مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۳، ۱۳۹۱ (۵۳۹-۵۲۹)

تأثیر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر بر میزان جذب و کارایی نیتروژن در چغندرقند

حمید نوشاد[۱]، محمد عبداللهیان نوقابی[۲*] و بابک بابایی[۱]
۱، مربی موسسه تحقیقات چغندرقند، ۲، دانشیار موسسه تحقیقات چغندرقند
(تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۸ – تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر بر کارایی مصرف و بیلان نیتروژن در چغندرقند رقم زرقان آزمایشی به صورت فاکتوریل (۳ × ۵) در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند واقع در کرج در یک خاک لومی در سال ۱۳۸۶ اجرا شد. پنج سطح نیتروژن شامل مقدارموجود درخاک (شاهد)، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره طی دو مرحله، ۵۰ درصد بعد از آب دوم و الباقی پس از مرحله تنک و وجین مصرف شد. سطوح کود فسفر شامل مقدارموجود درخاک (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار (از منبع سوپر فسفات تریپل) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر مقدار جذب نیتروژن توسط اندام هوایی و ریشه چغندرقند و همچنین کارایی میزان جذب نیتروژن کل گیاه معنی‌دار بود ولی کاربرد مقادیر مختلف کود فسفر و همچنین اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر کارایی و بیلان نیتروژن تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه چغندرقند معادل ۴۴۷ و ۲۵۰کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و تیمار شاهد بود. از کل نیتروژن جذب شده توسط چغندرقند، ۴۴٪ به اندام‌های هوایی و ۵۶٪ به ریشه اختصاص یافت. از لحاظ کارآیی استفاده از نیتروژن برای عملکرد شکر، بالاترین میزان کارائی در تیمار بدون مصرف کود (N_0P_0) با تولید حدود ۵۳ کیلوگرم شکر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده (۳۵٪ بیشتر از تیمار مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حاصل شد. میانگین کارآئی استفاده از نیتروژن نیز معادل ۴۰ کیلوگرم شکر به‌ازای یک کیلوگرم نیتروژن جذب شده توسط گیاه بود. به‌طورکلی، جهت اطمینان در دستیابی به پتانسیل واقعی تولید نیاز است برای هر تن محصول ریشه چغندرقند حدود ۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در نظر گرفته شود. بنابراین برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست و افزایش کارآیی کودهای نیتروژن، لازم است پس از تجزیه خاک و محاسبه مقدار موجودی نیتروژن و در نظرگرفتن عملکرد مورد انتظار، در صورت کمبود و ضرورت از طریق مصرف کود شیمیایی مقدار مورد نیاز را جبران نمود.

واژه‌های کلیدی: جذب نیتروژن، عملکرد شکر ، فسفر، کارآیی استفاده، کارآیی جذب

مقدمه

از آنجایی که ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته، مقدار ماده آلی خاک پایین است و بیشتر گیاهان دچار کمبود نیتروژن هستند. مهمترین راه تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان مصرف کودهای نیتروژنی می‌باشد. نتایج بررسی‌های متعدد نشان می-

* نویسنده مسئول: محمد عبداللهیان نوقابی تلفن: ۰۲۶-۳۲۷۰۹۰۲۹ E-mail: noghabi@sbsi.ir

دهد که درصد بازیافت نیتروژن پایین و بین ۲۷ تا ۳۳٪ است (Rezaei & Malakooti, 2003; Lotfollahi et al. 2004). اگرچه تمرکز کشاورزان در کشورهای توسعه یافته روی حداکثر محصول در واحد سطح می‌باشد، اما اخیراً به چرخه محیطی و مسایل زیست محیطی بویژه غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی کم عمق نیز توجه شده است. بنابراین افزایش کارایی نیتروژن با استفاده از ارقام با کارآیی بالا و کاهش مصرف نیتروژن، خطر آلودگی نیترات در منابع آب سطحی و زیر زمینی را به شدت کاهش می‌دهد که با مدیریت صحیح زراعی می توان بازیافت نیتروژن بالاتر از ۸۵٪ را انتظار داشت (Bryson, 2007& Allen). Lopez-bellido و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گیری کردند که کارایی مصرف نیتروژن در چغندرقند به مقدار نیتروژن قابل دسترس خاک، مقادیرکود نیتروژن مصرفی ومیزان آب قابل دسترس بستگی دارد.

مطالعات اخیر در بسیاری از کشورها به دانش جذب در چغندرقند کمک کرده است. طی تحقیقی در اتریش مشخص گردید که از کود نیتروژن مصرف شده، ۵۰ درصد آن توسط گیاه جذب، ۲۰ درصد در خاک باقی مانده و ۳۰ درصد از طریق دنیتریفیکاسیون یا شستشو از بین رفته است (Winner, 1993). تمامی کودی که به خاک اضافه می‌شود جذب گیاه نمی‌گردد، بلکه قسمت قابل توجهی از آن به طرق مختلف از دسترس گیاه خارج می شود. بخشی از کود داده شده از خاک شسته شده و وارد آب زهکش و سرانجام آبهای زیرزمینی می‌گردد و آن را آلوده می‌سازد (Gastal & Lemaire, 2002; Wang et al., 2002). بنابراین گیاه مقداری از نیاز خود را از طریق کود و قسمتی را از طریق نیتروژن باقیمانده در خاک (عمدتاً از پوسیدن بقایای گیاهی به اضافه مقداری از کودهای مصرف نشده زراعت قبلی) تأمین می‌نماید (Broeshart, 1983). مقدار کودی که قبلاً به چغندرقند داده شده تأثیر زیادی بر روی مقدار نیتروژن موجود در گیاه در زمان برداشت دارد. بدون هیچگونه کودی، گیاه ممکن است در زمین‌های فقیر و بدون ذخیره نیتروژن، مقدار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در زمین‌های حاصلخیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در خود نگه دارد. گزارشاتی موجود است که با مصرف بیش از حد کود و یا باقیمانده نیتروژن در خاک، گیاه بیش از ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن جذب خواهد نمود (Winner, 1993). در گزارش دیگری در ایالت میشیگان آمریکا (۱۹۸۵) برای تولید ۱۰ تن ریشه چغندقند ۲۰، ۲ و ۱۷ کیلوگرم درهکتار به‌ترتیب نیتروژن، فسفر (P_2O_5) و پتاس (K_2O) توسط برگها برداشت می‌شود (Buchner & Sturm, 1985). Buchner & Sturm (1985) گزارش کردند برای تولید ۱۰ تن ریشه بعلاوه اندام هوایی در حدود ۵۵-۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۲۰-۱۵ کیلوگرم P_2O_5 و ۱۰۰-۶۰ کیلوگرم K_2O نیاز است. در گزارش دیگر برای تولید همین مقدار ریشه بدون اندام هوایی حدود نصف این مقادیر نیاز است (Hills, 1982).

یکی از برنامه‌های کاربردی برای کاهش مصرف کود نیتروژن، تخمین باقیمانده نیتروژن آلی محصولات قبلی می‌باشد (Whitmore & Groot, 1997). در چغندرقند به ویژه اندام‌های هوایی، دارای مقدار زیادی نیتروژن هستند که می‌توان از آنها به عنوان منبع نیتروژن در خاک استفاده نمود (Moraghan & Smith, 1996). Vos & van der Putten (2000) گزارش کردند که ۴۷ درصد از کود نیتروژن در محصول چغندرقند در اندام هوایی آن ذخیره می‌شود و این مقدار در برگ بیشتر از ساقه می‌باشد. مقدار متوسط نیتروژن در اندام هوایی چغندرقند ۱۰۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم می‌باشد که در پاییز همراه با شخم در خاک مدفون می‌گردد و تا حدودی می‌توان نیاز غذایی محصولات بعدی را تأمین کرد (Buchner & Sturm, 1985; Vos & van der Putten, 2000). در تحقیق دیگری که توسط Olsson & Bramstorp (1994) انجام شد، نشان دادند اندام هوائی چغندرقند حاوی ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشند. طی آزمایشی در برومزبارن در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ که از صفر تا ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شد، محتوای نیتروژن محصول از ۹۸ تا ۳۲۳ کیلوگرم نیتروژن جذب کرده بودند. ولی تنها ۱۰ کیلو نیتروژن در هکتار در خاک باقی مانده بود (Malnou et al., 2003).

در زراعت چغندرقند، حدود نصف مقدار فسفر در ریشه و نصف دیگر در برگها است. در زراعت‌هایی که

برای مدت طولانی فسفر مصرف نشده باشد، مقدار جذب این عنصر ناچیز خواهد بود. به‌عنوان مثال می توان منطقه روتامستد انگلستان را نام برد که مقدار جذب P_2O_5 حدود ۵ کیلوگرم در هکتار و مقدار محصول نیز کم می‌باشد. برعکس در مزارع فعلی با کود کافی که محصول بیشتری تولید می نمایند، مقدار جذب می تواند تا ۱۰۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار افزایش یابد که رقم مناسب آن بین ۵۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۲۲ تا ۳۹ کیلوگرم فسفر خالص) می باشد (Winner, 1993). برخی محققین میزان بهینهٔ فسفر موجود در اندام هوایی و ریشه چغندرقند را به ترتیب ۰/۳۴ درصد و ۰/۱۵ درصد گزارش کردند (Drycott & Christenson, 2003). در کشورهای که کشت چغندرقند رایج است این عنصر برای سال‌های متمادی مصرف شده است. حتی در مناطق شمالی اروپا، فسفر با آب شسته نمی‌شوند و مقدار فسفر قابل جذب آن در حال افزایش است، علت این است که مقدار فسفر به خاک داده شده از مقدار جذب شده توسط گیاه بیشتر است. در بسیاری از آزمایش‌های اخیر به این نتیجه رسیده‌اند که واکنش چغندرقند به فسفر معمولاً ناچیز است (Winner, 1993). در محدودهٔ جذب P_2O_5 کمتر از ۵ کیلوگرم در هکتار و بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد چغندرقند کاهش می‌یابد. گزارش‌های زیادی حاکی از این است که ۸۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 برای حصول عملکرد بالا کافی است. Allison & Chapman (1995) معتقدند گیاه برای تولید ریشه به طور متوسط به جذب ۳۰ تا ۷۰ کیلوگرم P_2O_5 در هر هکتار در طول دوره رشد نیاز دارد. مقدار کود فسفر مورد نیاز برای تولید یک تن ریشه درسال ۱۹۷۰ از ۳/۳ به ۱/۱ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار در سال ۱۹۹۹ کاهش یافت (Draycoot & Martindale, 2000).

متأسفانه اکثر کشاورزان، به هنگام مصرف کودهای شیمیایی مقدار مصرف فسفر را همانند نیتروژن دانسته، حال آنکه نیاز فسفر گیاهان حدود یک‌دهم نیتروژن است (Malakooti & Homaei, 2004). معمولا اگر فسفر قابل جذب خاک از محدوده ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بیشتر باشد، کمبود فسفر در چغندرقند مشاهده نشده و به افزایش مصرف کودهای فسفاته واکنش نشان نمی‌دهد. پژوهش حاضر به‌منظور محاسبه نیاز چغندرقند به نیتروژن با عنایت به مقدار باقیمانده نیتروژن درخاک و عملکرد مورد انتظار به ازاء تولید هر واحد وزن ریشه و همچنین بررسی نقش مصرف توام نیتروژن و فسفر در بهبود کارایی این عنصر برای رقم متحمل به رایزومانیا انجام شده است.

مواد و روش ها

به منظور اجرای این تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۱۵ تیمار با چهار تکرار استفاده شد. سطوح مختلف کود نیتروژن شامل شاهد (مقدارموجود درخاک)، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتاراز منبع اوره تأمین و طی دو مرحله مصرف شد. سطوح مختلف کود فسفر شامل: شاهد (مقدار موجود درخاک)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم فسفردر هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل مورد استفاده قرارگرفت. این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند واقع در کمال‌شهر کرج، ضلع غربی جاده قزل الحصار طی سال ۱۳۸۶ انجام شد. طول جغرافیایی آن۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه و ۲۵ ثانیه شمالی و عرض جغرافیایی آن ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شرقی، و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۰۰ متر می باشد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه معادل ۲۴۳ میلی متر است. این منطقه با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک همراه با زمستان های سرد و مرطوب و تابستان های گرم و خشک جزء مناطق با رژیم رطوبتی خشک محسوب می-گردد.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط بطول ۱۰ متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود، بنابراین مساحت هر کرت حدود ۳۰ متر مربع در نظر گرفته شد. جهت کاشت چغندرقند از بذور رقم زرقان استفاده شد. این بذر نخستین رقم هیبرید منوژرم اصلاح شده ایرانی، تیپ نرمال متمایل به قندی (N-Z) و متحمل به بیماری ریزومانیا است. فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و در نهایت تراکم بوته حدود ۱۰۰ ۰۰۰ بوته در هکتار بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین

تکرارها ۵ متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای پروژه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه برداری انجام و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن اندازه گیری شد (جدول ۱). نیمی از کود نیتروژن بعد از آب دوم و نیمی دیگر بعد از انجام تنک و وجین در مرحله ۴-۲ برگی مصرف شد. جهت اعمال تیمارها، مقادیر کودی مورد نیاز هر کرت آزمایشی به‌صورت جداگانه توزین و اعمال شد و تمامی مقادیر کود فسفر قبل از کاشت بوسیله روتیواتور کاملا با خاک مخلوط شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماری ها مطابق با روش‌های معمول انجام شد. آبیاری پس از تبخیر حدود ۷۵ تا ۸۵ میلی‌متر از سطح طشتک تبخیر کلاس A هر هفت الی ده روز یک‌بار به روش نشتی و با سیفون انجام شد.

هنگام برداشت محصول ریشه‌های موجود در قسمت وسط هر کرت از سطحی معادل هشت مترمربع (چهار ردیف وسط هریک به طول ۴ متر) به عنوان معیار کرت برداشت شدند و پس از توزین و شستشو توسط دستگاه اتوماتیک "ونما" نمونه تصادفی خمیر از مجموع ریشه‌ها تهیه و برای تجزیه‌های کیفی و تعیین صفات درصد قند (SC)، نیتروژن مضره (a-amino-N)، املاح سدیم (Na) و پتاسیم (K) به آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند ارسال گردید. عملکرد ریشه (RY)، عملکرد شکر (SY) و عملکرد شکر سفید یا خالص (WSY) با استفاده از روش‌های استاندارد و متداول تعیین گردید (Abdollahian-Noghabi et al., 2005). وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، مقدار نیتروژن کل در اندام هوایی و ریشه چغندرقند نیز طبق روش‌های متداول تعیین گردید (Ehyaei & Behbahanizadeh, 1993; Emami, 1996).

برای اندازه گیری جذب نیتروژن در چغندرقند از روش Wiesler et al. (2001) و Zhao et al. (2006) استفاده شد.

کارآیی جذب نیتروژن (UPE)[1] میزان توانایی گیاه برای جذب نیتروژن خاک را بیان می‌کند. به عبارت دیگر مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه (مجموع ریشه و اندام هوایی) از واحد نیتروژن مصرفی است که طبق رابطه ۱ محاسبه گردید (Lopez-Bellido et al., 2005).

رابطه ۱)

$$UPE = \frac{Nt}{Nf}$$

در این رابطه:

UPE: کارآیی جذب نیتروژن ($Kg\ Kg^{-1}$)

Nt: کل نیتروژن جذب شده توسط ریشه (برای کارایی جذب ریشه) یا اندام هوایی (برای کارایی جذب اندام هوایی) که از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن در وزن خشک هر اندام جداگانه محاسبه شد (Kg).

Nf: مجموع کود نیتروژن مصرفی و نیتروژن معدنی موجود در خاک (Kg) می‌باشد.

کارآیی استفاده از نیتروژن[2] (UTE) عبارت است از نسبت ریشه یا شکر تولید شده به کل نیتروژن جذب شده بوسیله گیاه که از رابطه ۲ محاسبه شد (Lopez-Bellido et al., 2005):

رابطه ۲)

$$UTE = \frac{Wg}{Nt}$$

در این رابطه:

UTE: کارآیی استفاده از نیتروژن ($Kg\ Kg^{-1}$)

Wg: وزن محصول (ریشه یا شکر) و Nt کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه چغندرقند (Kg) می‌باشد.

در نهایت کارایی مصرف نیتروژن[3] (NUE) از حاصل‌ضرب کارایی جذب نیتروژن (UPE) در کارایی استفاده نیتروژن (UTE) طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (Lopez-Bellido et al., 2005).

رابطه ۳) $$NUE = UPE \times UTE$$

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار

1. Nitrogen Uptake Efficiency

2. Nitrogen Utilization Efficiency

3- Nitrogen Use Efficiency

گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

EC (dS/m)	pH	درصد کربن آلی	درصد اشباع	کلاس بافتی	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس
۰/۶۰	۷/۸	۰/۸۵	۴۴/۲	لومی	۳۵/۰	۴۱/۰	۲۴/۰
	Mg (meq/lit)	Ca (meq/lit)	Na (me/lit)	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	$NH4^+$ (mg/Kg)	$NO3^-$ (mg/Kg)
	۱/۵	۱/۹	۰/۷۶	۵۴۸/۰	۱۱/۰	۹/۰	۱۴/۰

نتایج و بحث

عملکرد ریشه (RY)[1]

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی تاثیر سطوح کود نیتروژن برای عملکرد ریشه معنی دار بود ($P<0.01$). مقایسه میانگین تیمارهای کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان تولید ریشه مربوط به تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با میانگین تولید ۸۵/۸۹ تن در هکتار با سایر تیمارها (به جز تیمار شاهد با میانگین تولید ۷۲/۸۵ تن در هکتار) از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴).

بررسی روند تغییرات واکنش گیاه به مقادیر مختلف کود نیتروژن حاکی از آن می‌باشد که با عنایت به شرایط نسبتا مناسب مزرعه آزمایشی (جدول ۱) از جمله میزان نیتروژن معدنی خاک (مجموع نیترات و آمونیوم) در زمان کاشت که حدود ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک ، و میزان مواد آلی خاک که حدود ۱/۷ درصد (معادل ۰/۸۵ درصد کربن آلی) و همچنین بافت مطلوب لومی، نیتروژن مورد نیاز در طول دوره رشد جهت دستیابی به عملکرد مناسب مهیا بوده‌است. وجود این شرایط باعث شده که چغندرقند به مصرف کود تا مقدار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار واکنش معنی‌داری نشان دهد و عملکرد ریشه نسبت به تیمار شاهد حدود ۹ تن در هکتار افزایش یافت (جدول ۴). ولی با کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن، گیاه واکنش معنی‌داری به مصرف آن نشان نداد. به‌طوری‌که با افزایش نیتروژن تا سطوح ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد ریشه چغندرقند به ترتیب معادل ۸۵/۸۹، ۸۱/۳۴ و ۸۵/۴۵ تن در هکتار و از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴). نتایج بدست آمده از این آزمایش با نتایج Ebrahimian et al. (1999)، Leilah et al. (2005) و Wiesler et al. (2001) مطابقت دارد.

ضمنا با توجه به عدم تاثیر معنی‌دار کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر عیار چغندرقند ($P>0.76$)، در نتیجه تغییرات عملکرد شکر (که حاصل ضرب عملکرد ریشه در عیار چغندرقند است؛ Abdollahian-Noghabi et al. (2005)) تحت تاثیر سطوح نیتروژن نیز روندی مشابه با عملکرد ریشه داشت که از ارائه نتایج صرف نظر گردید.

جذب نیتروژن در گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مختلف نیتروژن، بر مقدار نیتروژن جذب شده توسط قسمت‌های مختلف، و در کل گیاه چغندرقند به‌طور معنی‌داری ($P<0.001$) تاثیر گذاشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین مقدار نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه چغندرقند مربوط به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و معادل ۴۴۷ کیلو گرم در هکتار می‌باشد. میانگین نیتروژن بدست آمده از این تیمار با میانگین‌های بدست آمده از دو تیمار ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در یک کلاس

1. Root yield

آماری قرار گرفت (جدول ۳). کمترین مقدار نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه چغندرقند مربوط به تیمار شاهد و معادل ۲۵۰/۱ کیلو گرم در هکتار بود. میانگین نیتروژن بدست آمده از این تیمار با میانگین بدست آمده از تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در یک کلاس آماری قرار گرفت (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد که، مقدار نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه چغندرقند در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار ۷۸٪ بیشتر از تیمار شاهد است. با توجه به مقدار نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه چغندرقند در تیمار شاهد می‌توان گفت که خاکی با چنین مشخصات (جدول-۱) توانسته ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای رشد این گیاه را مهیا کند. نتایج بدست آمده با گزارش Fathollah Taleghani (1998) مطابقت نداشت، که علت این امر را می‌توان به تفاوت در مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و احتمالا در توانایی رقم زرقان در جذب این عنصر از خاک دانست. پس می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس موجودی خاک و پتانسیل منطقه، رقم زرقان برای تولید هر تن ریشه نیاز به جذب حدود ۵ کیلوگرم نیتروژن توسط ریشه و اندام هوایی دارد. تحقیق دیگری برای تولید یک تن ریشه ۵ کیلوگرم نیتروژن خالص را برآورد کرده است (Eckhoff, 1997). با افزایش نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار میزان جذب نیتروژن در کل گیاه حدود ۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بطور معنی داری افزایش یافت ولی در تیمار ۱۲۰ میزان جذب نیتروژن در کل گیاه نسبت به شاهد حدود ۲۶ درصد افزایش داشت که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با افزایش مقادیر نیتروژن میزان جذب نیتروژن در کل گیاه در تیمار ۲۰۰ نسبت به ۱۶۰ حدود ۲۰ درصد و در تیمار ۲۴۰ نسبت به ۲۰۰ حدود ۸ درصد افزایش نشان داد که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در مجموع با افزایش معنی‌دار میانگین عملکرد ریشه و شکر خالص در تیمار ۱۲۰ نسبت به تیمار شاهد بر اساس شرایط این خاک می‌توان مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص را توصیه نمود (جدول ۴). بعلت تفاوت در میزان جذب توسط رقم‌های مختلف چغندرقند و اختلاف در میزان تولید اندام هوایی، وهمچنین با احتساب سهم قسمت سر و طوقه با غلظت نیتروژن حدود یک درصد در ماده خشک که حدود ۴ درصد وزن تر کل ریشه بود و به‌صورت ضایعات دور ریخته شده-است.

به‌طور کلی، جهت اطمینان در دستیابی به پتانسیل واقعی تولید (حدود ۸۵ تن ریشه در هکتار) توصیه می-شود جهت تولید هر تن ریشه چغندرقند حدود ۵ کیلوگرم نیتروژن خالص مد نظر قرار گیرد. لذا پس از تجزیه خاک و محاسبه مقدار موجودی و در نظر گرفتن کارایی مصرف در صورت نیاز به مقدار بیشتر از طریق مصرف کود شیمیایی تامین می‌گردد. به هر صورت نتایج این آزمایش نشان داد که علیرغم مصرف زیاد نیتروژن، گیاه توانایی استخراج بیشتر نیتروژن از خاک را نداشت. مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه چغندرقند برای تولید محصول مناسب علیرغم عدم استفاده از مقادیر زیاد کود حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برآورد شده است (Draycott, 2006). بدیهی است که مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن باعث کاهش واکنش گیاه به جذب نیتروژن و راندمان مصرف می‌شود. نتایج برخی تحقیقات قبلی نیز موید این مطلب است (Fathollah Taleghani, 1998). نتایج تحقیق دیگری در خصوص بهبود مصرف نیتروژن در شرایط اقلیمی ایران نشان داد که چنانچه میزان نیترات عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در هنگام تنک و وجین مزرعه چغندرقند (حدود ۴۰-۳۰ روز پس از کاشت) معادل ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، برای تولید ریشه حدود ۸۵ تن در هکتار نیاز به مصرف کود نیتروژن نمی‌باشد (Noshad & Niromand Jahromi, 2010). نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد (جدول ۲) اثر مقادیر متفاوت مصرف فسفر تأثیر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن جذب شده توسط چغندرقند نداشت. ضمناً نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان داد (جدول ۲) اثر متقابل مقادیر نیتروژن و فسفر نیز برای صفت نیتروژن جذب شده معنی‌دار نشد.

در مجموع رقم زرقان از میزان نیتروژن جذب شده حدود ۴۵٪ آن را به ریشه‌ها اختصاص داده است (جدول ۳). از طرفی مقدار نیتروژن تخصیص یافته به اندام‌های مختلف چغندرقند تحت تأثیر شرایط محیطی، رقم گیاه،

تاریخ کاشت، مدیریت مصرف کود تغییر می‌یابد. در این تحقیق مصرف مقادیر مختلف کود فسفر بر متوسط عملکرد ریشه، عملکرد شکر خالص، کارآئی جذب نیتروژن، کارآئی استفاده از نیتروژن در تولید شکر و کارآئی مصرف نیتروژن در تولید شکر تاثیر قابل ملاحظه‌ای نداشت (جدول ۵). بنابراین در شرایط این آزمایش در خاکی با بافت لومی، درصد کربن آلی حدود ۰/۸۵ و میزان فسفر قابل جذب حدود ۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک توانایی تامین این عنصر را برای تولید مناسب ریشه چغندرقند دارا می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در چغندرقند

صفت‌ها / منابع تغییر	df	عملکرد ریشه	عملکرد شکر خالص	درصد نیتروژن ریشه	مقدار جذب نیتروژن ریشه	درصد نیتروژن اندام هوایی	مقدار جذب نیتروژن اندام هوایی	مقدار جذب نیتروژن کل
تکرار (Rep)	۳	۳۸۶/۸ *	۷/۵۵ *	۰/۰۲۳ ns	۳۵۲۶/۳ ns	۰/۱۵۵ ns	۱۲۰۶۸/۱ ns	۴۵۴۸/۷ ns
نیتروژن (N)	۴	۳۲۹/۷۷ *	۴/۴۸ ns	۰/۹۲۸ **	۳۵۲۶/۳ ns	۷/۳۵ **	۵۷۷۰۳/۰**	۷۹۸۲۱/۶**
فسفر (P)	۲	۹۶/۵۶ ns	۰/۳۰۴ ns	۰/۰۱۲	۹۰۷/۱ ns	۰/۱۰۲ ns	۷۴۴/۷ ns	۲۱۰۸/۴ ns
اثر متقابل (N×P)	۸	۱۲۶/۳ ns	۲/۳۴ ns	۰/۰۲۰ ns	۳۲۳۷/۳ ns	۰/۰۶۸ ns	۲۸۶۳/۴ ns	۵۷۹۱/۳ ns
خطا (Error)	۴۲	۹۳/۹۳	۱/۸۳	۰/۰۱۴	۴۹۱۹/۹	۰/۰۴۹	۴۲۶۶/۳	۱۰۰۲۰/۸
ضریب تغییرات	(٪)	۱۱/۸۹	۱۲/۵۱	۱۴/۸۶	۴۳/۱۶	۸/۵۷	۳۱/۹۵	۲۷/۵۴

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داربودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کود نیتروژن برای مقادیر جذب نیتروژن در اندام های مختلف چغندرقند

مقادیر کود نیتروژن (kg/ha)	نیتروژن کل ریشه چغندرقند		نیتروژن کل اندام هوایی چغندرقند		جذب نیتروژن کل در مجموع اندام هوایی و ریشه (kg/ha)
	غلظت در وزن خشک (٪)	مقدار جذب (kg/ha)	غلظت در وزن خشک (٪)	مقدار جذب (kg/ha)	
۰	۰/۴۴۸۳ c	۱۵۱/۸ a	۱/۳۶ d	۹۸/۲۵ c	۲۵۰/۱ c
۱۲۰	۰/۵۷۵۰ c	۱۴۶ a	۲/۲۷ c	۱۸۴/۶ b	۳۱۴/۰ bc
۱۶۰	۰/۸۹۱۷ b	۱۶۸/۶ a	۲/۷۳ b	۲۱۰/۳ ab	۳۷۸/۹ ab
۲۰۰	۰/۹۱۸۳ b	۱۷۶/۳ a	۳/۱۷ a	۲۵۱/۸ ab	۴۲۷/۴ ab
۲۴۰	۱/۱۳۶ a	۱۶۹/۹ a	۳/۳۳ a	۲۷۷/۱ a	۴۴۷/۰ a
میانگین	۰/۷۹۳۸	۱۶۲/۵۲	۲/۵۷	۲۰۴/۴۱	۳۶۳/۴۸
EMS (dfe 42)	۰/۰۱۴	۴۹۱۹/۹	۰/۰۴۹	۴۲۶۶/۳	۱۰۰۲۰/۸

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

عملکرد شکر خالص

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد شکر خالص در سطح ۶٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان تولید شکر خالص مربوط به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با میانگین تولید ۱۱/۳ تن در هکتار با تیمار ۱۲۰ و ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در یک گروه قرار داشتند و تیمار عدم مصرف کود نیتروژن با میانگین تولید ۹/۸۸ تن در هکتار حداقل تولید شکر را به خود اختصاص داد که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴). بر اساس نتایج تجزیه

واریانس، اثر اصلی مقادیر مختلف فسفر و همچنین اثر متقابل مقادیر نیتروژن و فسفر نیز برای صفت عملکرد شکر خالص معنی‌دار نشد (جدول ۲).

کارآئی جذب نیتروژن (UPE)[1]

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمایش، کارآئی جذب نیتروژن در سطوح مختلف مصرف نیتروژن معنی‌دار نبود (P>0.7). همچنین نتایج نشان داد، کارآیی جذب نیتروژن در سطوح مختلف مصرف فسفر نیز غیر معنی‌دار می‌باشد (P>0.95). ضمناً اثر متقابل مقادیر نیتروژن و فسفر نیز برای صفت کارآیی جذب نیتروژن معنی‌دار نشد (P>0.75). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد کارآیی جذب نیتروژن تحت تاثیر مقادیر مختلف کود فسفر قرار نگرفت (جدول ۵). احتمالا عدم معنی‌دار شدن صفات مورد بررسی ناشی از ثابت بودن موجودی اولیه نیتروژن خاک در تمام کرت‌ها بوده است که با افزایش کود نیتروژن به خاک میزان جذب نیتروژن توسط اندام هوایی و همچنین غلظت نیتروژن جذب شده در ماده خشک افزایش یافته است (جدول ۳). به عبارتی می‌توان بیان کرد که نسبت صورت و مخرج کسر با افزایش و کاهش نیتروژن مصرفی تا حدودی به یک نسبت تغییر یافته و در نهایت تغییرات در نتیجه کسر تفاوت چندانی نداشته و معنی‌دار نشده است.

کارآئی استفاده از نیتروژن در تولید شکر (UTE $_{SY}$)[2]

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار (P<0.007) بین تیمارهای کود نیتروژن می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای کود نیتروژن نشان داد که بیشترین کارآئی استفاده از نیتروژن در تیمار شاهد به مقدار حدود ۵۲ کیلوگرم با تیمارهای مصرف ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن به مقدار حدود ۴۳ و ۳۸ کیلوگرم در یک گروه قرار گرفته است و سپس کمترین کارآیی استفاده از نیتروژن از تیمارهای مصرف ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تولید حدود ۳۱ و ۳۴ کیلوگرم شکر بازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده در گروهی جداگانه جای دارند (جدول ۴). سطوح مختلف کود فسفر بر میانگین کارآیی استفاده از نیتروژن در تولید شکر تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن (جدول ۴) نشان می‌دهد که کارآئی استفاده از نیتروژن در تولید شکر با افزایش در مصرف کود کاهش یافته است. به‌طوری‌که کارآئی استفاده از نیتروژن در تیمار شاهد ۳۵٪ بیشتر از تیمار مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به طوری که میانگین مقدار کارآئی استفاده از نیتروژن معادل ۴۰ کیلوگرم شکر بازاء یک کیلوگرم نیتروژن جذب شده توسط گیاه است. کارآئی استفاده از نیتروژن برخلاف کارآئی جذب نیتروژن به عوامل داخلی گیاه بستگی داشته که این مطلب با گزارشات قبلی مطابقت دارد (Fathollah Taleghani, 1998 , Fan et al., 2004;). بدین ترتیب بجای استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژن در زراعت چغندرقند باید به‌دنبال راه‌هایی جهت افزایش کارآئی جذب نیتروژن بود. تا بدین طریق با مصرف کمتر کود نیتروژن مقادیر مناسب نیتروژن جذب گیاه شود. باتوجه به این که در این تحقیق مشخص گردید که جهت تولید هر تن ریشه حدود ۵ کیلوگرم نیتروژن خالص مورد نیاز است، بنابراین بایستی مدیریت صحیح استفاده از این کود را به‌منظور افزایش کارایی آن بکار گرفت که می‌توان به این روش‌ها اشاره کرد. یکی از روش‌های افزایش کارایی استفاده از نیتروژن مصرف بر اساس نتایج تجزیه خاک و در نظر گرفتن موجودی خاک (نیترات و آمونیوم)، میزان مواد آلی، تقسیط بهینه نیتروژن با توجه به بافت و درصد ماده آلی خاک، پرهیز از مصرف پیش کشت کود نیتروژن و استفاده در دوره کاشت (پس از آب دوم و در زمان تنک و وجین)، استفاده از روش کودکاری به‌جای پخش سطحی، و در صورت امکان توسط سیستم آبیاری (کود آبیاری) وتقسیط ۲ تا ۳ بار انجام شود.

کارآئی مصرف نیتروژن (NUE $_{SY}$)[3]

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارآئی مصرف نیتروژن در سطوح مختلف مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (P<0.00). جدول مقایسه میانگین(جدول ۴)

1. Nitrogen uptake efficiency
2. Nitrogen utilization efficiency $_{SY}$
3 *Nitrogen use efficiency*$_{SY}$

تیمارهای آزمایش حاکی از آن است که با مصرف هر چه بیشتر کود مقدار کارآئی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کود نیتروژن برای صفت‌های عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند خالص(WSY)، کارآئی جذب نیتروژن (UPE)، کارآئی استفاده از نیتروژن در تولید شکر (UTE_{SY})و کارآئی مصرف نیتروژن در تولید شکر(NUE_{SY}) در چغندرقند.

کاربرد کود نیتروژن (kg/ha)	RY (t/ha)	WSY (t/ha)	UPE	UTE_{SY}	NUE_{SY}
۰	۷۲/۸۵ b	۹/۸۸ b	۰/۸ a	۵۲/۸۱ a	۳۸/۸ a
۱۲۰	۸۱/۹۵ a	۱۱/۱۳ a	۰/۷۶ a	۴۳/۳۲ ab	۳۱/۴۸ b
۱۶۰	۸۵/۸۹ a	۱۱/۲۷ a	۰/۸ a	۳۸/۹۲ ab	۲۹/۶۴ bc
۲۰۰	۸۱/۳۴ a	۱۰/۵۱ ab	۰/۸۳ a	۳۱/۲۸ b	۲۵/۴۳ c
۲۴۰	۸۵/۴۵ a	۱۱/۳۰ a	۰/۸۱ a	۳۴/۴۹ b	۲۵/۴۶ c
میانگین (Mean)	۸۱/۴۹	۱۰/۸۱	۰/۸	۴۰/۱۶	۳۰/۱۶
EMS (dfe 42)	۲۱۶/۵۲	۱/۸۳	۰/۰۴۷	۲۱۱/۸	۱۵/۳۶

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

بدین ترتیب تیمار شاهد با توان تولید حدود ۳۹ کیلوگرم شکر بازای یک کیلوگرم نیتروژن قابل دسترس در خاک در گروهی جداگانه از نظر آماری قرار گرفته است. و سپس تیمارهای مصرف ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن با کارآئی مصرف نیتروژن حدود ۳۱ و ۲۹ در گروهی جداگانه و تیمارهای مصرف ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و با حدود ۲۵ کیلوگرم شکر بازای یک کیلوگرم نیتروژن موجود در خاک در یک گروه مشترک طبقه بندی شده‌اند، که با گزارشات منتشر شده توسط فن و همکاران (Fan et al., 2004) مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کود فسفر برای صفت‌های عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند خالص(WSY)، کارآئی جذب نیتروژن (UPE)، کارآئی استفاده از نیتروژن در تولید شکر (UTE_{SY})و کارآئی مصرف نیتروژن در تولید شکر(NUE_{SY}) در چغندرقند.

کاربرد کود فسفر (kg/ha)	RY (t/ha)	WSY (t/ha)	UPE	UTE_{SY}	NUE_{SY}
۰	۷۸/۹۷ a	۱۰/۶۸ a	۰/۷۷a	۴۲/۴۹ a	۲۹/۶۶ a
۵۰	۸۲/۹۴ a	۱۰/۸۹ a	۰/۸۲ a	۳۹/۳۱ a	۳۰/۲۲ a
۱۰۰	۸۲/۵۸ a	۱۰/۸۹ a	۰/۸۲ a	۳۸/۷۰ a	۳۰/۶۰ a
میانگین (Mean)	۸۱/۴۹	۱۰/۸۲	۰/۸	۴۰/۱۶	۳۰/۱۶
EMS (dfe 42)	۲۱۶/۵۲	۱/۸۳	۰/۰۴۷	۲۱۱/۸	۱۵/۳۶

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

کارآئی مصرف نیتروژن **در** تیمار شاهد حدود ۱۹٪ نسبت به تیمار ۱۲۰ و حدود۲۴٪ نسبت به تیمار ۱۶۰ و حدود ۳۶٪ نسبت به دو تیمار ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن بیشتر بود. اثر مقادیر متفاوت فسفر بر کارآئی مصرف نیتروژن، حاکی از غیر معنی‌دار بودن تیمار مذبور می‌باشد ($P>0.74$). همچنین اثر متقابل مقادیر نیتروژن و فسفر نیز بر کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار نشد ($P>0.54$). سطوح مختلف کود فسفر بر میانگین کارآیی مصرف نیتروژن در تولید شکر تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). همانگونه که بیان شده کارآئی

مصرف نیتروژن (NUE_{SY}) از حاصل‌ضرب کارآیی جذب نیتروژن (UPE) در کارآیی استفاده از نیتروژن (UTE) بدست می‌آید. تجزیه آماری نشان داد که تغییرات کارآیی جذب نیتروژن (UPE) تحت تاثیر مقادیر کود نیتروژن قرار نگرفت. بنابراین معنی‌دار شدن کارآئی مصرف نیتروژن (NUE_{SY}) بیشتر مربوط به تغییرات در کارآیی استفاده از نیتروژن (UTE) می‌باشد. طبق برخی گزارشات با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد (Drycott & Christenson, 2003). لازم به بیان است که مقدار و زمان شروع کاهش نسبت به افزایش نیتروژن مصرفی، بستگی به مقدار نیتروژن اولیه موجود در خاک دارد. به‌طوری که هر چه مقدار نیتروژن اولیه در خاک بیشتر باشد کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر پایین‌تر تیمارهای کودی کاهش می‌یابد و بالعکس هرچه مقدار نیتروژن اولیه در خاک کمتر باشد کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالاتر تیمارهای کودی آغازمی‌شود (Lopez-Bellido et al., 2005). در زراعت چغندرقند افزایش بیش از حد نیتروژن باعث افزایش رشد اندام هوایی از طریق تولید برگ بیشتر و درنتیجه افزایش سهم طوقه و مقدار ناخالصی-های موجود در ریشه و نهایتا باعث کاهش عملکرد شکر قابل استحصال در واحد سطح می‌شود.

REFERENCES

1. Abdollahian-Noghabi, M., Shaikholeslami, R. & Babaei, B. (2005). Technical terms of sugar beet yield and quality. *Sugar beet J*, 21(1), 101-104. (In Farsi).
2. Allen, V. B., & Bryson, G. M. (2007). Essential Elements-Macronutrients. II. Nitrogen. P. 21-51. In Allen, V. B., and J. P. David(ed.) *Hand book of Plant Nutrition*. CRC Press, Baca Raton, London, New York.
3. Allison, M. F. & Chapman, J. (1995). Role of phosphate in beet crop nutrition. *British Sugar Beet Review* 63 (4), 12-14.
4. Broeshart, H. (1983). *15N tracer techniques for the determiniation of activer root distribution and nitrogen uptake by sugar beet*. Proceedings of the IIRB Congress. pp, 121-124.
5. Borowiec, S., Zablocki, A., Welte, E. & Szablcs, I. (1989). The effect of cultivated plants on nitrate – nitrogen concention in drainage water. Protection of water quality from harmful emissions with special regard to nitrate and heavy metals. Proceeding of the *5th international symposium of CIEC*,259-262.
6. Buchner, A. & Sturm, H. (1985). *Gezielter duengen*. DLG-Verlag, Frankfurt/M., Germany.
7. Draycoot, P. A. & Martindale, W. (2000). *Phosphate its origin and role for sugar beet*. British Sugar Beet Review 68, 5-10.
8. Draycoot, A. P. & Christenson, D. R. (2003). *Nutrients for sugar beet production: Soil-plant relationships*. CABI Publishing, Wallingford.
9. Draycott, A. P. (2006). *Sugar beet*. First edition. Black Well Publishing. 474p.
10. Ebrahimian, H. R., Khodadady H. & Jahadakbar, M. R. (1999). Determination of the optimum N, P and K fertilizers for sugar beet in Shahrekoed. *Sugar beet J*, 14(1&2) 87-101. (In Farsi).
11. Echhoff, J. L. A. (1997). *Nitrogen and harvest date interactions in Sugar beets*. Estern agricultural research center Sidney, Mt Montana State University.
12. Ehyaei, M. & Behbahanizadeh, A. A. (1993). *The methods of soil chemical analysis*. Bulletin of Soil and Water Research Institute. No. 893. (In Farsi).
13. Emami, A. (1996). *The methods of plant analysis*. Bulletin of Soil and Water Research Institute. No. 982. (In Farsi).
14. Fan, X., Li, F., Lin, F. & Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25: 853-865.
15. Fathollah Taleghani, D. (1998). *Study of water and nitrogen use efficiency, pattern and plant density of sugar beet*. Ph. D. dissertation, Azad University, Science and Research Branch, Tehran. (In Farsi).
16. Gastal, F. & Lemaire, G. (2002). N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot*. 53, 789–799.
17. Hills, F. J. (1982). *Sugar beet Fertilization*. Univ. of California, Cooperative Extension Bull.1891, USA.
18. Koocheki, A. & Zand, E. (1996). *Agriculture from ecology point of view*. Jahad-e-Daneshgahi Mashad Press. 228 pp. (In Farsi).
19. Leilah, A. A., Badawi, M. A., Said, E. M. Ghonema, M. H. & Abdou, M. A. E. (2005). Effect of planting dates, plant population and nitrogen fertilization on sugar beet productivity under the newly reclaimed sandy soils in Egypt. *Scientific Journal of King Fasial University (Basic and Applied Sciences*). 6(1), 14-26.

20. Lotfollahi, M. M., Malakooti, M. J. & Saffari, H. (2004). *New methods of wheat nutrition: Increasing nitrogen efficiency in sandy soil by using urea with sulphore coated*. (pp. 751-759). Sana Press, Tehran. (In Farsi).
21. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J. & Redondo. R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*, 94, 86-97.
22. Malnou, C. Jaggard, K.W. Sparkes, D. (2003). *Nitrogen usage by the sugar beet crop: the production of a canopy*. British Sugar Beet Review 71, 8-11.
23. Malakooti, M. J. & Homaei, M. (2004). *Soil fertility in arid and semi-arid regions "Problems and resolves*". Tarbiat Modarres University Press. 482 pp. (In Farsi).
24. Moraghan, J. T. & Smith, L. J. (1996). Nitrogen in sugar beet tops and the growth of a subsequent wheat crop. *Agron. J.* 88, 521–526.
25. Noshad, H. & Niromand Jahromi M. (2010). *Improvement of nitrogen fertilizer application by using soil analysis for nitrate and ammonium content and the position of soil sampling in sugar beet*. Final report of Sugar Beet Seed Institute. (In Farsi).
26. Olsson, R. & Bramstorp, A. (1994)_. Fate of nitrogen from sugar- beet tops. In proceedings of the *57th winter congress of the International Institute for Beet Research*, 16- 17 February, 189-212.
27. Rezaei, H. & Malakooti, M. J. (2003). The methods of increasing nitrogen efficiency and reducing nitrogen losses. In: *The principal of maize nutrition*. (pp. 39-49). Sana Press. (In Farsi).
28. Vos, J., & van der Putten, P.E.L. (2000). Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops I. Input and off-take of nitrogen, phosphorus and potassium. *Nutrient Cycling Agroecosyst*. 56, 87–97.
29. Wang, Z. H., Zong, Z. Q., Li, S. X. & Chen, B. M. (2002). Nitrate accumulation in vegetables and its residual in vegetable fields. *Environ. Sci*. 23, 79–83.
30. Whitmore, A. P. & Groot, J. J. R. (1997). The decomposition of sugar beet residues: mineralization versus immobilization in contrasting soil types. *Plant Soil* 192, 237–247.
31. Wiesler, F., Bauer, M., Kamh, M., Engels, T. & Reusch, S. (2001). T*he crop as indicator for side dress in nitrogen demand in sugar beet production – limitations and perspectives*. Institute of plant nutrition, pp: 93-99.
32. Winner, C. (1993). History of the crop. In D. A. Cooke & R. k. Scott (Eds.), *The sugar beet crop: Science to practice* (pp.1-35). Chapman & Hall Publication.
33. Zhao, R. F., Chen, X. P., Zhang, F. S., Zhang, H. L., Schroder, J. & Romheld, V. (2006). Fertilization and nitrogen balance in a wheat–maize rotation system in North China. *Agron. J*. 98, 938–945.