مجله علوم گياهان زراعي ايران
دوره ۴۰، شماره ۳، ۱۳۸۸ (۱۸۹-۱۸۱)

اثر كاربرد مقادير مختلف نيتروژن و فسفر و كارآيي آنها بر عملكرد بذر چغندر بذري

سعيد صادق‌زاده‌حمايتي[1]* و ذبيح‌اله رنجي[2]
۱، ۲، محققين مؤسسه تحقيقات اصلاح و تهيه بذر چغندرقند
(تاريخ دريافت: ۸۵/۴/۱۴- تاريخ تصويب: ۸۷/۱۱/۱۳)

چكيده

اين آزمايش با هدف بررسي اثر كاربرد مقادير مختلف نيتروژن و فسفر روي عملكرد بذر و انواع كارآيي مصرف عناصرغذايي در بذر پلي‌ژرم ۷۲۳۳ چغندرقند طي سه‌سال(۸۰-۱۳۷۸) در ايستگاه تحقيقات‌كشاورزي اردبيل (آلاروق) اجرا شد. آزمايش به‌صورت فاكتوريل با دو عامل نيتروژن شامل چهار مقدار صفر(شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰كيلوگرم نيتروژن‌خالص درهكتار از منبع اوره و فسفر شامل سه سطح صفر(شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ كيلوگرم فسفر درهكتار از منبع سوپرفسفات تريپل درقالب طرح بلوك‌هاي كامل‌تصادفي با چهار تكرار به‌مورد اجرا گذاشته شد. هر كرت‌آزمايشي از هشت رديف‌كاشت با فواصل ٦٥سانتي‌متر به‌طول ۱۰ متر تشكيل شد. سه گروه كارآيي عناصرغذايي شامل كارآيي‌زراعي، كارآيي فيزيولوژيك و كارآيي بازيافت‌ظاهري برآورد و درنهايت كارآيي مصرف نيتروژن و فسفر محاسبه‌شد. نتايج آزمايش نشان‌دادكه مصرف نيتروژن و فسفر تأثير معني‌داري روي عملكردخام و عملكرد بذر قابل‌فروش نداشت. اين درحالي بود كه نيتروژن در سطح‌احتمال يك‌درصد تأثير معني‌داري روي عملكرد بذراستاندارد قادربه جوانه‌زني گذاشت، به‌نحوي كه سطوح شاهد تا ۲۰۰ كيلوگرم نيتروژن درهكتار، عملكرد بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني مشابهي ازلحاظ آماري داشته و افزايش مصرف نيتروژن تا سطح ۳۰۰ كيلوگرم درهكتار، با كاهش معني‌دار عملكردبذر همراه‌شد. درمقايسه با نيتروژن، مصرف فسفر نيز گرچه از كارآيي‌فيزيولوژيك بالاتر (به‌طور متوسط ۱/۲٦۹ كيلوگرم بر كيلوگرم) برخوردار بود اما به‌واسطة پايين‌بودن كارآيي بازيافت‌ظاهري (۱۲/۹ درصد) درمجموع، مصرف هر كيلوگرم فسفر به‌طور متوسط حدود ۰/۳٦٥، ۰/۵۹۰ و ۰/٤٦۰كيلوگرم به‌ترتيب بر عملكردخام، بذر قابل‌فروش و بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني افزود. كارآيي فيزيولوژيك فسفر (۱/۲٦۹ كيلوگرم بر كيلوگرم) درمقايسه با نيتروژن (۰/۲۲۵كيلوگرم بر كيلوگرم) بيشتر بود. اين درحالي بود كه كارآيي بازيافت‌ظاهري نيتروژن (به‌طور متوسط ۷۷/۳درصد) حدود شش برابر فسفر(۱۲/۹) بود.

واژه‌هاي كليدي: بذر چغندرقند، نيتروژن، فسفر،عملكرد بذر،كارآيي زراعي،كارآيي فيزيولوژيك، كارآيي بازيافت ظاهري.

مقدمه

بذر چغندرقند حاوي ۳۹ درصد نشاسته، ١٦ تا ۲۰ درصد پروتئين، ۱۹ تا ۲۰ درصد چربي و ٦ تا ۸ درصد مواد معدني است. حدود ۷۵ تا ۸۸ درصد نيتروژن دانه به‌شكل پروتئين و بقية آن در ساختمان اسيدهاي آمينه‌اي چون گلوتامين، آسپاراژين، تريپتوفان، متيونين و بوتيريك

* نويسنده مسئول: سعيد صادق‌زاده حمايتي تلفن: ۰۹۱۲-۳٦۲٦۷۷۴ E-mail: s_s_hemayati@yahoo.com

آمینواسید متمرکز است. نمك‌هاي فسفره نیز ۵۲ درصد از مواد معدني (خاکستر) بذر را تشکیل مي‌دهند (Motahari, 1991). از آنجایي‌که مواد معدني موجود در خاك مهمترین منبع تأمین عناصرغذایي اجزاي مختلف گیاهي شمرده مي‌شود؛ تولید هر تُن بذر چغندرقند نیز درصورت استفادة مطلوب از کود به‌ترتیب نیازمند مصرف ۱۱٤، ۳۷ و ۱۲۸ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (Zarishnyak & Shiyan, 1991a).

تأثیر نیتروژن درمقایسه با سایر عوامل زراعي روي عملکرد بذر بسیار قابل‌توجه است (Ling et al., 1991). در رابطه با تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر بر کیفیت بذر، نشان داده شده‌است که مصرف نیتروژن و پتاسیم همراه‌با سوپرفسفات غني‌شده با بورات‌کلسیم، علاوه بر افزایش عملکرد بذر چغندرقند موجب افزایش درصد و انرژي جوانه‌زني بذور نیز شد (Kharchenko, 1983). Podlaski (1987) نیز در آزمایش خود نشان‌داد که مصرف نیتروژن در حد نیاز، درصدجوانه‌زني بذر چغندرقند را افزایش داده‌است. درحالي که مصرف بیش‌از حد نیتروژن (حدود ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار) همانند کاربرد مقادیر پایین نیتروژن (حدود ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) ویژگي‌هاي کیفي بذر را کاهش داده است (Lejealle, 1986). در آزمایش دیگري، بیشترین جوانه‌زني بذر از بذوري که بوته‌هاي مادري آنها داراي تغذیة مناسب نیتروژن و فسفر بوده‌اند، بدست آمد و استفاده از مقادیر بالاي نیتروژن، باعث کاهش میزان جوانه‌زني و افزایش ضخامت پوسته‌هاي بذر شده‌است (Slavov, 1984). نتایج برخي مطالعات در زاگرب نشان‌داد که با مصرف نیتروژن تاسطح ۱۲۰کیلوگرم درهکتار، عملکرد بذر به‌نحو معني‌داري افزایش مي‌یابد. از سوي دیگر، مصرف نیتروژن سهم بذور درشت (با قطر بین ٤/۵ تا ۵/۵ میلي‌متر) در توده بذر حاصل را افزایش داده است؛ اما تأثیري بر درصد جوانه‌زني بذر نداشته‌است (Pospisil & Mustapic, 1999). Rastija et al. (1998) نشان‌دادند که مصرف نیتروژن تأثیري بر عملکرد، میزان جوانه‌زني، درصد بذر منوژرم و وزن هزاردانه چغندرقند نداشته و تنها در مناطقي که کمبود بر وجود داشته باشد، مصرف نیتروژن همراه با بر (به میزان ۸/٤ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش میزان جوانه‌زني بذر مي‌شود.

دسترسي گیاهان به عناصرغذایي تحت‌تأثیر نوع‌خاك، شرایط آب و هوایي، گونه و ارقام‌گیاهي است. امروزه به‌دلیل هزینه‌هاي بالاي تأمین و مصرف کودهاي شیمیایي، لازم است که جذب و مصرف عناصر غذایي از کارآیي بالایي برخوردار باشد تا بدین‌وسیله از هزینة تولید کاسته‌شده و سود بیشتري عاید کشاورز شود. به همین منظور لازم‌است تا کارآیي مصرف عناصرغذایي شناخته شده و راههاي افزایش آن در روش‌هاي نوین تولید گیاهان زراعي، تشخیص داده شود (Graham, 1978).

کارآیي به‌عنوان مقدارمحصول تولیدشده به‌ازاي هرواحد نهادة مصرفي، تعریف شده‌است. این بدان‌معناست که کارآیي تغذیه‌اي عبارت از مادةخشك تولیدشده به‌ازاي هر واحد عنصرغذایي مصرف یا جذب‌شده است (Cooke, 1987). Graham (1978) کارآیي عناصرغذایي را عملکرد نسبي یك ژنوتیپ روي خاك‌فقیر درمقایسه با عملکرد آن در شرایط مناسب تغذیه‌اي تعریف‌کرد. Cooke (1987) نیز افزایش عملکرد بخش قابل‌برداشت گیاه‌زراعي به‌ازاي هر واحد عنصر غذایي مصرف‌شده را به کارآیي مصرف عنصر غذایي تعبیر کرد.

بخش قابل ملاحظه‌اي از بذر چغندرقند مورد نیاز کارخانه‌هاي قند کشور در سطحي معادل چهار هزار هکتار در منطقه اردبیل تولید مي‌شود. با توجه به اهمیت اقتصادي و استراتژیک تولید بذر این گیاه صنعتي و مهم، این مطالعه به بررسي جنبه‌هاي کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر روي عملکرد بذر چغندرقند و برآورد انواع کارآیي مصرف عناصرغذایي پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طي سه‌سال (۸۰-۱۳۷۸) در ایستگاه تحقیقات‌کشاورزي اردبیل (آلاروق) واقع در کیلومتر ۱۲ جادة اردبیل ـ خلخال در مختصات جغرافیایي ۳۸درجه و ۱۲ دقیقة عرض‌شمالي و ٤۸درجه و ۲۸دقیقة طول‌شرقي اجرا شد. همچنانکه در جدول ۱ نیز مشاهده مي‌شود، متوسط دماي‌سالانة سال‌هاي ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ که به‌ترتیب معادل ۹/۸۸٤، ۱۰/۱۲۸ و ۱۰/۵۲۵ درجة سانتي‌گراد شد، بیش از متوسط بلندمدت (۲۵ ساله) دماي متوسط منطقه اردبیل (۸/۷٦۰ درجة سانتي‌گراد) بود. همچنین سال‌هاي آزمایش با متوسط رطوبت‌نسبي سالانة

۶۸/۵۷، ۶۸/۱۰ و ۶۸/۷۲ درصد، در مقايسه با متوسط رطوبت نسبي بلندمدت (۷۷/۶۱ درصد) در شرايط نسبتاً خشك‌تري بودند. براساس ميانگين مجموع بارندگي‌سالانه (۳۰۵ميلي‌متر) نيز تنها سال ۱۳۷۸ با بارش ۳۲۵/۵ ميلي‌متر سال مرطوب محسوب شده و سال‌هاي ۱۳۷۹ (۲۵۹ميلي‌متر) و ۱۳۸۰ (۲۳۱ ميلي‌متر) سال‌هاي خشك محسوب مي‌شوند.

خاك محل اجراي آزمايش در عمق صفر تا ۳۰ سانتي‌متر قبل و پس از پايان آزمايش در هرسال مورد نمونه‌برداري مركب قرار گرفته و به‌لحاظ فيزيكوشيميايي تجزيه‌شد كه ميانگين نتايج حاصل در جدول ۲ (قبل از اجراي آزمايش) نشان داده شده‌است.

آزمايش به‌صورت فاكتوريل با دو عامل نيتروژن شامل چهار مقدار صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ كيلوگرم نيتروژن خالص در هكتار از منبع اوره و فسفر شامل سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ كيلوگرم فسفر در هكتار از منبع سوپرفسفات تريپل در قالب طرح بلوك‌هاي كامل تصادفي با چهار تكرار طي سال‌هاي ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به‌مورد اجرا گذاشته شد. سطوح مورد مطالعة فسفر قبل‌از كاشت و مقادير مورد آزمايش نيتروژن طي دو مرحلة كاشت و ساقه روي بوته‌هاي بذري چغندرقند محاسبه و به‌طور يكنواخت در سطح كرت‌هاي آزمايشي پخش و با خاك مخلوط شد. رقم مورد آزمايش، رقم پلي‌ژرم ۷۲۳۳ بود.

هر كرت آزمايشي از هشت رديف كاشت با فواصل ۶۵ سانتي‌متر به‌طول ۱۰ متر، مساحتي معادل ۵۲ مترمربع داشت كه با يك رديف نكاشت از كرتهاي مجاور جدا شده‌بود. رديف‌هاي دوم، سوم و چهارم هر كرت به شش مرحله نمونه‌برداري تخريبي جهت تهيه نمونه گياهي مورد نياز براي تجزيه شيميايي (در سال ۱۳۷۸) و رديف‌هاي ششم و هفتم نيز با حذف دوبوته از دو سوي رديف در پايان آزمايش، به اندازه‌گيري عملكرد بذر اختصاص يافت. مساحت مورد برداشت براي تهيه نمونه گياهي و برداشت نهايي به‌ترتيب معادل ۱/۰۴ و ۱۰/۹۲ مترمربع بود. در نمونه‌هاي گياهي مورد برداشت، وزن‌خشك كل (گرم در مترمربع) با قرار دادن نمونه تصادفي از هر نمونه در آون ۷۰درجه سانتي‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت تعيين شد. سپس به‌صورت تصادفي نمونه خشك گياه برداشت و توسط يک آسياب برقي، مجهز به الک با سوراخ‌هايي با قطر تقريبي ۲ ميلي‌متر، آسياب و جهت تعيين ميزان نيتروژن و فسفر موجود در آن به آزمايشگاه تجزيه گياهي انتقال داده شد. ميزان نيتروژن موجود در نمونه‌هاي گياهي با استفاده از روش كجلدال و مقدار فسفر با روش اولسن تعيين شد (Imami, 1996).

جهت محاسبه كارآيي عناصر غذايي از سه گروه كارآيي زراعي (معادلة ۱)، كارآيي فيزيولوژيك (معادلة ۲) و كارآيي بازيافت ظاهري (معادلة ۴) استفاده به عمل آمد (Hashemi Dezfuli et al., 1995). كارآيي زراعي يا اقتصادي به‌صورت توليد اقتصادي به‌دست آمده به‌ازاي هر واحد غذايي مصرف‌شده، كارآيي فيزيولوژيک يا بيولوژيک برحسب توليد بيولوژيک حاصله به‌ازاي هر واحد عنصر غذايي جذب‌شده و كارآيي بازيافت ظاهري برحسب مقدار عنصر غذايي جذب‌شده به‌ازاي هر واحد عنصرغذايي مصرف شده تعريف مي‌شود.

جدول ۱- خلاصه آمار هواشناسي سال‌هاي آزمايش(۸۰-۱۳۷۸) و ميانگين بلندمدت منطقة اردبيل

سال	دما (درجه سانتيگراد)				رطوبت نسبي(درصد)			بارندگي	ساعات
	حداقل	متوسط	حداكثر	حداقل	حداكثر	حداقل	متوسط	حداكثر	(ميليمتر)	آفتابي
۱۳۷۸	۳/۵۱	۹/۸۸	۱۶/۲۶	-۲۴/۶	۳۷/۴	۴۹/۴۴	۶۸/۵۷	۸۷/۷۱	۳۲۵/۵	۷/۲۸۳
۱۳۷۹	۳/۴۲	۱۰/۱۳	۱۶/۸۳	-۱۹/۰	۳۷/۰	۴۸/۵۸	۶۸/۱۰	۸۷/۶۳	۲۵۹/۰	۷/۵۶۱
۱۳۸۰	۴/۳۵	۱۰/۵۳	۱۶/۷۰	-۲۷/۰	۳۶/۸	۴۶/۹۳	۶۸/۷۲	۹۰/۵۰	۲۳۸/۸	۷/۳۱۲
میانگین(الف)	۲/۵۸	۸/۷۶	۱۴/۹۴	-۲۴/۳	۳۵/۴	۵۲/۵۲	۷۰/۹۷	۸۲/۴۲	۳۰۵/۰	۶/۶۸۵

الف. ميانگين بيست و پنج‌ساله ايستگاه سينوپتيک اردبيل

۱)

$$\text{كارآيي زراعي } (kg.kg^{-1}) = \frac{[\text{عملكرد دانه بدون مصرف‌كود (kg)} - \text{عملكرددانه با مصرف كود (kg)}]}{\text{مقدار مصرف كود(kg)}}$$

۲)

$$\text{کارآیي فیزیولوژیک } (kg.kg^{-1}) = \frac{[\text{عملکرد ماده خشک گیاهي که کود دریافت نکرده است (kg)} - \text{عملکرد ماده خشک گیاهي که کود دریافت کرده است (kg)}]}{[\text{جذب عنصرغذایي توسط گیاهي که کود دریافت نکرده‌است(kg)} - \text{جذب عنصر غذایي توسط گیاهي که کود دریافت کرده‌است(kg)}]}$$

جهت تعیین میزان جذب عنصر غذایي از معادلة ۳ استفاده شد:

۳) $$\text{جذب عنصرغذایي}(ppm.kg) = \text{غلظت عنصرغذایي} \times \text{ماده‌خشک}$$

٤)

$$\text{کارآیي بازیافت ظاهري} = \frac{(\text{جذب عنصرغذایي توسط گیاهي که کود دریافت نکرده‌است-جذب عنصرغذایي توسط گیاهي که کود دریافت کرده‌است})}{\text{مقدار مصرف کود(kg)}} \times ۱۰۰$$

پس از محاسبة کارآیي فیزیولوژیك و کارآیي بازیافت ظاهري، کارآیي مصرف عنصرغذایي با استفاده از معادلة ۵ برآورد شد (Hashemi Dezfuli et al., 1995):

۵) کارآیي فیزیولوژیک ×کارآیي بازیافت ظاهري = کارآیي مصرف عنصرغذایي

در این آزمایش باتوجه به اینکه تجزیة گیاهي تنها در سال ۱۳۷۸ طي شش مرحله انجام شده بود، انواع کارآیي فیزیولوژیك، کارآیي بازیافت ظاهري و کارآیي مصرف عنصر غذایي مورد اندازه‌گیري واقع شد و براي میانگین عملکرد بذر خام، بذر قابل‌فروش و بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني سال‌هاي ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ تنها به اندازه‌گیري کارآیي زراعي اکتفا شد.

نتایج و بحث

عملکرد بذر

در این‌مطالعه، عملکردبذر به سه‌شکل عملکرد بذرخام، عملکرد بذر قابل‌فروش و عملکرد بذراستاندارد قادربه جوانه‌زني تقسیم و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. عملکرد بذر قابل‌فروش به بخشي‌از بذرخام اطلاق‌شد که داراي اندازة بذر بالاي ۳/۵میلي‌متر بوده و فاقد بذرپوك باشد. بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني نیز از حاصل‌ضرب سهم بذور استاندارد با قطر بین ۳/۵ تا ٦/۰ میلي‌متر در قوةنامیة مکانیکي بذر به‌دست آمد. بذوري با قطر بیش از ٤/۵ میلي‌متر پس از پولیش در سایز استاندارد قرار گرفتند.

همچنانکه در جدول ۳ مشاهده مي‌شود، عملکرد بذر خام و بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني در سطح احتمال یك درصد طي سال‌هاي مختلف اختلاف معني‌داري داشتند. در این میان عملکرد بذر قابل‌فروش از عامل سال متأثر نشد و طي سال‌هاي آزمایش این مقدار بین ۱۷۵۲ تا ۱۸۵۳ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (جدول‌هاي ۳ و ٤). ازسوي دیگر، نتایج آزمایش حاضر نشان‌داد که مصرف نیتروژن از بین شکل‌هاي مختلف عملکردبذر تنها در سطح احتمال پنج درصد عملکرد بذراستاندارد قادربه جوانه‌زني را تحت تأثیر قرار داد (جدول۳). گرچه مقایسة میانگین سطوح مورد آزمایش نیتروژن نشان‌داد که مصرف این عنصرغذایي تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار موجب افزایش معني‌دار عملکرد بذرخام از ۱۸۸۲ به ۲۲۲۳ کیلوگرم درهکتار شده‌است و افزایش‌هاي بعدي در میزان نیتروژن مصرف‌شده تا سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، تغییر معني‌داري در عملکرد بذرخام به‌دنبال نداشت (جدول٤). نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معني‌داري روي عملکرد بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني گذاشت (جدول۳)، به‌نحوي که سطوح شاهد تا مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني مشابهي از لحاظ آماري داشته و افزایش مصرف آن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، با کاهش معني‌دار عملکرد بذر تا سطح ۸۳۳ کیلوگرم در هکتار همراه شد (جدول‌هاي ۳ و ٤). این مقدار مصرف نیتروژن با نتایج یافته‌ها از پژوهشگران متعددي (Balan & Oglenko, 1980; Ling et al., 199; Zarishnyak & Shiyan, 1991a) مطابقت داشته اما کمتر از مقداري است که در آزمایش‌هاي Mazepin & Udovidehenko (1985) و Organishchuk (1987) (۱۸۰کیلوگرم نیتروژن درهکتار) توصیه شده‌بود. ازسوي دیگر، در آزمایش حاضر مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد تنها موجب شد تا عملکرد بذر خام به‌ترتیب به میزان ۱۸ و ۲۳ درصد

افزايش يابد كه اين مقدار بسيارکمتر از مقادير گزارش‌شده توسط Organishchuk (1987) (٦٥ درصد) و Zarishnyak & Shiyan (1991a) (۸۵درصد) بود. همچنانكه در جدول ۳ و ٤ ديده مي‌شود، مصرف فسفر به‌ميزان ۱۰۰ و ۲۰۰كيلوگرم درهكتار تاثير معني‌داري بر انواع عملكرد بذر چغندرقند نداشت. به عبارت ديگر، ميزان فسفر موجود در خاک محل اجراي آزمايش (جدول ۲) درحدي بود كه مصرف فسفر اضافي تأثيري بر عملكرد چغندرقند نداشت. قطعي‌تر بودن تأثير مصرف نيتروژن روي عملكرد بذرخام درمقايسه با ساير عناصر پرمصرف (فسفر و پتاسيم) كه در اين آزمايش نيز در خصوص كاربرد فسفر نشان داده شد، توسط محققين ديگر نيز مورد تأكيد قرار گرفته‌است (Organishchuk, 1987; Zarishnyak & Shiyan, 1991a, b).

اثر متقابل سال * نيتروژن به‌ترتيب در سطح احتمال يک و پنج درصد روي عملكرد بذر خام و بذر قابل‌فروش تاثير معني‌داري گذاشت (جدول ۳). اين بدان معني است كه مصرف سطوح موردآزمايش نيتروژن طي سال‌هاي مختلف، تأثير متفاوتي روي عملكرد بذر خام و قابل‌فروش دارد. طي سال‌هاي ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹، روند تغييرات عملكرد بذرخام و قابل‌فروش همراه با مصرف نيتروژن تا سطح ۲۰۰ كيلوگرم در هكتار افزايشي و سپس كاهشي بود (شكل۱). اين درحالي است كه در سال ۱۳۸۰، افزايش شديد عملكرد بذرخام (شكل۱- الف) و بذر قابل فروش (شكل ۱ب) موجب شد تا اثر متقابل بين سال * نيتروژن معني‌دار شود (جدول۳). به هر صورت، بيشترين عملكرد بذرخام (۲۵۹۸ كيلوگرم در هكتار) طي سال ۱۳۸۰ و با مصرف ۲۰۰ كيلوگرم نيتروژن در هكتار و بيشترين عملكرد بذر قابل فروش (۲۰۱۹ و ۲۰۲۹ كيلوگرم در هكتار) در همين سال به‌ترتيب با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ كيلوگرم نيتروژن در هكتار به‌دست آمد.

جدول ۲- خصوصيات فيزيكوشيميايي خاك محل اجراي آزمايش قبل از كاشت(الف)

بافت خاك	نيتروژن (درصد)	كربن آلي (درصد)	هدايت‌الكتريكي (دسي‌زيمنس بر متر)	واكنش خاك pH	عمق‌خاك (سانتيمتر)
لوم رسي	۰/٦٦	٤٥	۱/۰	۷/۵	۰-۳۰
مقدار عناصرغذايي (ميلي‌گرم بر كيلوگرم)					
فسفر	پتاسيم	آهن	منگنز	روي	مس
۲٤	٤٥۰	۸/۸۸	۱٤/٦۲	۰/٥٦	۸/٤٦

الف. اعداد جدول ميانگين سه‌ساله نتايج تجزيه خاک را نشان مي‌دهد.

جدول ۳- خلاصه تجزيه‌واريانس مركب عملكرد بذرخام، قابل‌فروش و عملكرد بذر استاندارد قادر به‌جوانه‌زني (كيلوگرم درهكتار)

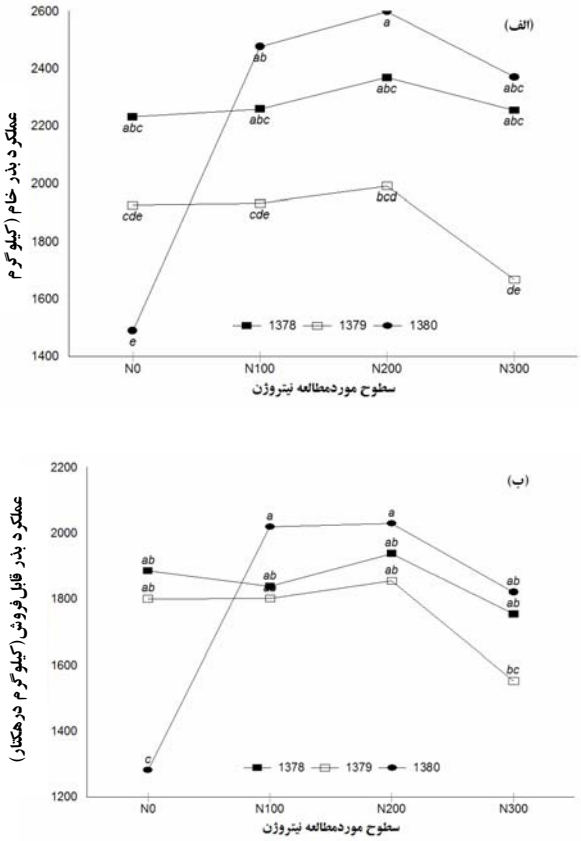
منابع تغيير	درجه آزادي	ميانگين مربعات(الف)		
		بذر خام(ب)	بذر قابل‌فروش(پ)	بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني(ت)
سال	۲	۲۲۹٤۹٦٦/۷ **	۱۲۷۱۹٦/٦ ns	۱۱۰۷۷۷٤/٤ **
سال * تكرار	۹	٦۳٦٤٦۵/۱	٤۲۷۱۹۹/۳	۱۰۸۷٤۵/۳
نيتروژن	۳	۱۲۸۲۲٦۹/۷ ns	٦۷٦٤۲۳/۳ ns	۱۷۷۹٦٦/۹ *
سال * نيتروژن	٦	۱۰۳۷۰۵٤/۳ **	۵٤٦۹۹۹/۱ *	۱۱۹٤۵٦/٤ ns
فسفر	۲	۲۹۱۰۸۹/٤ ns	۳۰۹۵٦۲/۰ ns	۷۲۵۲٤/۰ ns
سال * فسفر	٤	٦۱۷۳۲٦/۳ ns	٤۰۸٦۲۵/٤ ns	۱۳۳۹۸۰/۹ ns
نيتروژن * فسفر	٦	۱٤٤۲٦٦/۱ ns	۱۲۷۵۰٦/٦ ns	۹٦۸٦۲/٦ ns
سال * نيتروژن * فسفر	۱۲	۳٦۲۱۱۲/٤ ns	۲۸۷۹۱٤/٤ ns	۱٤۰۰۳۹/۹ ns
اشتباه	۹۹	۲۷۹٤۷۱/٤	۲۲۸۱٤٦/۱	۸۷۵۸۲/۵
ضريب تغييرات (درصد)		۲٤/۸۲	۲٦/۵۷	۲۱/۷٤

الف) ns، * و ** به‌ترتيب غيرمعني‌دار و معني‌دار در سطح احتمال پنج و يك‌درصد

ب) عملكردبذر پس‌از برداشت سطح‌ركورد و بوجاري اوليه (حذف موادخارجي) و با تصحيح رطوبت‌بذر در سطح ۱۲درصد محاسبه شده‌است.

پ) عملكرد بذر قابل‌فروش ازطريق كسر مجموع درصد بذر زيرسرند (كمتراز ۳/۵ميلي‌متر)+ بذر پوك + موادخارجي از بذرخام به‌دست آمده‌است. اين عملكرد شامل بذري مي‌شود كه با مراجعه به ادارة اصلاح و تهية بذر چغندرقند اردبيل، درقبال تحويل آن وجه فروش بذر دريافت مي‌شود.

ت) عملكرد بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني حاصل‌ضرب عملكرد خام بذر در سهم بذوري با قطر ۳/۵ تا ٦/۰ميلي‌متر و قوةنامية مكانيكي بذر بوده و شامل بذري مي‌شود كه صددرصد قادربه جوانه‌زني و داراي اندازة استاندارد بذر است.



شکل ۱ـ اثرمتقابل سال * نیتروژن روي (الف) عملکرد بذر خام و (ب) عملکرد بذر قابل‌فروش

(اعدادي با ضرایب مشابه در سطح‌احتمال پنج‌درصد اختلاف معني‌داري نشان ندادند)

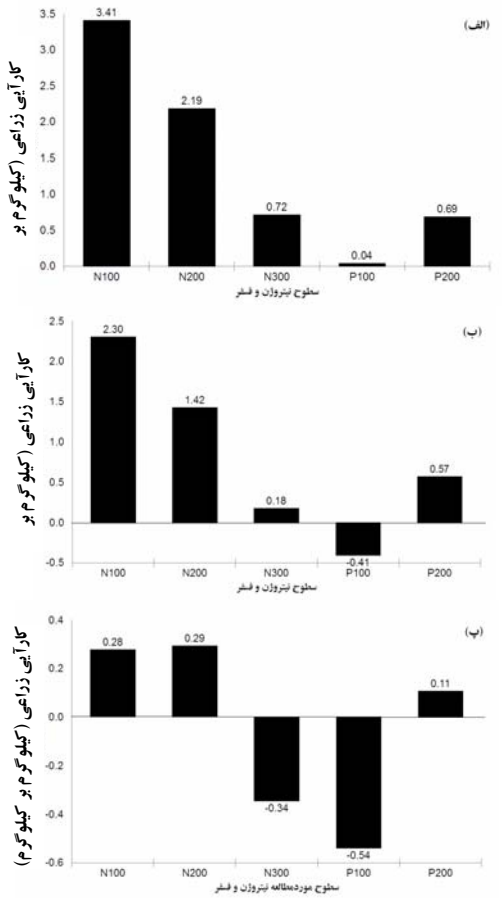
کارآیي زراعي

همچنانکه در شکل ۲ دیده مي‌شود، افزایش مصرف نیتروژن با کاهش کارآیي زراعي یا اقتصادي مصرف این عنصر غذایي همراه شد. مقدار افزوده عملکرد برپایة عملکرد خام، قابل فروش و بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني به‌تدریج کاهش یافت به‌نحوي که مصرف هر کیلوگرم نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب موجب شد تا ۳/٤۱، ۲/۳۰ و ۰/۲۸ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌ترتیب بر عملکرد خام، قابل فروش و بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني افزوده شود. افزایش مصرف نیتروژن به بیش‌از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب افزایشي معادل ۲/۱۹، ۱/٤۲ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر کیلوگرم عملکرد خام، قابل‌فروش و بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني را به‌دنبال داشت. همچنانکه در شکل ۲- الف و ۲- ب دیده مي‌شود، افزایش مصرف نیتروژن به بیش‌از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تنها ۰/۷۲ و ۰/۱۸ کیلوگرم افزایش عملکرد خام و عملکرد بذر قابل فروش را به‌ازاي هرکیلوگرم نیتروژن مصرف‌شده به دنبال داشت و این درحالي بود که حدود ۰/۳٤ کیلوگرم به ازاي هر کیلوگرم نیتروژن مازاد بر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، از عملکرد بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني کاسته شد (شکل ۲-پ). از جمله دلایل این کاهش، افزایش سهم بذور زیرسرند (با قطر کمتراز ۳/۵ میلي‌متر) و بذور اورسایز (با قطر بیش از ٦/۰ میلي‌متر) همراه با افزایش مقدار نیتروژن به‌کاررفته بود. افزایش سهم بذور زیرسرند احتمالاً به‌دلیل اطالة دورة رشدزایشي و تولید مداوم بذر در پروفیل‌هاي فوقاني بوته بوده و دلیل افزایش سهم بذور اورسایز نیز رشد بخش‌هاي خارجي میوه (پریکارپ) در نتیجة مصرف نیتروژن اضافي است. Zarishnyak & Shiyan (1991a) و Pospisil & Mustapic (1999) نیز نشان دادند که کاربرد نیتروژن موجب افزایش اندازة بذر ـ و به‌عبارتي رشد پوستة بذر (Sauerbeck & Helal, 1990) ـ مي‌شود. در آزمایش حاضر نیز مطابق یافته‌هاي Longden & Johnson (1975) مصرف نیتروژن تأثیر معني‌داري روي مقدار بذر استاندارد تولیدشده نداشت (جدول٤) اما از آنجایي که موجب افت معني‌دار قوة نامیة مکانیکي بذر شد؛ بر همین اساس، عملکرد بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني را کاهش داد.

جدول ۴- میانگین عملکرد بذرخام، قابل‌فروش و استاندارد قادر به جوانه‌زني در سطوح نیتروژن و فسفر در سال‌ها

تیمار	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)		
	خام	قابل‌فروش	استاندارد قادربه جوانه‌زني
سال			
۱۳۷۸	۲۲۷۸/۱٤ a(الف)	۱۸۵۳/۳۰a	۱۰٤۲/۰۰ a
۱۳۷۹	۱۸۷۹/۲۹ b	۱۷۵۱/۸۹ a	۷۵۹/۰۲ b
۱۳۸۰	۲۲۳۳/۴۵ a	۱۷۸۷/۲۳ a	۹۹۶/۳۱ a
نیتروژن			
صفر	۱۸۸۲/٤۲ b	۱٦۵۵/٤۷ a	۹۳٦/٦٤ a
۱۰۰کیلوگرم درهکتار	۲۲۲۲/۸۵ a	۱۸۸۵/۷۸ a	۹٦٤/۳۲ a
۲۰۰کیلوگرم درهکتار	۲۳۱۹/۷۹ a	۱۹٤۰/٤۳ a	۹۹۵/٤۹ a
۳۰۰کیلوگرم درهکتار	۲۰۹۷/۱٤ a	۱۷۰۸/۲۱ a	۸۳۳/۳٤ b
فسفر			
صفر	۲۰۸۳/۱۸ a	۱۷۷۲/۹۹ a	۹٤۳/۳۱ a
۱۰۰کیلوگرم درهکتار	۲۰۸۷/۸۵ a	۱۷۳۲/۲۵ a	۸۸۹/۳۰ a
۲۰۰کیلوگرم درهکتار	۲۲۲۰/۳٦ a	۱۸۸۷/۱۷ a	۹٦٤/۷۲ a

(الف) در هرستون، اعدادي با ضرایب مشابه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معني‌داري نشان ندادند.

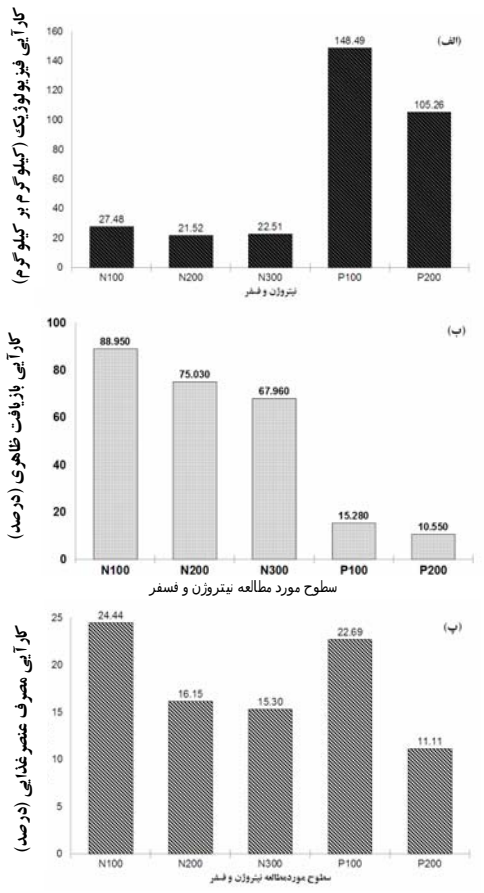


شكل ۲- كارآيي زراعي / اقتصادي برپاية عملكرد بذرخام (الف)، عملكرد بذر قابل‌فروش (ب) و عملكرد بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني (پ) در سطوح مورد آزمايش نيتروژن و فسفر

كارآيي زراعي مصرف فسفر از شرايط كاملاً متفاوتي نسبت به نيتروژن برخوردار بود. به‌عبارتي، مصرف ۱۰۰ كيلوگرم فسفر در هكتار تنها با افزايش عملكرد بذر خام به ميزان قابل اغماض ۰/۰٤ كيلوگرم بذر به‌ازاي هر يک كيلوگرم فسفر مورد مصرف همراه شد. اين درحالي بود كه كارآيي زراعي مصرف فسفر از ۱۰۰ تا ۲۰۰ كيلوگرم در هكتار به مراتب بيشتر بوده و به ازاي هر كيلوگرم فسفر مصرف‌شده به‌ترتيب عملكرد خام، قابل فروش و بذر استاندارد قادر به جوانه‌زني معادل ۰/٦۹، ۰/۵۷ و ۰/۱۱ كيلوگرم بر كيلوگرم افزايش نشان داد (شكل ۲-الف، ب و پ)؛ البته اين افزايش به لحاظ آماري معني‌دار نبود (جدول۳).

كارآيي فيزيولوژيك

كارآيي فيزيولوژيك يا بيولوژيك مصرف فسفر به‌مراتب بيشتراز نيتروژن بود، به‌نحوي كه جذب هركيلوگرم نيتروژن و فسفر به‌ترتيب منجر به توليد ۰/۲۲۵ و ۱/۲٦۹ كيلوگرم زيست‌تودة گياهي شد (به‌ترتيب ميانگين افزايش وزن‌خشک در سطوح مورد آزمايش نيتروژن و فسفر در شكل ۳ الف). از سوي ديگر، مصرف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ كيلوگرم نيتروژن درهكتار به‌ترتيب با كارآيي فيزيولوژيك معادل ۲۷/٤۸، ۲۱/۵۲ و ۲۲/۵۱ كيلوگرم ماده‌خشک بر كيلوگرم نيتروژن مصرف‌شده نشان داد كه افزايش مقدار مصرف نيتروژن با كاهش كارآيي بيولوژيك همراه است (شكل۳-الف). كاهش كارآيي بيولوژيک مصرف نيتروژن نشان داد، گرچه همراه با افزايش كاربرد نيتروژن بر ميزان ماده‌خشک توليد شده افزوده شد؛ اما اين افزايش با افزايش نيتروژن مصرف شده متناسب نبوده و بيشترين افزايش در توليد ماده‌خشک با افزودن اولين صد كيلوگرم نيتروژن به‌دست آمد. اين‌موضوع درخصوص مصرف فسفر نيز صادق بود و مصرف ۱۰۰ كيلوگرم فسفر از كارآيي فيزيولوژيك (۱٤۸/٤۹ كيلوگرم بر كيلوگرم) بيشتري در مقايسه با مصرف ۲۰۰ كيلوگرم فسفر (۱۰۵/۲٦ كيلوگرم بر كيلوگرم) همراه‌شد (شكل ۳ الف).



شكل ۳- مقادير كارآيي فيزيولوژيك (الف)، كارآيي بازيافت ظاهري (ب) وكارآيي مصرف عناصرغذايي (پ) در سطوح مورد آزمايش نيتروژن و فسفر

کارآيي بازيافت ظاهري

کارآيي بازيافت ظاهري در رابطه با نيتروژن به‌مراتب بيش‌از فسفر شد، به‌نحوي که به‌ترتيب ۰/۷۷ و ۰/۱۳ کيلوگرم نيتروژن و فسفر به‌ازاي مصرف هر کيلوگرم نيتروژن و فسفر بازيافت شد، گرچه افزايش مقدارمصرف هردو عنصر مورد آزمايش، کارآيي بازيافت ظاهري را کاهش‌داد (شکل۳ب). به‌عبارت ديگر، از مجموع يکصد کيلوگرم نيتروژن اول(N_{100})، دوم(N_{200}) و سوم(N_{300}) به‌ترتيب ۸۸/۹، ۷۵/۰ و ۶۸/۰ کيلوگرم و از مصرف يکصد کيلوگرم فسفر اول(P_{100}) و دوم(P_{200}) تنها ۱۵/۳ و ۱۰/۶ کيلوگرم امکان بازيافت و تجمع در بافت گياهي را به‌دست آورد (شکل ۳ب).

کارآيي مصرف عنصرغذايي

کارآيي مصرف نيتروژن و فسفر در شکل ۳-پ نشان داده شده‌است. مصرف ۱۰۰کيلوگرم نيتروژن درهکتار و افزايش مصرف فسفر از ۱۰۰ به ۲۰۰کيلوگرم درهکتار به‌ترتيب بيشترين (۲۴/۴۱) و کمترين (۱۱/۱۱) کارآيي مصرف را به‌خود اختصاص دادند. افزايش مصرف نيتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ و ۳۰۰ کيلوگرم در هکتار موجب کاهش کارآيي مصرف نيتروژن از ۲۴/۴۱ به‌ترتيب به ۱۶/۱۴ و ۱۵/۳۰ شد. شدت کاهش کارآيي مصرف فسفر با افزايش مقدار آن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کيلوگرم در هکتار بسيار قابل‌توجه بوده و تاحدود نصف (۱۱/۱۱) کاهش يافت (شکل ۳پ).

بنابراين، درمقايسه با نيتروژن، مصرف فسفر نيز گرچه از کارآيي‌فيزيولوژيك بالاتر(به‌طور متوسط ۱/۲۶۹ کيلوگرم بر کيلوگرم) برخوردار بود اما به‌واسطة پايين بودن کارآيي بازيافت ظاهري (۱۲/۹ درصد) درمجموع با مصرف هر کيلوگرم فسفر به‌طور متوسط حدود ۰/۳۶۵، ۰/۵۹۰ و ۰/۴۶۰کيلوگرم به‌ترتيب بر عملکرد خام، بذر قابل فروش و بذر استاندارد قادربه جوانه‌زني افزوده شد (شکل ۲). از ديگر نتايج اين مطالعه بالابودن کارآيي فيزيولوژيك فسفر (۱/۲۶۹ کيلوگرم بر کيلوگرم) در مقايسه با نيتروژن (۰/۲۲۵کيلوگرم بر کيلوگرم) بود (شکل ۳ الف). به‌عبارت ديگر، بوته‌هاي بذري چغندرقند به‌ازاي هر واحد فسفر جذب‌شده حدود ۵/۶۴ برابر بيشتراز جذب هر واحد نيتروژن بر زيست‌تودة خود مي‌افزايند. اين درحالي بود که کارآيي بازيافت ظاهري نيتروژن (به‌طور متوسط ۷۷/۳ درصد) حدود شش برابر فسفر (۱۲/۹) بود و بنابراين، علي‌رغم پايين بودن کارآيي فيزيولوژيك نيتروژن، در مجموع، کارآيي مصرف نيتروژن (۱۸/۶ کيلوگرم بر کيلوگرم) حدود ده‌درصد بيش‌از کارآيي مصرف فسفر (۱۶/۹ کيلوگرم بر کيلوگرم) شد (شکل ۲پ). Sauerbeck & Helal (1990) نيز اظهار داشتند که مصرف انواع کودها به‌دليل راندمان پايين مصرف عناصرغذايي توسط گياه راه‌حل مطمئني در افزايش بهره‌وري عناصر غذايي محسوب نمي‌شود. در کشورهاي توسعه‌يافته، ميزان عناصر غذايي موجود درخاك در مقايسه با کارآيي پايين مصرف آنها از اهميت کمتري برخوردار است. به‌عنوان مثال، نشان داده شده‌است که در کشورهاي اروپايي، تنها نصف نيتروژن مصرف‌شده و کمتر از اين مقدار فسفر موجود در خاك توسط گياه بازيافت مي‌شود. درخصوص کلية انواع کارآيي‌هاي موردبرآورد، بالاترين کارآيي با مصرف اولين‌واحد کود به‌دست آمده و افزايش بعدي مقدار مصرف کود، کارآيي کمتري به‌دنبال داشت (Fageria, 1991).

به‌منظور استفاده بهينه از نهاده‌ها و حفظ پتانسيل توليد اراضي و جلوگيري از هدررفتن سرمايه و در نهايت حفظ محيط‌زيست مصرف کودهاي شيميايي در زراعت چغندر بذري بايستي با دقت و درايت تمام انجام پذيرد. نتايج اين بررسي نشان داد مصرف کودهاي نيتروژن تا مقدار ۱۰۰ کيلوگرم خالص درهکتار موجب افزايش عملکرد خام بذر از ۱۸۸۲ کيلوگرم بر ۲۲۲۳ کيلوگرم شده است که با يافته هاي ساير محققان نظير Zarishnyak & Shiyan (1991a)، Ling et al. (1991) و Balan & Oglenko (1980) تطابق دارد. لذا مصرف ۱۰۰ کيلوگرم نيتروژن درهکتار مقرون به صرفه بوده و بيشتر از آن موجب افزايش چشمگير عملکردخام نمي‌شود و تأثير چنداني نيز در بذر قابل‌فروش و استاندارد ندارد. در واقع مي‌توان گفت يکصدکيلوگرم نيتروژن خالص در زراعت يک هکتار چغندر بذري نشان‌دهنده نقطه مارژينال مصرف نهاده کود نيتروژنه است. در مصرف کود فسفر نيز مشخص شد که در شرايط آزمايش حاضر، به‌واسطه عدم تأثير معني‌دار کاربرد اين عنصر در افزايش عملکردبذر و نيز کارآيي زراعي يا اقتصادي پايين آن در افزايش عملکرد بذر چغندرقند که مي‌تواند ناشي از بالا بودن ميزان موجودي فسفر در خاک محل اجراي آزمايش باشد، توصيه مصرف آن چندان منطقي به‌نظر نمي‌رسد. البته با توجه به نحوه واکنش کارآيي فيزيولوژيک به مصرف عناصر نيتروژن و

فسفر، مي‌توان چنين اذعان داشت كه كاربرد نيتروژن و فسفر بيش از ۱۰۰ كيلوگرم در هكتار موجب افزايش توليد اندام‌هاي هوايي گياه مي‌شود و تأثيري در افزايش كميت و كيفيت بذر توليدشده به‌دنبال نخواهد داشت. بنابراين، توصيه نهايي اين تحقيق اين است كه در هكتار زراعت چغندر بذري مصرف ۱۰۰ كيلوگرم نيتروژن درهكتار كافي بوده و بيشتر از اين مقادير موجب بالا رفتن هزينه‌هاي توليد و ساير تبعات زيست‌محيطي مي‌شود.

REFERENCES

1. Balan, V. N. & Oglenko, I. S. (1980). Role of nutrition in seed production of direct-sown sugar beet. *Sakharnaya Svekla*, 12, 32-33.
2. Cooke, G. W. (1987). Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints. *Journal of Plant Nutrition,* 10, 1357-1369.
3. Fageria, N.K. (1991) *Growth and mineral nutrition of field crops*. Mareel Decker, New York.
4. Graham, R. D. (1978). Nutrient efficiency objectives in cereal breeding, pp, 165-170. In: Proceedings of *8th International Plant Analysis and Fertiliser Problems*. Auckland
5. Hashemi Dezfuli, A. H. Koocheki, A. & Banaian Aval, M. (1995) Crops yield maximaising. *Mashad Jahad-e Daneshgahi*. (In Farsi).
6. Imami, A. (1996) *Plant analysis procedures* (Vol. 1). Soil and Water Research Institute, 982. (In Farsi)
7. Kharchenko, N. A. (1983). Application of superphosphate enriched with calcium borate to sugar beet stecklings. *Sakharnaya Svekla*, 11, 34-35.
8. Lejealle, F. (1986). Influence of production methods and nitrogen fertilizer on seed quality. In: Proceedings of *49th Winter Congress.* International Institute for Sugar Beet Research. pp. 101-120.
9. Ling, T. X., Tang, G. X., Cal, R. H. & Gu, H. F. (1991). Mathimatical model on high seed yield of sugarbeet and optimized combination of cultural measures. *China Sugar Beet*, 4, 8-14.
10. Longden, P. C. & Johnson, M. G. (1975). Irrigation the sugar beet seed crop in England. *Experimental Husbandry*, 29, 97-101.
11. Mazepin, K. G. & Udovidehenko, N. M. (1985). Fertilization of sugarbeet mother roots. *Sakharnaya Svekla*, 1, 35-36.
12. Motahari, A. (1991). Sugar beet seed quality control. *Suagr Beet,* 3(3), 12-20. (In Farsi).
13. Organishchuk, M. N. (1987). Fertilizer and sugarbeet seed quality. *Sakharnaya Svekla,* 9, 29-30.
14. Podlaski, S. (1987). The residual effect of growing conditions for sugarbeet on the yield and quality of seed. *Biuletyn Instytutu Hodowli Aklimatyzacji Roslin,* 162, 179-86.
15. Pospisil, M. & Mustapic, Z. (1999). Effect of stand density and nitrogen fertilization on the yield and quality of sugar beet seed. *Rostlinna Vyroba,* 45(7), 305-309.
16. Rastija, M., Kristek, A. & Rastija, D. (1998). Influence of nitrogen and boron fertilization on yield and quality of sugarbeet seed . *Poljoprivreda,* 4(2), 63-68 .
17. Sauerbeck, D. R. & Helal, H. M. (1990). Factors affecting the nutrient efficiency of plants. In*:* N. El Bassam, M. Dambroth & B.C. Loughman (Eds.), *Genetic aspects of plant mineral nutrition*, pp. 11-17.
18. Slavov, K. (1984). Effect of fertilizer application to sugar beet grown for seed production on seed quality. *Pochvoznanie Agrokhimiya*, 19(1), 45-53.
19. Zarishnyak, A. S. & Shiyan, P. N. (1991a). Effect of fertilizers on intensity of growth, nutrient uptake, yield and quality of seeds from non-planted (overwitered) seed plants of sugarbeet. *Agrokhimya,* 5, 71-8.
20. Zarishnyak, A. S. & Shiyan, P. N. (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. *Agrokhimya,* 6, 27-36.