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره رشد خود با آنها مواجه است؛ استفاده می‌شود. به کمک این روش و از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد، شناخت بهتری از نحوه انتقال و انباشت مواد ساخته شده فتوسنتزی به اندام‌های مختلف به دست می‌آید (Tesar 1984).

برای آنالیز رشد لازم است سه متغیر وزن خشک کل گیاه، شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ با فاصله‌های زمانی معین در طول دوره رشد گیاه اندازه‌گیری شود. با توجه به غیرنرمال بودن توزیع وزن خشک گیاه در یک جامعه گیاهی و وجود همبستگی بین واریانس و میانگین آن، معمولاً قبل از استفاده از این مؤلفه‌ها، تبدیل داده‌ها صورت می‌گیرد (Weiner and Thomas 1986). رشد یک مؤلفه را می‌توان به صورت علمی با استفاده از روش رگرسیون یک متغیره قابل مشاهده با زمان مدل‌سازی کرد. در این میان، ضرایب محاسبه شده می‌توانند به عنوان تغییرات یک متغیر در قبال زمان در نظر گرفته شوند.

از سوی دیگر، نیازی به شکل واقعی منحنی‌های پاسخ چند جمله‌ای وجود ندارد، چراکه انتظار ما بر این است که در دامنه‌ای از شرایط، ضرایب محاسبه شده ثابت نباشند و از سوی دیگر، مدل محاسبه شده برای مقایسه بین تیمارها مورد نیاز است (Edmondson 1989). آنالیز رشد بوتیه در خصوص گیاهانی با رشد نامحدود نشان داده است که استفاده از مدل ریچارد (Richard) در مقایسه با معادلات لگاریتمی و گمپرتز (Gompertz)، به نحو مناسبتری قادر به توجیه تغییرات مؤلفه‌های رشد است. از سوی دیگر، کاربرد مقادیر روز، مجموع دمای مؤثر رشد هوا و خاک، تعداد ساعات روشنایی به عنوان متغیرهای مستقل معادلات در این دسته از گیاهان نتایج مشابهی به همراه داشت (Shah 1989).

نیاز به تولید فشرده گیاهان زراعی روی زمین‌های موجود به افزایش شدت مصرف انواع کودها منجر شده است. بر اساس برآوردهای تایلمن، دوبرابر شدن تولیدات کشاورزی طی چهل سال اخیر با افزایش مصرف نیتروژن به میزان ۹/۶ برابر و افزایش مصرف فسفر تا ۳/۵ برابر و تنها ۱/۱ برابر افزایش در سطح زیرکشت میسر شده است. برآوردهای سازمان خواروبار کشاورزی (FAO) نیز مؤید افزایش مصرف انواع کودها تا سطح ۱۳۳ و ۲۰۰ میلیون تن به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۳۰ است (FAO 2000).

از آنجایی که موادمعدنی موجود در خاک مهمترین منبع تأمین عناصر غذایی اجزای مختلف

اوایل بهار انجام گیرد. وجود همبستگی بین نیتروژن آمونیمی خاک در مراحل روزت و ساقه‌روی با عملکرد دانه در مطالعه دیگری نیز نشان داده شده است. البته، تأثیر مصرف کودهای نیتروژنه عمدتاً به مقدار قابل دسترس این عنصر غذایی در مرحله حساس ساقه‌روی بستگی دارد (Zarishnyak and Shaklyar 1994).

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر روی روند تغییرات مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد بوته‌های بذری چغندر قند بود. با توجه به تولید بخش عمده بذر چغندر قند مورد نیاز کشور در منطقه اردبیل و عدم انجام مطالعات آنالیز رشد بر روی این محصول، نگارندگان به هیچ منبع داخلی و خارجی مربوط به تجزیه و تحلیل رشد بوته‌های بذری چغندر قند دست نیافتند. به نظر می‌رسد این مطالعه اولین تحقیق ناظر بر بررسی و تعیین جنبه‌های فیزیولوژیکی رشد این محصول باشد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی چگونگی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر بر روند تغییرات مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد بوته و عملکرد بذر مولتی ژرم رقم ۷۲۳۳ چغندر قند؛ این آزمایش طی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل (آلاروق) واقع در کیلومتر ۱۲ جاده اردبیل - خلخال به مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه

گیاهی شمرده می‌شود؛ تولید هر تن بذر چغندر قند نیز در صورت استفاده مطلوب از کود به ترتیب نیازمند مصرف ۱۱۴، ۳۷ و ۱۲۸ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (Zarishnyak and Shiyan 1991a). تأثیر نیتروژن در مقایسه با سایر عوامل زراعی روی عملکرد بذر بسیار قابل توجه است (Ling et al 1991). زاریشنیاک و شکلیار (Zarishnyak and Shaklyar 1995) با مطالعه روی خاک‌های چرنوزم استپ جنگلی در اوکراین با میزان ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر قابل دسترس و ۹۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم پتاسیم قابل جذب در هر کیلوگرم خاک، نشان دادند که دستیابی به بالاترین عملکرد بذر (۲/۰ تا ۲/۵ تن در هکتار) و جوانه‌زنی (۸۵ تا ۹۰ درصد) هنگامی که در بهار مقدار نیتروژن نیتراتی، آمونیمی و مجموع نیترات+ آمونیم در عمق صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب معادل ۶۰-۵۰، ۸۵-۸۰ و ۱۵۰-۱۳۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک باشد، میسر خواهد بود. ایشان همچنین نشان دادند که عملکرد بذر چغندر قند در زمان کاشت با میزان نیتروژن معدنی عمق صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متر و در زمان ساقه‌روی با همین عنصر در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری همبستگی دارد. باتوجه به وجود همبستگی بین مجموع نیتروژن و نیتروژن پروتئینی بوته به ترتیب در زمان ساقه‌روی و گلدهی با نیتروژن موجود در خاک، به سهولت می‌توان از آن برای تعیین وضعیت نیتروژن موجود در خاک استفاده و میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه را برآورد کرد. به هر حال، بایستی توجه داشت که برآورد نیتروژن مورد نیاز باید در

مجاور جدا شده بود. خط‌های دوم، سوم و چهارم هر کرت به شش مرحله نمونه‌برداری تخریبی جهت اندازه‌گیری وزن خشک کل، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ و خط‌های ششم و هفتم نیز با حذف دوبوته از دو سوی آن به عنوان اثر حاشیه ردیف در پایان آزمایش، به اندازه‌گیری عملکرد بذر اختصاص یافت. مساحت مورد برداشت برای نمونه‌برداری تجزیه و تحلیل رشدبوت‌ه و برداشت‌نهایی به ترتیب معادل ۱/۰۴ و ۱۰/۹۲ مترمربع بود. در این آزمایش، کمیت بذر به سه صورت عملکرد بذر خام، قابل فروش و استاندارد غیرپوک برآورد شد. بذر خام به مجموع بذر حاصل پس از کسر مواد خارجی، بذر قابل فروش به بخشی از بذر خام که اندازه آن‌ها بیش از ۳/۵ میلی‌متر بوده و از سوی دیگر، پوک‌گیری شده بود و بذر استاندارد غیرپوک با فرض استاندارد بودن اندازه بذر (با قطر بین ۳/۵ تا ۴/۵ میلی‌متر) و قوه نامیه مکانیکی ۱۰۰ درصد محاسبه شد. نوع اخیر عملکرد بذر گرچه در واقعیت غیرقابل حصول است، اما می‌تواند اثرات واقعی تیمارهای مورد آزمایش را نشان دهد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS قابل واریانس مرکب گردیده و مقایسه میانگین و گراف‌های مربوط توسط نرم‌افزار QPRO ترسیم شد.

جهت تجزیه و تحلیل رشد بوت‌ه‌های بذری چغندر قند، تعداد چهار بوت‌ه از هر کرت در فواصل زمانی معین طی شش مرحله برداشت و مقادیر وزن خشک کل (TDM)، وزن خشک برگ (LDM) و شاخص

و ۲۸ دقیقه طول شرقی اجرا شد. متوسط دمای سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به ترتیب معادل ۹/۸۸ و ۱۰/۵۳ درجه سانتی‌گراد بود که بیش از متوسط بلندمدت (۲۵ ساله) دمای متوسط منطقه اردبیل (۸/۷۶ درجه سانتی‌گراد) است. براساس میانگین بارندگی سالانه (۳۰۵ میلی‌متر) نیز سال ۱۳۷۹ با بارش ۳۲۵/۵ میلی‌متر سال مرطوب و سال ۱۳۸۰ (۲۳۱ میلی‌متر) سال خشک بود. از خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر قبل و پس از پایان آزمایش در هر سال نمونه‌برداری مرکب انجام گرفته و به لحاظ فیزیکوشیمیایی تجزیه شد که میانگین نتایج حاصل در جدول یک نشان داده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل نیتروژن شامل چهار سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و P_2O_5 شامل سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به‌مورد اجرا گذاشته شد. سطوح مورد مطالعه فسفر قبل از کاشت و مقادیر مورد آزمایش نیتروژن طی دو مرحله کاشت و ساقه‌روی بوت‌ه‌های بذری چغندر قند محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های آزمایشی پخش و با خاک مخلوط شد.

هر کرت آزمایشی شامل هشت خط کاشت با فواصل ۶۵ سانتی‌متر، طول ۱۰ متر و مساحتی معادل ۵۲ مترمربع بود که با یک ردیف ناکاشت از کرت‌های

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن Y ، مقادیر LAI و TDM بود و مقدار عددی n معادل ۲ بود.

$$I = \int_i^f (a_0 + a_1x_1 + a_2x^2 + \dots + a_nx^n).dx$$

$$I = a_0x + \frac{1}{2}a_1x^2 + \frac{1}{3}a_2x^3 + \dots + \frac{1}{n+1}a_nx^{n+1} + C$$

$$n \in N \cup \{0\} = Z^+, a, x \in IR \quad \text{که در آن؛}$$

در خصوص محاسبه دوام سطح برگ (LAD) و دوام زیست توده (BMD) با در دست داشتن مقادیر درجه روز رشد در نمونه برداری های ابتدایی و انتهایی، انتگرال نامعین ۶ به انتگرال های معین ۷ و ۸ تغییر شکل داد:

$$LAD = \int_{170}^{980} (a'' + b''x + c''x^2) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$LAD = (a''x_f + \frac{1}{2}b''x_f^2 + \frac{1}{3}c''x_f^3) - (a''x_i + \frac{1}{2}b''x_i^2 + \frac{1}{3}c''x_i^3)$$

$$BMD = \int_{170}^{980} (a + bx + cx^2) \quad \text{رابطه ۸}$$

$$BMD = (a x_f + \frac{1}{2} b x_f^2 + \frac{1}{3} c x_f^3) - (a x_i + \frac{1}{2} b x_i^2 + \frac{1}{3} c x_i^3)$$

در معادلات فوق، a ، b ، c و c'' به ترتیب ضرایب ثابت معادلات ۱ و ۳ بوده و اندیس های i و f به ترتیب درجه - روز رشد ابتدایی و انتهایی دوره رشد بود.

نتایج

عملکرد بذر: هم چنان که در جدول ۲ دیده می شود، عملکرد بذرخام و بذر استاندارد غیرپوک در سطح

سطح برگ (LAI) (به روش وزنی) اندازه گیری شد. پس از حصول داده های خام، ابتدا اعداد به لگاریتم طبیعی (\ln) تبدیل و آنگاه با بهره گیری از نرم افزار رایانه ای STATGRAPHIC اقدام به برازش مدل های مختلف و انتخاب بهترین مدل با ضریب تبیین (R^2) قابل قبول شد.

$$TDM = e^{(a+bt+ct^2)} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$LDM = e^{(a'+b't+c't^2)} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$LAI = e^{(a''+b''t+c''t^2)} \quad \text{رابطه ۳}$$

در این روابط TDM ، LDM و LAI به عنوان متغیرهای وابسته و t یا درجه روزهای پس از کاشت (GDD) با نمای متغیر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. a ، a' ، a'' ، b ، b' ، b'' ، c ، c' و c'' ضرایب ثابت معادلات فوق را تشکیل می دهند. شاخص های رشد براساس روابط زیر برای هر تیمار محاسبه و تغییرات آنها در طول فصل رشد ترسیم شد (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۵):

$$CGR = \frac{d(TDM)}{dt} = (b + 2ct) \times e^{(a+bt+ct^2)} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$RGR = \frac{d(\ln TDM)}{dt} = b + 2ct \quad \text{رابطه ۵}$$

برای محاسبه دوام سطح برگ (LAD) و دوام وزن زنده (BMD) پس از برازش معادلات، تغییرات هریک از مقادیر LAI و TDM از طریق بسط معادله انتگرال نامعین چند جمله ای درجه n (معادله ۶) اقدام به محاسبه عددی دوام سطح برگ و وزن زنده بوتنه شد (Spiegel, 1990):

در مترمربع بود که به ترتیب پس از دریافت ۸۴۰، ۸۳۰، ۸۲۰ و ۷۸۰ واحد دمایی به دست آمد. هم‌چنانکه ملاحظه می‌شود، مصرف نیتروژن تنها تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار به افزایش قابل توجه وزن خشک کل منجر شد و افزایش(های) بعدی در میزان مصرف این عنصر غذایی، تأثیر قابل توجهی روی وزن خشک کل نداشت. مصرف فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار، موجب افزایش وزن خشک کل گیاه شد و این مقدار را از ۵۳۱ گرم در مترمربع در تیمار شاهد به ۶۲۳ گرم در تیمار P₁₀₀ افزایش داد، اما مصرف ۲۰۰ کیلوگرم فسفر درهکتار هیچ تأثیری روی روند تجمع ماده خشک در گیاه نداشت. به هر حال، مصرف فسفر با کاهش زمان دستیابی به بیشترین وزن خشک کل همراه شد (شکل ۱b).

شاخص سطح برگ: از ابتدای دوره رشد تا دریافت ۳۰۰ واحد دمایی، افزایش شاخص سطح برگ به کندی صورت پذیرفت و سپس حالت‌نمایی به خود گرفت. عموماً همراه با دریافت ۶۰۰ تا ۷۰۰ واحد دمایی، بیشترین شاخص سطح برگ - که در سطوح مورد آزمایش بین ۱/۶۱ تا ۲/۶۷ متغیر بود - حاصل شد و به دنبال آن همراه با از بین رفتن برگ‌های پیر و جایگزینی آن‌ها توسط برگ‌های جوان از مقدار این شاخص کاسته شد (شکل ۲). مصرف نیتروژن تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار با افزایش شاخص سطح برگ و تأخیر در دستیابی به بیشترین مقدار این مؤلفه

احتمال یک درصد طی سال‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند. در این میان عملکرد بذر قابل فروش از عامل سال متأثر نشد و طی سال‌های آزمایش بین ۱۷۵۲ تا ۱۷۸۷ کیلوگرم درهکتار متغیر بود (جدول ۲). از سوی دیگر، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که مصرف نیتروژن از بین صفات مختلف عملکرد بذر تنها در سطح احتمال پنج درصد، عملکرد بذراستاندارد غیرپوک را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). گرچه مقایسه میانگین سطوح مورد آزمایش نیتروژن نشان داد که مصرف این عنصر غذایی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بذرخام از ۱۸۸۲ به ۲۲۲۳ کیلوگرم درهکتار شد (جدول ۳).

وزن خشک کل: تغییرات ماده خشک کل گیاه در واحد سطح در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر با تبعیت از معادلات درجه دوم و به دنبال افزایش بطئی در ابتدای دوره رشد پس از دریافت ۳۵۰ تا ۴۰۰ واحد دمایی، رشدنمایی خود را آغاز و به دنبال دستیابی به حداکثر وزن خشک کل گیاه در محدوده ۷۵۰ تا ۹۰۰ واحد دمایی، همراه با ریزش برگ‌ها از مقدار آن کاسته شد (شکل ۱). مصرف نیتروژن از یک سو موجب افزایش وزن خشک کل گیاه شد و از سوی دیگر، زمان به حداکثر رسیدن آن را تسریع کرد. شکل ۱a نشان می‌دهد که حداکثر وزن خشک کل در سطوح مورد آزمایش صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار، به ترتیب معادل ۴۵۳، ۶۰۰، ۶۲۶ و ۶۱۱ گرم

آهنگ رشد گیاه: تغییرات آهنگ رشد گیاه در شکل ۴ نشان داده شده است. در کلیه سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر، سرعت رشد محصول در اوایل فصل رشد روند افزایشی داشت و پس از دستیابی به حداکثر مقدار خود پس از دریافت ۵۵۰ تا ۵۹۰ واحد دمایی، به تدریج تا پایان فصل از مقدار آن کاسته شد. حداکثر آهنگ رشد گیاه با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از ۱/۰۴ به ۱/۵۴ گرم در مترمربع به ازای هر درجه روز رشد افزایش یافت و متعاقب آن، مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تأثیر معنی داری در افزایش این مؤلفه نداشت (شکل ۴a). از سوی دیگر، زمان دستیابی به حداکثر سرعت رشد محصول نیز با مصرف نیتروژن تعجیل شد. مصرف فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سرعت رشد محصول را از ۱/۲۱ به ۱/۶۹ گرم در مترمربع به ازای هر درجه روز رشد افزایش و زمان حصول حداکثر سرعت رشد محصول را از ۵۸۰ به ۵۶۰ واحد دمایی تقلیل داد (شکل ۴b).

سرعت رشد نسبی: شکل ۵، روند تغییرات سرعت رشد نسبی را در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر نشان می دهد. با توجه به اینکه، مدل تغییرات وزن خشک کل از معادلات درجه دوم پیروی کرده بود (شکل ۱)، روند تغییرات سرعت رشد نسبی از مدل خطی تبعیت کرد (شکل ۵). سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد حداکثر و پس از آن به واسطه افزایش وزن خشک و

همراه شد؛ به نحوی که شاهد و مصرف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب شاخص سطح برگ ۱/۶۱، ۲/۲۱، ۲/۶۷ و ۲/۵۳ را با دریافت ۶۲۰، ۷۰۰، ۶۸۰ و ۶۹۰ واحد دمایی تولید کردند (شکل ۲a). کاربرد فسفر نیز با افزایش قابل توجه شاخص سطح برگ همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تداوم روند افزایش تا مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه شد و برخلاف استفاد از نیتروژن، مصرف این عنصر موجب تسریع در حصول حداکثر شاخص سطح برگ شد. به هر حال، همچنانکه در شکل ۲b نیز مشاهده می شود، مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار حداکثر شاخص سطح برگ را از ۱/۸۴ در تیمار شاهد به ترتیب به ۲/۳۶ و ۲/۴۵ افزایش داد.

وزن خشک برگ: مصرف نیتروژن تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش قابل توجه وزن خشک برگ را همراه داشت، به نحوی که پس از دریافت ۷۲۰ واحد دمایی، وزن خشک برگ به حداکثر مقدار خود - که معادل ۱۵۷ گرم در مترمربع بود - دست یافت (شکل ۳a). از سوی دیگر، مصرف این عنصر غذایی موجب به تعویق افتادن زمان حصول حداکثر ماده خشک برگ شد. مصرف فسفر نیز تنها تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با افزایش قابل توجه وزن خشک برگ تا ۱۵۰ گرم در مترمربع همراه بود و افزایش بعدی در مقدار مصرف این عنصر غذایی تأثیر قابل توجهی روی این مؤلفه نداشت (شکل ۳b).

بحث

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که مصرف نیتروژن از بین صفات مختلف عملکرد بذر تنها عملکرد بذر استاندارد غیرپوک را در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). گرچه مقایسه میانگین تیمارهای نیتروژن نشان داد که مصرف این عنصر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار موجب افزایش معنی دار عملکرد بذرخام از ۱۸۸۲ به ۲۲۲۳ کیلوگرم درهکتار شد (جدول ۳). این مقدار مصرف نیتروژن با نتایج یافته‌های زاریشنیاک و شیان (Zarishnyak and Shiyan 1991a)، لینگ و همکاران (Ling et al. 1991)، بالان و اوگلنکو (Balan and Oglenko 1980) مطابقت داشت اما کمتر از مقداری بود که در آزمایش‌های مازپین و اودویدنکو (Mazepin and Udvidehenko 1985) و اورگانیشچوک (Organishchuk 1987) (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار) توصیه شده بود. از سوی دیگر، در آزمایش حاضر مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار در مقایسه با تیمار شاهد تنها موجب شد تا عملکرد بذرخام به ترتیب به میزان ۱۳ و ۲۳ درصد افزایش یابد که این مقدار بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده توسط اورگانیشچوک (۱۹۸۷) (۶۵ درصد) و زاریشنیاک و شیان (a ۱۹۹۱) (۸۵ درصد) بود. قطعی بودن تأثیر مصرف نیتروژن روی عملکرد بذرخام در مقایسه با سایر عناصر پرمصرف (فسفر و پتاسیم) که در این آزمایش نیز در خصوص کاربرد فسفر نشان داده

نسبت بافت‌هایی که از رشد بازماندند، روند کاهشی درپیش گرفت. حداکثر سرعت رشد نسبی در سطوح تیمارهای شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار به ترتیب معادل ۰/۰۰۹۷، ۰/۰۱۱۸، ۰/۰۱۰۷ و ۰/۰۱۱۹ گرم در گرم به ازای هر درجه روز رشد بود و به ترتیب پس از دریافت ۸۴۰، ۸۳۰، ۸۲۰ و ۷۷۰ واحد دمایی به صفر رسید (شکل ۵a). مصرف فسفر باعث افزایش بیشتری در سرعت رشد نسبی از ۰/۰۰۹۷ در تیمار شاهد به ترتیب به ۰/۰۱۲۴ و ۰/۰۱۱۷ گرم بر گرم به ازای هر درجه روز رشد گردید (شکل ۵b).

دوام سطح برگ و زیست توده: مصرف نیتروژن و فسفر با افزایش دوام سطح برگ و دوام زیست توده همراه شد (شکل ۶). در مقایسه با تیمار شاهد (N_0)، مصرف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم درهکتار به ترتیب ۲۹، ۵۷ و ۵۱ درصد بر دوام سطح برگ و ۲۰، ۲۸ و ۲۱ درصد بر دوام زیست توده افزود. به عبارت دیگر، مصرف این عنصر غذایی موجب تداوم سطح سبز سایه انداز در طول دوره رشد و به تبع آن روند افزایش ماده خشک گیاهی شد. مصرف فسفر به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار نیز به ترتیب ۱۹ و ۲۴ درصد بر دوام سطح برگ و ۱۵ و ۱۸ درصد بر دوام زیست توده افزود. بنابراین، مصرف نیتروژن تأثیر قطعی تری روی تداوم سطح برگ و تولید زیست توده گیاهی داشت.

شد، توسط زاریشنیک و شیان (۱۹۹۱a، ۱۹۹۱b و ۱۹۹۳) و اورگانیشچوک (۱۹۸۷) مورد تأکید قرار گرفته است.

گیاهان با رشد نامحدود، برخلاف سایر گیاهان زراعی (مانند گندم و ذرت) دارای نقاط حداکثر رشد مطلق طی دوره‌های رشدرویشی و زایشی نیستند و بنابراین، الگوی تجمع ماده خشک که به عنوان اطلاعات پایه در مدل‌سازی رشد گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، همواره تحت تاثیر عواملی چون تغییرات کوتاه مدت محیطی، تنش‌های دوره‌ای و سایر نوسانات غیرقابل پیش‌بینی قرار دارد و نمی‌توان به سهولت رفتار رشد گیاه را پیش‌بینی و به شکل ریاضی تبیین کرد (Sadler and Karlen 1995). با این وجود هم چنان که در شکل ۷a دیده می‌شود، مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به افزایش حداکثر وزن خشک کل در واحد سطح منجر شده است که این افزایش مرهون ارتقای حداکثر آهنگ رشد گیاه از ۱/۰۴ در تیمار شاهد به ۱/۵۳ تا ۱/۵۴ گرم در مترمربع به ازای هر واحد درجه- روز رشد همراه با مصرف نیتروژن است (شکل ۷b). البته افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، با افزایش حداکثر آهنگ رشد گیاه تا سطح ۱/۶۴ گرم در مترمربع به ازای هر واحد درجه- روز رشد همراه شد، اما به دلیل کاهش طول دوره حداکثر آهنگ رشد گیاه از ۱۴۸ تا ۱۵۱ واحد دمایی در سطح N_{100} و N_{200} به ۱۴۶ واحد دمایی (شکل ۷c)، از مقدار وزن خشک کل

کاسته شد (شکل ۷a). میزان تولید ماده خشک در تیمار شاهد با وجود افزایش دوره حداکثر آهنگ رشد گیاه تا ۱۷۴ واحد دمایی، به واسطه پایین بودن حداکثر آهنگ رشد گیاه (۱/۰۴ گرم در مترمربع به ازای هر واحد درجه- روز رشد) پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد.

مصرف فسفر نیز تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با افزایش حداکثر آهنگ رشد گیاه (۱/۶۹ گرم در مترمربع به ازای هر واحد درجه- روز رشد) و با وجود کاهش طول دوره حداکثر آهنگ رشد گیاه (۱۵۱ واحد دمایی) به تولید ماده خشک بیشتر (۶۴۵ گرم در مترمربع) منجر شد و افزایش مصرف آن تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به نحو جزئی موجب کاهش حداکثر آهنگ رشد گیاه (۱/۶۴ گرم در مترمربع به ازای هر واحد درجه- روز رشد) و طول دوره آن (۱۴۳ واحد دمایی) شد (شکل‌های ۷b و ۷c).

باتوجه به روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (شکل ۴) که در اوایل دوره زندگی بوته به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد پایین جذب نور خورشید و در انتهای فصل رشد به واسطه پیرشدن برگ‌ها و کاهش سطح برگ (شکل ۲) کاهش می‌یابد، می‌توان ادعا داشت که این مؤلفه ارتباط نزدیکی با پوشش سبز مزرعه و نحوه دریافت نور خورشید دارد. در استرالیا نیز نشان داده شده است که میزان تجمع ماده خشک در سویا طی دوره رشدرویشی از طریق مجموع نور دریافتی محدود می‌شود و کارایی تبدیل تشعشع فعال فتوسنتزی تأثیری روی این مؤلفه ندارد (Mayers et al. 1991).

نیتروژن درهکتار رسید (شکل ۸b). دوام سطح برگ به سطح زیرمنحنی تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به زمان اطلاق می‌شود و نشانگر کل فرصت مناسب گیاه برای فتوسنتز است (کریمی و عزیز، ۱۳۷۳). این مؤلفه نیز همراه با کاربرد نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار به‌طور مداوم افزایش یافت (شکل ۸c)، به‌نحوی که مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار دوام سطح برگ را از ۸۵۱ واحددمایی در تیمار شاهد به ترتیب به ۱۰۹۴ و ۱۱۳۲ واحددمایی افزایش داد (شکل ۸c). مصرف فسفر تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار موجب شد تا حداکثر شاخص و دوام سطح برگ به ترتیب از ۱/۸۹ و ۹۹۷ واحددمایی به ۲/۴۳ و ۱۱۸۳ واحددمایی در تیمار P₁₀₀ و ۲/۵۳ و ۱۲۳۹ واحددمایی در تیمار P₂₀₀ افزایش یابد (شکل ۸c) و بر وزن خشک برگ نیز افزوده شود (شکل ۸a).

به‌هرحال زمان به حداکثر رسیدن آهنگ رشد گیاه (پس از دریافت ۵۵۰ تا ۵۹۰ واحددمایی) (شکل ۴) با حصول بیشترین شاخص سطح برگ (۶۰۰ تا ۷۰۰ واحددمایی) (شکل ۲) چندان انطباق نداشت.

در مجموع، بالاترین آهنگ رشد گیاه در این آزمایش بین ۱/۰۰ تا ۱/۶۵ گرم در مترمربع به‌ازای هر واحد درجه روز رشد به‌دست آمد که در مقایسه با چغندر ریشه‌ای (۲۵ تا ۳۵ گرم در مترمربع در روز) (قائمی، ۱۳۸۱) پایین بود که این موضوع بی‌ارتباط با کل ماده خشک تولیدشده در چغندر ریشه‌ای (کارخانه‌ای) و بذری نیست.

شاخص سطح برگ با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار افزایش یافت و حداکثر مقدار آن از ۱/۶۶ در تیمار شاهد به ۲/۲۹ تا ۲/۷۵ به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم

جدول ۱ خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1 Physico-chemical characteristics of experimental station

عمق خاک Soil depth(cm)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC(ds/m)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	7.5	1.0	0.45	0.66	Clay-loam
مقدار عناصر غذایی Amount of elements(mg/kg)					
مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P
8.46	0.56	14.62	8.88	450	24

جدول ۲ میانگین عملکرد بذر خام، قابل فروش و استاندارد غیرپوک در سطوح مختلف سال، نیتروژن و فسفر

Table 2 Means of raw, marketable and standard seed with kernel yield, as a function of year, nitrogen and phosphorous application

تیمار Treatment		عملکرد بذر (kg/ha) Seed yield		
		خام Raw seed	قابل فروش Marketable seed ⁽³⁾	استاندارد غیرپوک Standard seed with kernel ⁽⁴⁾
Year(Y):	سال:			
2000	۱۳۷۹	1879.29 b ⁽²⁾	1751.89	759.02 b
2001	۱۳۸۰	2233.45 a	1787.23	996.31 a
Significance ⁽¹⁾	سطح معنی داری	**	ns	**
Nitrogen(N):	نیتروژن:			
0	صفر	1882.42	1655.47	936.64 a
100 kg N/ha	۱۰۰ کیلوگرم درهکتار	2222.85	1885.78	964.32 a
200 kg N/ha	۲۰۰ کیلوگرم درهکتار	2319.79	1940.43	995.49 a
300 kg N/ha	۳۰۰ کیلوگرم درهکتار	2097.14	1708.21	833.34 b
Significance level	سطح معنی داری	ns	ns	**
Phosphorous(P ₂ O ₅)	فسفر:			
0	صفر	2083.18	1772.99	943.31
100 kg P ₂ O ₅ /ha	۱۰۰ کیلوگرم درهکتار	2087.85	1732.252	889.30
200 kg P ₂ O ₅ /ha	۲۰۰ کیلوگرم درهکتار	2220.36	1887.17	964.72
Significance level	سطح معنی داری	ns	ns	ns
Interactions:	اثرهای متقابل:			
Y*N	سال * نیتروژن	**	*	ns
Y*P	سال * فسفر	ns	ns	ns
N*P	نیتروژن * فسفر	ns	ns	ns
Y*N*P	سال * نیتروژن * فسفر	ns	ns	ns
CV(%)	ضریب تغییرات(درصد)	24.82	26.57	21.74

(1) *, **, ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی دار.

(2) *, **, ns: Significant at 0.05, 0.01 level of probability, not-significant respectively.

(3) در هر ستون، اعدادی با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

(4) Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

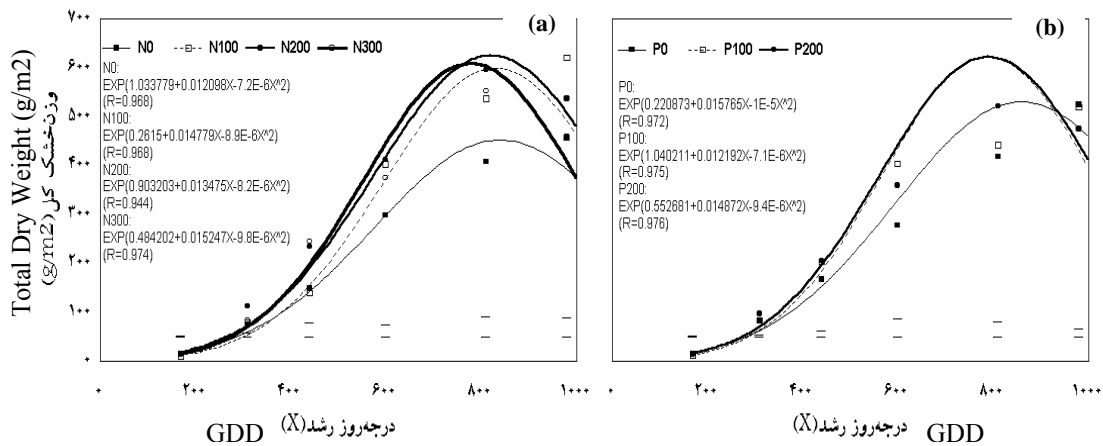
(3) مقدار بذر با قطر بیش از ۳/۵ میلی متر.

(4) مقدار بذر مغزدار با قطر بین ۳/۵-۴/۵ میلی متر.

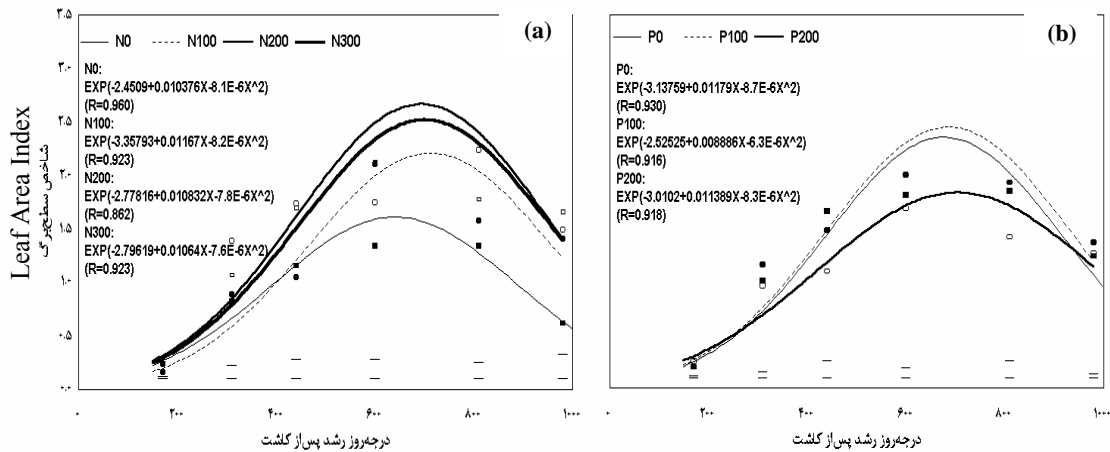
جدول ۳ تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر روی برخی مؤلفه‌های فیزیولوژیکی رشد چغندر بذری

Table 3 The effect of nitrogen and phosphorous on some sugar beet seed bearing plant growth physiological parameters

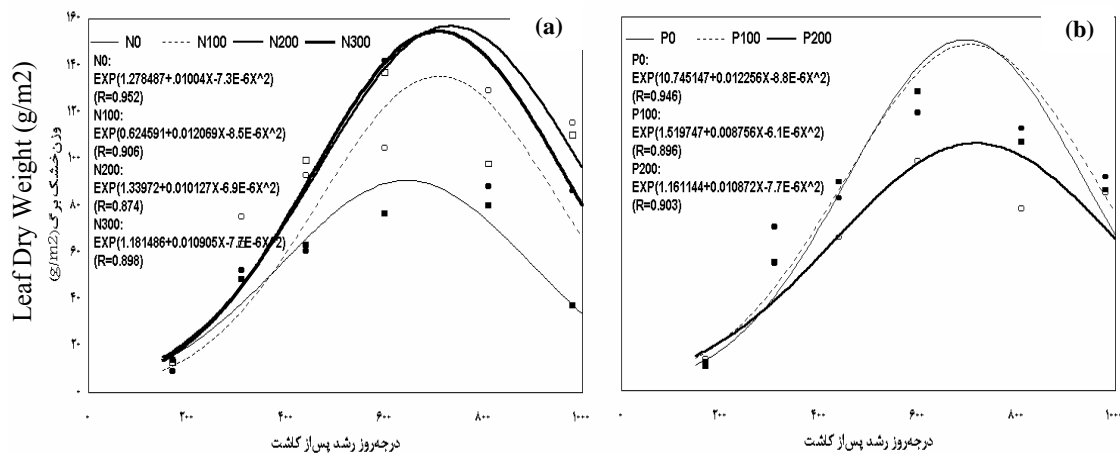
مؤلفه Parameter	سطوح نیتروژن (کیلوگرم درهکتار) Nitrogen levels (kg/ha)				سطوح فسفر (کیلوگرم درهکتار) Phosphorous levels (kg/ha)		
	N0	N100	N200	N300	P0	P100	P200
حداکثر وزن خشک کل (گرم/مترمربع) Maximum total dry weight (g/m ²)	453	600	626	611	531	623	619
حداکثر آهنگ رشد گیاه (گرم/مترمربع/درجه‌روز رشد) Maximum crop growth rate (g/m ² /gdd)	1.04	1.53	1.54	1.64	1.21	1.69	1.64
طول دوره حداکثر آهنگ رشد گیاه (درجه‌روز رشد) Duration of maximum crop growth rate (gdd)	173.86	147.98	150.67	146.12	166.95	151.24	142.71
حداکثر وزن خشک برگ (گرم/مترمربع) Maximum leaf dry weight (g/m ²)	90.85	135.47	156.87	154.85	105.83	150.26	148.26
حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	1.61	2.21	2.67	2.53	1.84	2.36	2.45
دوام سطح برگ (درجه‌روز رشد) Leaf area duration (gdd)	851	1094	1332	1281	997	1183	1239



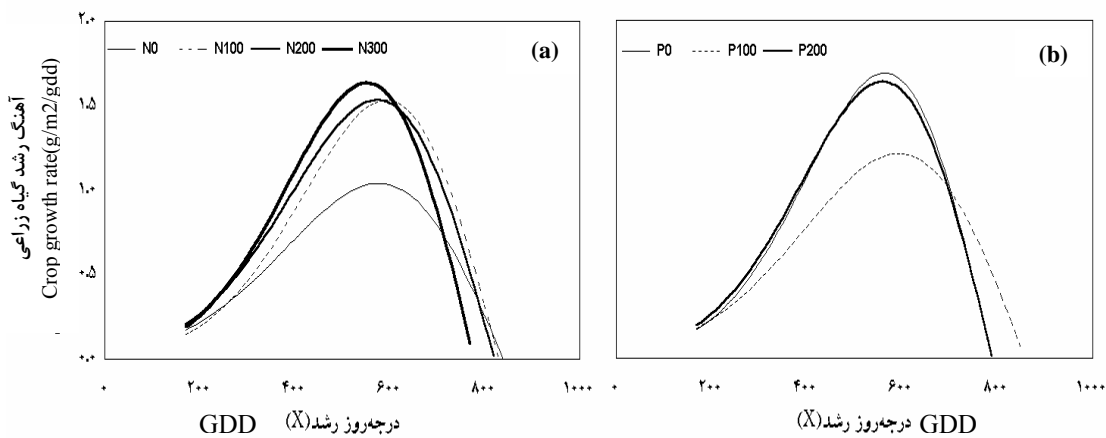
شکل ۱ روند تغییرات وزن خشک کل در سطوح مورد آزمایش نیتروژن و فسفر
Fig. 1 Total dry matter trends in studied levels of (a) nitrogen and (b) phosphorous



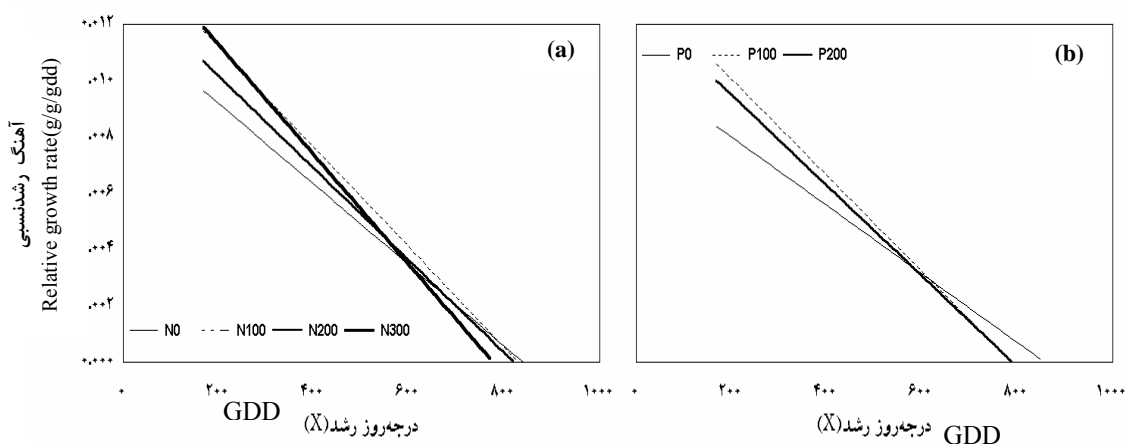
شکل ۲ روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر
Fig. 2 Leaf area index trends in studied levels of (a) nitrogen and (b) phosphorous



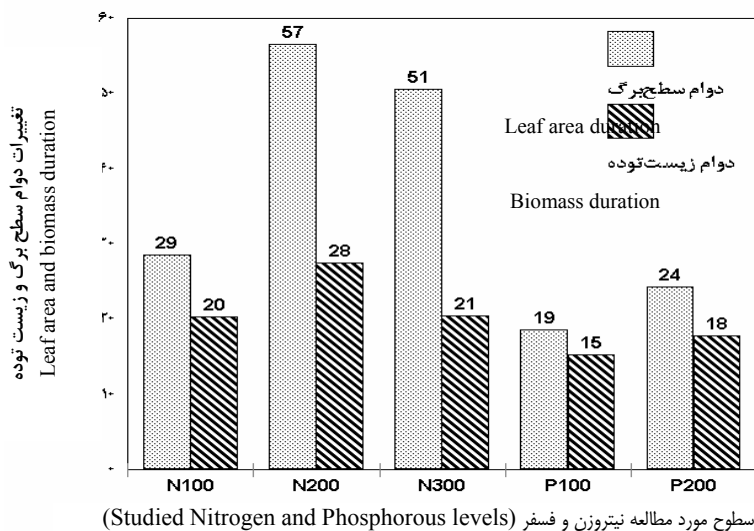
شکل ۳ روند تغییرات وزن خشک برگ در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر
Fig. 3 Leaf dry matter trends in studied levels of (a) nitrogen and (b) phosphorous



شکل ۴ روند تغییرات آهنگ رشد گیاه در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر
Fig. 4 Crop growth rate trends in studied levels of (a) nitrogen and (b) phosphorous



شکل ۵ روند تغییرات آهنگ رشد نسبی گیاه در سطوح مورد مطالعه نیتروژن و فسفر
Fig. 5 Relative growth rate trends in studied levels of (a) nitrogen and (b) phosphorous



شکل ۶ تغییرات دوام سطح برگ و دوام زیست توده در سطوح مورد آزمایش نیتروژن و فسفر در مقایسه با تیمار شاهد
Fig. 6 Variations of leaf area duration and biomass duration in studied levels of nitrogen and phosphorous compared to control

References:**منابع مورد استفاده:**

- قائمی، ع. ۱۳۸۱. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک و مرفولوژیک مؤثر بر افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند. پایان‌نامه دکتري زراعت (گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی). دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- کریمی، م.م. و م. عزیزى. ۱۳۷۳. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. ار. هانت (ترجمه). انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷۵. درسنامه فیزیولوژی تکمیلی گیاهان زراعی. فوق لیسانس زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.
- Balan VN, Oglenko IS (1980) Role of nutrition in seed production of direct-sown sugar beet. Sakharnaya Svekla. No, 12:32-33
- Edmondson RN (1989) Growth curve analysis for treatment-by- environment interaction effects. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 112: 9-17
- FAO (2000) Fertiliser requirements in 2015 and 2030. Rome. Italy
- Ling TX, Tang GX, Cal RH, Gu HF (1991) Mathematical model on high seed yield of sugarbeet and optimized combination of cultural measures. China Sugar Beet. No. 4:8-14
- Mayers JD, Lawn RJ, Byth DE (1991) Agronomic studies on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the dry seasons of the tropics. I. Limits to yield imposed by phenology. Australian Journal of Agricultural Research. 42: 7, 1075-1092
- Mazepin KG, Udovidehenko NM (1985) Fertilization of sugarbeet mother roots. Sakharnaya Svekla. No, 1:35-36
- Organishchuk MN (1987) Fertilizer and sugarbeet seed quality. Sakharnaya Svekla. No, 9:29-30
- Russele MP, Willhelm WW, Olson RA, Power JF (1984) Growth analysis based on degree days. Crop Science. 24: 28-32
- Sadler EJ, Karlen DL (1995) Aerial dry matter and nutrient accumulation comparisons among five soybean experiments. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26: 19-20, 3145-3163
- Shah P (1989) Growth curve analysis of soybean cultivars. Dissertation Abstracts International. B, Sciences and Engineering. 50: 2

- Spiegel MR (1990) *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*. McGraw-Hill Pub
- Tesar MB (1984) *Physiological Basis of Crop Growth and Development*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Weiner J, Thomas SC (1986) Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos*, 47: 211-222
- Zarishnyak AS, Shiyani (1991a) Effect of fertilizers on intensity of growth, nutrient uptake, yield and quality of seeds from non-planted (overwintered) seed plants of sugarbeet. *Agrokimiya*. No. 5: 71-8
- Zarishnyak AS, Shiyani PN (1991b) Seasonal dynamics of available forms of nutrient elements in the soil and yield of sugarbeet as dependent on fertilizers on southern chernozem under irrigated conditions. *Agrokimiya*. No. 6: 27-36
- Zarishnyak AS, Shiyani PN (1993) The efficiency of applying choline chloride on non-transplanted seed plants of sugar beet. *Agrokimiya*. No. 3: 88-95
- Zarishnyak AS, Shklyar AY (1995) On diagnosing the nitrogen nutrition of steckling sugarbeet seed plants. *Agrokimiya*. No. 4, 14-21
- Zarishnyak AS, Shklyar AY (1994) Diagnosing the nutrition of non-transplanted sugarbeet seed plants. *Agrokimiya*. No. 4, 48-54