

تعیین کارایی و بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن در زراعت نیشکر

چکیده

بهبود کارایی بازیافت نیتروژن (NRE) و کارایی زراعی نیتروژن (NAE) از عوامل اصلی کشاورزی پایدار بوده و از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی بسیار حائز اهمیت می‌باشند. به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و تقسیط آن بر عملکرد کمی و کیفی و نیز کارایی آن در گیاه نیشکر، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی مزرعه‌ای در مزارع کشت جدید نیشکر با رقم CP69-1062 در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی^(ره) شهرستان شوشتر انجام شد. فاکتور اصلی پنج سطح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود که در دو سطح سه و چهار قسط (سطوح فرعی) و در سه تکرار اعمال شد. اولین قسط نیتروژن در ۲۰ فروردین ماه به کار برده شد و برای تیمار سه قسط به فواصل هر ۴۵ روز یکبار و برای تیمار چهار قسط به فواصل هر ۳۰ روز یکبار، کود نیتروژن دار با آب آبیاری مخلوط و مصرف گردید. پایان زمان کوددهی برای همه تیمارها ۲۰ تیرماه بود. نتایج نشان داد که سطوح کودی مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از نظر کارایی بازیافت، کارایی زراعی و بهره‌وری جزیی نیتروژن نشان دادند و با افزایش مصرف نیتروژن، این شاخص‌ها کاهش پیدا کردند. مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۱۳۴ تن ساقه نیشکر در هکتار و ۱۴/۵۳ تن شکر در هکتار، بهترین تیمار از نظر عملکرد بود. کارایی بازیافت نیتروژن در این تیمار نسبتاً مناسب و حدود ۵۷ درصد بود و کارایی زراعی نیتروژن ۳۸۵/۸ کیلوگرم ساقه و ۴۰/۳۷ کیلوگرم شکر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود. میزان بهره‌وری جزیی نیتروژن در این تیمار ۸۹۳/۲۴ کیلوگرم ساقه و ۹۶/۸۹ کیلوگرم شکر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود.

کلید واژگان: کارایی بازیافت نیتروژن (NRE)، کارایی زراعی نیتروژن (NAE)، عملکرد نیشکر

مقدمه

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. لیکن این کودها باید بتوانند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست مخصوصاً آبهای زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نترات در اندام‌های هوایی محصولات زراعی را به حداقل ممکن کاهش داده و هم‌چنین سلامت انسان و دام نیز تأمین گردد (koocheki et al., 1995). در ایران طی چند دهه گذشته علیرغم متمرکز شدن کشاورزی که به بهبود قابل توجه عملکرد محصولات زراعی منجر شده‌است، ولی مصرف انواع نهاده‌ها افزایش نشان می‌دهد (Nassiri mahallati & koocheki, 2017). از آنجایی که هزینه تولید کودهای شیمیایی از جمله کودهای نیتروژن دار، بسیار بالا بوده و روز به روز در حال افزایش

است، تعیین بهترین مقدار و مناسب‌ترین کود نیتروژنی که حداکثر محصول با کارایی بالای کود را تولید کند، یکی از اهداف کشاورزان و محققان می‌باشد (Broadbent et al., 1987). نیتروژن اولین عنصر غذایی است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می‌شود زیرا مقدار مواد آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن می‌باشد در این مناطق بسیار ناچیز است. این عنصر، اصلی‌ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی است و به همین علت نیز به صورت کودهای شیمیایی در سطح وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد (Semenov et al., 2007)، به طوری که سهم قابل توجهی از افزایش عملکرد ایجاد شده در محصولات زراعی در پنجاه سال اخیر نتیجه استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه می‌باشد (Erisman et al., 2008). کاربرد کود نیتروژن در زراعت نیشکر با توجه به تولید زیست توده بالای این گیاه، کاملاً ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد (Thornburn et al., 2005). در برخی از آزمایش‌ها گزارش شده است که در ژنوتیپ‌های نیشکر کشت شده در گلخانه، میانگین تولید زیست توده زمانی که حداکثر نیتروژن فراهم شده تا حدود هفت برابر بیشتر از زمانی است که عرضه نیتروژن در پایین‌ترین مقدار خود قرار دارد (Robinson et al., 2007).

این عنصر نقش مهمی در پنجه زدن و طویل شدن ساقه نیشکر داشته و کمبود آن موجب کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز، کاهش رشد، کوتاه شدن فواصل میانگره‌ها و در نتیجه کاهش محصول می‌شود (Martin et al., 1994). با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، یک روند صعودی در ارتفاع نی، عملکرد کمی و کیفی نیشکر مشاهده شده و این امر ناشی از تأثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و در نتیجه افزایش کمی عملکرد می‌باشد (Bahmani, 2011). از سوی دیگر، زیادتی نیتروژن موجب ورس و خوابیدگی گیاه نیشکر و در پایان فصل رشد، موجب کاهش تجمع ساکاروز و افزایش مواد معدنی و ناخالصی‌ها در عصاره‌ی نیشکر و در نتیجه کاهش کیفیت محصول می‌شود. برخی محققین گزارش کرده‌اند که با افزایش بیش از حد نیتروژن محصول شکر، کاهش می‌یابد (Rathey & Hogarth, 2001). بیشترین تأثیر نیتروژن بر گیاه نیشکر، بر عملکرد ساقه قابل آسیاب می‌باشد. در برخی از گزارش‌ها آمده است که افزایش مقدار نیتروژن تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، می‌تواند عملکرد ساقه قابل آسیاب نیشکر را افزایش دهد (Rizk et al., 2002 ; Al.Sogheir & Ferweez, 2009). مقادیر جهانی توصیه شده کودهای نیتروژنه برای تولید نیشکر بین ۴۵ تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال متغیر می‌باشد (Srivastava & Suarez, 1992)، ولی بطور متوسط مقدار مناسب در اکثر مناطق نیشکر کاری جهان بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال می‌باشد (De Geus, 1973). در خاک‌های شنی فلوریدا حد بحرانی نیتروژن برای تولید نیشکر ۱۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال تعیین شد (Muchovej & Newman, 2004). طبق تحقیقات انجام شده پاسخ به کاربرد کود نیتروژنه در محصول راتون بیشتر از محصول تازه کشت نیشکر

می‌باشد (Wood, 1964). در مورد تأثیر نیتروژن بر عملکرد نیشکر نتایج متناقضی بدست آمده‌است. برخی محققین گزارش کرده‌اند که مقادیر مختلف نیتروژن (، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تقسیط آن (یک، دو و سه قسط) هیچ تأثیری بر عملکرد گیاه نیشکر نداشته‌است (George et al, 2013). احمد و همکاران (Ahmad et al, 2009). نشان دادند که عملکرد ساقه قابل آسیاب واکنش معنی‌داری به سطوح مختلف استفاده نیتروژن داشت. نامبردگان نشان دادند که افزایش مقادیر نیتروژن از ۱۶۰ کیلوگرم به ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، باعث افزایش عملکرد ساقه قابل آسیاب گردید. گانا (Gana, 2008) گزارش کرد با افزایش مقادیر مصرف نیتروژن به بیش از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد در گیاه نیشکر مشاهده نگردید. شمیلی و بحرانی (Shomeili & Bahrani, 2013) در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ میلادی کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در یک خاک با بافت لومی رسی سیلتی را در مزارع نیشکر کشت و صنعت کارون در خوزستان مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش بیشترین عملکرد با ۱۳۳ تن نیشکر در هکتار و ۱۳/۵ تن شکر در هکتار مربوط به کاربرد ۱۷۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. در آزمایشی در هندوستان، محققین با مصرف: صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، دریافتند که محصول نیشکر در مقادیر بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت (Asokan & Mahadevaswamy, 2003). طبق تحقیقات انجام شده تا ۶۰ درصد از کودهای نیتروژنه استفاده شده در صنعت نیشکر استرالیا به صورت شستشوی نیتروژن (به فرم نترات)، تصاعد آمونیاک و دنیتریفیکاسیون از دسترس خارج می‌شود (Vallis et al, 1996). نتایج ارزیابی‌های تیلمن و همکاران (Tilman et al, 2002) نشان داد که افزایش مصرف کودهای نیتروژنی، کارایی مصرف نیتروژن را از ۷۰ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر کیلوگرم نیتروژن در سال ۱۹۶۰ میلادی به ۲۲ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر کیلوگرم نیتروژن در سال ۲۰۰۱ میلادی، کاهش داده‌است. بررسی روند تغییرات مصرف و بهره‌وری در نظام تولید گندم در طی یک دوره چهار ساله (۱۳۸۹ - ۱۳۵۰) نشان داد که میانگین رشد مصرف کودهای نیتروژنی و عملکرد در بوم نظام های گندم آبی ایران در طی چهار دهه به ترتیب ۹/۵ و ۳/۴ برابر گردیده‌است (Nassiri mahallati & koochehi, 2017)، که نشان دهنده کاهش بهره‌وری کودهای شیمیایی در سال های اخیر می‌باشد. کارایی و بهره‌وری نیتروژن در مزرعه با مدیریت مناسب منابع نیتروژنی و از طریق راههایی همانند: کنترل میزان مصرف، زمان مصرف و هم‌چنین جایگذاری مناسب کودهای نیتروژن‌دار تا حدود زیادی بهبود می‌یابد (Koteva & Marcheiva, 2012a). ساترماچر و همکاران (Sattermacher et al, 1994) استفاده از مقادیر کم نیتروژن برای افزایش کارایی مصرف آن را توصیه کردند. تعداد زیادی از آزمایشات در مورد غلات پاییزه نشان داد که تعدیل در کاربرد مقادیر کود شیمیایی نیتروژن دار و یا تقسیط آن، استراتژی‌هایی مناسب برای

افزایش کارآیی مصرف نیتروژن هستند (Alcoz et al, 1993; Gan et al, 2008). بر این اساس هدف از این پژوهش تعیین بهترین سطح مصرف کود نیتروژن از نظر کارایی و عملکرد نیشکر است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در یکی از مزارع نیشکر کشت و صنعت امام خمینی^(ره) واقع در شهرستان شوشتر در استان خوزستان اجرا شد. این منطقه بین ۴۸°۰۵' تا ۴۸°۳۸' طول شرقی و ۳۱°۳۷' تا ۳۲° عرض شمالی و با ارتفاع بین ۲۴ تا ۴۲ متر از سطح دریا قرار دارد. منطقه مورد مطالعه با توجه به آمار هواشناسی بلند مدت و بر اساس روش دومارتن در اقلیم خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شود. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر و مقدار تبخیر سالیانه از سطح تشتک تبخیر کلاس A حدود ۲۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. قبل از اجرای آزمایش، به صورت تصادفی نمونه برداری خاک از زمین محل اجرای آزمایش، انجام و جهت تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت که برخی از نتایج آنالیز ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Chemical and physical properties of soil

عمق (cm) Depth	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC(ds/m)	درصد مواد آلی Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N(%)	نسبت سدیم قابل جذب SAR	درصد سدیم یم تبدلی ESP	یافت Texture
0-30	7.89	2.65	1.01	0.089	5.6	6.6	رسی سیلتی Silty clay
30-60	7.93	1.72	0.64	0.064	4.8	5.5	رسی سیلتی Silty clay
60-90	7.93	1.53	0.20	0.047	5.1	5.9	رسی سیلتی Silty clay

آزمایش بر روی مزرعه تازه کشت^۱ گیاه نیشکر با رقم CP69-1062 به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مشتمل بر پنج مقدار کود اوره با احتساب نیتروژن: صفر، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در کرت‌های اصلی و دو روش تقسیط متفاوت کود (سه تقسیط و چهار تقسیط) در کرت‌های فرعی و در سه تکرار انجام گردید. روش مصرف کود برای همه تیمارهای کودی، روش کود-آبیاری^۲ بود. با توجه به ارتفاع گیاه نیشکر و تاریخ شروع کوددهی آن در منطقه، اولین تاریخ کوددهی ۲۰ فروردین ماه در نظر گرفته شد و نوبت‌های بعدی به فواصل یک ماهه برای

۱ - به مزرعه نیشکر در سال اول، کشت جدید (plant) گفته می‌شود. پس از برداشت محصول سال اول و انجام عملیات‌های لازم، مجدداً گیاه از قاعده، تولید پنجه کرده و رشد می‌نماید که به آن بازروی (Ratoon) اطلاق می‌گردد. هر مزرعه نیشکر می‌تواند چندین بازروی داشته باشد.
2- Fertigation

روش تقسیط چهار مرحله‌ای و چهل و پنج روزه برای روش تقسیط سه مرحله‌ای از تاریخ شروع کوددهی، اعمال گردید. این آزمایش شامل پنج کرت اصلی و ده کرت فرعی در هر تکرار بوده که هر کرت فرعی با مساحت ۱۸۳ متر مربع شامل ۵ ردیف نیشکر (به طول ۲۰ متر و با فواصل ردیف ۱/۸۳ متر) بود. به منظور حذف اثرات ناشی از نفوذ آب و نیتروژن از تیمارهای مختلف روی یکدیگر، بین هر دو کرت، دو فارو (به عرض ۳/۶ متر) به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. همچنین بین تکرارها سه متر فاصله در نظر گرفته شد. به منظور بررسی روند تولید ماده خشک گیاه نیشکر و غلظت نیتروژن، هر دو هفته یکبار از محل‌های مشخص در هر تیمار به طول ۳۰ سانتی‌متر (با در نظر گرفتن عرض فارو مساحت نمونه برداری ۰/۵۵ متر مربع) تمام گیاه نیشکر قطع شده و پس از توزین، یک نمونه مرکب از اندام‌های مختلف گیاه تهیه نموده و درصد ماده خشک و درصد نیتروژن جذب شده در تمام اندام هوایی گیاه به روش کلدال اندازه‌گیری و محاسبه گردید. در پایان نیز پنج متر طولی از دو فاروی هر کرت آزمایشی (۱۰/۹۸ متر مربع) را کاملاً قطع و صفات کمی نیشکر شامل عملکرد نیشکر در واحد سطح، تعداد ساقه قابل آسیاب، ارتفاع ساقه، تعداد میانگره، طول و قطر میانگره وسط، وزن پوشال، وزن سرنی^۱ اندازه‌گیری شد. عملکرد شکر از طریق حاصل ضرب درصد شکر قابل استحصال در عملکرد نی به دست آمد. درصد شکر قابل استحصال نیز بر اساس رو پیشنهادی رین (Rain, 2007) با استفاده از درصد پل ساقه ندازه‌گیری شد. شاخص‌های مربوط به کارایی نیتروژن به شرح ذیل محاسبه شد.

کارایی بازیافت نیتروژن: نسبت بین نیتروژن موجود در زیست توده به مقدار نیتروژن بکار رفته می‌باشد (Peng et al, 2006) و نشان دهنده این است که از مجموع کود از ته بکار رفته شده چه میزان در زیست توده محصول تجمع یافته‌است. این شاخص گوای مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه یا سیستم زراعی به ازاء هر واحد نیتروژن تأمین شده در خاک می‌باشد و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس در خاک نشان می‌دهد.

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن: توانایی گیاه در استفاده از نیتروژن جذب شده از کود به منظور تولید عملکرد اقتصادی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر این شاخص کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم افزایش جذب نیتروژن از کود را نشان می‌دهد و به ژنوتیپ گیاه، شرایط محیطی و مدیریت کود بستگی دارد (Dobermann, 2007).

کارایی زراعی نیتروژن: عبارت از نسبت عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم ماده خشک تولید شده) به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده می‌باشد. این شاخص نشان می‌دهد که گیاه به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی، چه میزان ماده خشک تولید می‌کند. این شاخص از طریق حاصل ضرب کارایی بازیافت و کارایی فیزیولوژیک بر حسب عملکرد بیولوژیک در گیاه نیز محاسبه می‌گردد (Novoa & Loomis, 1981).

بهره‌وری جزئی نیتروژن: نتایج بدست آمده از تخمین کارایی مصرف نیتروژن در کرت‌های آزمایشی، به دلیل عواملی مانند تلفات بیشتر نیتروژن، حمله آفات و بیماری‌ها در مزارع کشاورزان قابل تعمیم به سطوح بزرگ نیست. تنها شاخصی که می‌تواند تخمین قابل قبولی از کارایی مصرف نیتروژن در مقیاس بزرگ ارائه نماید، بهره‌وری جزئی نیتروژن است. این شاخص مجموع اثرات نیتروژن بومی خاک، کارایی بازیافت کود نیتروژنی و کارایی تبدیل نیتروژن جذب شده به عملکرد محصول را نشان می‌دهد. بهره‌وری جزئی نیتروژن بسته به میزان تولید محصول، پتانسیل عملکرد قابل حصول، کیفیت خاک، مقدار و شکل نیتروژن مصرفی و شیوه‌های مدیریتی محصول زراعی متفاوت است (Archana et al, 2008).

اندازه‌گیری کارایی مصرف نیتروژن: برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن و ارزیابی جنبه‌های مختلف آن از معادلات ۱ تا ۴ استفاده گردید:

$$NRE = \frac{U - U_0}{F} \times 100 \quad \text{(معادله ۱)} \quad \text{کارایی بازیافت نیتروژن}$$

$$PE = \frac{Y - Y_0}{U - U_0} \quad \text{(معادله ۲)} \quad \text{کارایی فیزیولوژیک نیتروژن}$$

$$NAE = \frac{Y - Y_0}{F} \quad \text{(معادله ۳)} \quad \text{کارایی زراعی نیتروژن}$$

$$PFP = \frac{Y}{F} \quad \text{(معادله ۴)} \quad \text{بهره‌وری جزئی نیتروژن}$$

که در تمام این معادلات:

F: مقدار نیتروژن مصرف شده بر حسب کیلوگرم در هکتار.

Y: عملکرد محصول با مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار.

Y₀: عملکرد محصول بدون مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار.

U: نیتروژن جذب شده توسط اندام هوایی گیاه با مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار.

U₀: نیتروژن جذب شده توسط اندام هوایی گیاه بدون مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار.

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار Minitab ver.17.1.0 انجام و پس از محاسبه جدول تجزیه واریانس (ANOVA)، مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد احتمال خطا صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع نیشکر: اثر سطوح کودی (میزان نیتروژن) بر ارتفاع نیشکر در سن تازه کشت نیشکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی اثر

تقسیم کود و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۲). در نیشکر تازه کشت بین مقادیر ۲۵۰ و ۲۰۰ و ۱۵۰ و

۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از نظرات ارتفاع نیشکر تفاوت معنی داری وجود نداشت ولی همه این تیمارهای کودی با تیمار شاهد یعنی عدم

کاربرد نیتروژن که دارای کمترین ارتفاع (۲۲۸/۳ سانتی متر) است، اختلاف معنی دار نشان داد (جدول ۳).

عملکرد نیشکر: اثر سطوح کودی (میزان نیتروژن) در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد نیشکر در سطح ۵ درصد معنی

دار بود (جدول ۲). تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین عملکرد نیشکر ۱۳۴/۷ تن در هکتار، بیشترین عملکرد و تیمار

شاهد (بدون مصرف نیتروژن) با میانگین ۷۶/۱ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد نیشکر بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد

که علیرغم وجود اختلاف بسیار اندک، تفاوت معنی داری از نظر عملکرد نیشکر بین سطوح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن

وجود نداشت (جدول ۳) و حتی با افزایش مصرف نیتروژن به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد نیشکر کاهش نشان داد (شکل ۱).

کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش حدود ۴۴ درصدی عملکرد نیشکر گردید. بنابراین، با

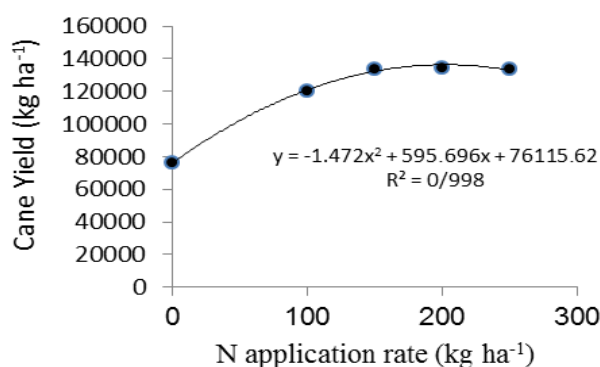
توجه به عدم معنی دار بودن تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با سایر مقادیر بالاتر کاربرد نیتروژن و در راستای صرفه

جویی در مصرف کود و کاهش خطرات آبخویی و جلوگیری از اثرات مخرب زیست محیطی آن و همچنین حصول عملکرد

مناسب نیشکر تازه کشت، می‌توان مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را توصیه نمود. هم‌چنین افزایش تعداد تقسیط کود تأثیر

معنی داری بر عملکرد نیشکر نداشت (جدول ۳). شمیلی و بحرانی (Shomeili & Bahrani, 2013) بیشترین عملکرد با ۱۳۳ تن

نیشکر در هکتار و ۱۳/۵ تن شکر در هکتار را با مصرف ۱۷۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کردند.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد ساقه نیشکر

Fig.1- Effect of different levels of nitrogen application on cane yield

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه گیری و اجزای عملکرد نیشکر تازه کشت

Table 2- Analysis of variance (Mean of Squares) of yield components in plant sugarcane

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته نیشکر Plant height (cm)	عملکرد نیشکر Cane yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک Dry matter (kg.ha ⁻¹)	عملکرد شکر Sugar yield (kg.ha ⁻¹)	نیترژن جذب شده Adsorb Nitrogen (kg.ha ⁻¹)
تکرار (Replication)	2	3110.3 **	170172408 **	43761689 **	4013640 **	250.2 *
میزان نیترژن مصرفی (Nitrogen rate)	4	7596.2 **	3782253394 **	440036725 **	37793613 **	8509.3 **
خطا (Error)	8	181.6	6609996	6378925	312357	295
تقسیم نیترژن (Nitrogen Split)	1	1.5 ns	18494287 ns	268142 ns	34827 ns	476.6 *
نیترژن مصرفی × تقسیم (Nitrogen × Split)	4	39.1 ns	23084346 *	8593534 ns	52719 ns	417.9 **
خطا (Error)	10	140.8	5811088	3905456	230309	50.6
ضریب تغییرات CV (%)		4.08	2.01	4.53	3.74	4.34

*** و ns به ترتیب معنی دار در سطح اعتماد پنج و یک درصد و غیر معنی دار.

***, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای تقسیط و میزان مصرف نیتروژن بر ویژگی های عملکرد و جذب نیتروژن در نیشکر تازه کشت

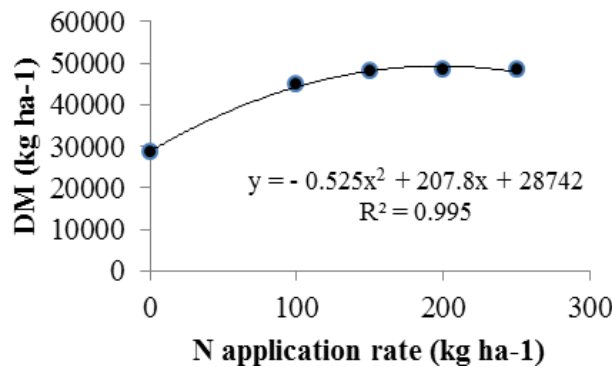
Table 3- Comparison treatments of mean for nitrogen application and split in yield criteria sugarcane

تیمارها	ارتفاع بوته نیشکر Plant height (cm)	عملکرد نیشکر Cane yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک Dry matter (kg.ha ⁻¹)	عملکرد شکر Sugar yield (kg.ha ⁻¹)	نیتروژن جذب شده Adsorb Nitrogen (kg.ha ⁻¹)
تقسیم نیتروژن (Nitrogen Split)					
سه قسط (Three splits)	291.05 ^a	118971 ^a	43557.3 ^a	12799 ^a	159.88 ^b
چهار قسط (Four splits)	291.49 ^a	120541 ^a	43746.4 ^a	12867.1 ^a	167.85 ^a
میزان نیتروژن (kg.ha ⁻¹) (Nitrogen Rate)					
0	228.32 ^b	76117 ^c	28548.4 ^c	8477.9 ^c	96.84 ^c
100	298.48 ^a	120407 ^b	44969.9 ^b	12906.6 ^b	175.70 ^b
150	311.28 ^a	133986 ^a	47933.5 ^a	14533.5 ^a	182.05 ^{ab}
200	306.87 ^a	134716 ^a	48479.9 ^a	14123.1 ^a	185.93 ^a
250	311.4 ^a	133555 ^a	48327.8 ^a	14124 ^a	178.81 ^{ab}

*میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

*Within each column, means followed by the letter(s) are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

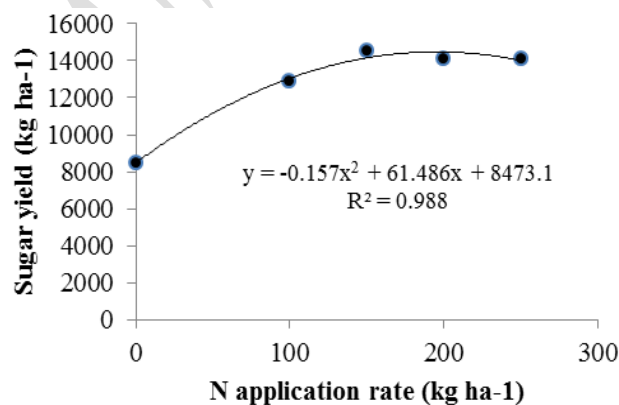
عملکرد ماده خشک: نتایج نشان داد که اثر سطوح کودی (میزان نیتروژن) بر عملکرد ماده خشک در سطح ۱ درصد معنی دار، ولی روش تقسیط کود و اثر متقابل مقدار نیتروژن و روش تقسیط کود، معنی دار نبود (جدول ۲). تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با عملکرد ماده خشک ۴۸/۵ تن در هکتار، دارای بیشترین و تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) با ۲۸/۵ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد ماده خشک بود (جدول ۳). به عبارت دیگر کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با عدم کاربرد آن، باعث افزایش ۲۰ تن در هکتار عملکرد ماده خشک (افزایش ۴۱ درصدی) شد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان است، بنابراین انتظار می رود با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه انجام گردد (Plenet & Lemaire, 2000). نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد نیتروژن از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی دار عملکرد ماده خشک شد و بین سطوح کاربرد ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی داری دیده نشد (شکل ۲)، بنابراین با توجه به عدم معنی دار بودن کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با سایر مقادیر بالاتر، این تیمار قابل توصیه می باشد. پنگ و همکاران (peng et al, 2010) با بررسی سطوح مختلف نیتروژن در ذرت گزارش کردند که با افزایش سطوح نیتروژن از صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در طول فصل رشد ذرت، میزان ماده خشک آن افزایش یافت.



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی نیشکر

Fig.2- Effect of different levels of nitrogen application on sugarcane Dry matter

عملکرد شکر در هکتار: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف نیتروژن بر عملکرد شکر در هکتار در سطح ۱ درصد معنی‌دار ولی روش تقسیم کود و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد شکر معنی‌دار نبود (جدول ۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین عملکرد شکر ۱۴/۵۳ تن در هکتار دارای بیشترین و تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) با ۸/۴۷ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد بود. به عبارت دیگر کاربرد نیتروژن در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش ۶/۱ تن در هکتار عملکرد شکر شده‌است (افزایش ۷۲ درصدی). مقایسه میانگین‌های عملکرد شکر (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کاربرد نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و حتی با افزایش مقدار نیتروژن به ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، میزان شکر کاهش یافت (شکل ۳). راتی و هوگارت (Rathey & Hogarth, 2001) گزارش کردند که در گیاه نیشکر، محصول شکر با افزایش بیش از حد نیتروژن، کاهش می‌یابد.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد شکر

Fig.3- Effect of different levels of nitrogen application on Sugarcane Sugar yield

نیتروژن جذب شده: نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای میزان نیتروژن مصرفی و اثرات متقابل میزان نیتروژن مصرفی و روش تقسیم کود در سطح ۱ درصد و روش تقسیم کود در سطح ۵ درصد بر مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه نیشکر می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هر چند با کاربرد نیتروژن، جذب آن توسط گیاه افزایش یافته‌است ولی بین

تیمارهای ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف نیتروژن از نظر میزان جذب آن تفاوت معنی داری وجود ندارد و حتی با افزایش کود به ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان جذب نیتروژن کاهش یافته است (جدول ۳). افزایش تعداد تقسیط کود، باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه نیشکر شده است. لازم به ذکر است که بر اساس مشاهدات مزرعه ای، با افزایش کاربرد نیتروژن، رویش علف هرز سوروف در تیمارها افزایش داشت به طوری که در تیمار شاهد تقریباً هیچ آلودگی به علف هرز سوروف مشاهده نگردید و با افزایش سطوح مصرف کود، رویش این علف هرز نیز بیشتر شد. بنابراین رقابت این علف هرز با گیاه نیشکر برای جذب نیتروژن مصرفی را می توان یکی از دلایل عدم افزایش معنی دار نیتروژن و حتی کاهش آن در سطوح بالای نیتروژن کاربردی دانست. بلک شاو و همکاران (Blackshaw et al, 2008) بیان کردند که علف های هرز نه تنها مقدار نیتروژن قابل دسترس در محصول را کاهش می دهند، بلکه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، رشد بسیاری از علف های هرز افزایش یافت.

کارایی بازیافت نیتروژن: نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی دار تیمارها بر کارایی بازیافت نیتروژن در تولید ماده خشک گیاه نیشکر است (جدول ۴). بیشترین میزان بازیافت نیتروژن مربوط به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می باشد و با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، کارایی بازیافت نیتروژن کاهش یافت (شکل ۴)، به طوری که این مقدار از ۷۹ درصد در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به ۳۳ درصد در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن کاهش یافت (جدول ۵). به عبارت دیگر با افزایش مقدار کود مصرفی، گیاه با توجه به شرایط محیطی و خاک نتوانسته است جذب کامل را انجام دهد و این امر باعث کاهش کارایی بازیافت شده است، هر چند که در هر یک از مقادیر کاربرد نیتروژن، با افزایش تعداد تقسیط کود و دادن فرصت بیشتر به گیاه برای جذب این عنصر، کارایی بازیافت افزایش نشان داد. گواردادا و همکاران (Guardda et al, 2004) در آزمایش خود دریافتند که افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، موجب کاهش کارایی بازیافت نیتروژن در گندم شد و آن را از ۵۶ درصد به ۳۴ درصد (کاهش ۳۹ درصدی) کاهش داد. کراس ول (Crasswell, 1987) گزارش کرد که در زراعت ذرت با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار از منبع اوره با حصول ۱۱/۷ تن عملکرد در هکتار، کارایی بازیافت نیتروژن ۵۰ درصد بود. قلی زاده و همکاران (Gholi zadeh et al, 2010) گزارش کردند که تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی کارایی بازیافت نیتروژن در گیاه ذرت بسیار معنی دار بود به طوری که مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن با میانگین کارایی بازیافت ۴۴ درصد، کارایی بازیافت بیشتری نسبت به سطوح بالاتر نیتروژن داشت. این محققین اثر روش کاربرد کود نیتروژن بر کارایی بازیافت نیتروژن را بسیار معنی دار بیان کرده و اظهار داشتند که روش نواری استفاده از کود با میانگین بازیافت ۴۲/۶۳ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و دلیل آن را استفاده بهتر و بیشتر گیاه از کود در این روش دانستند.

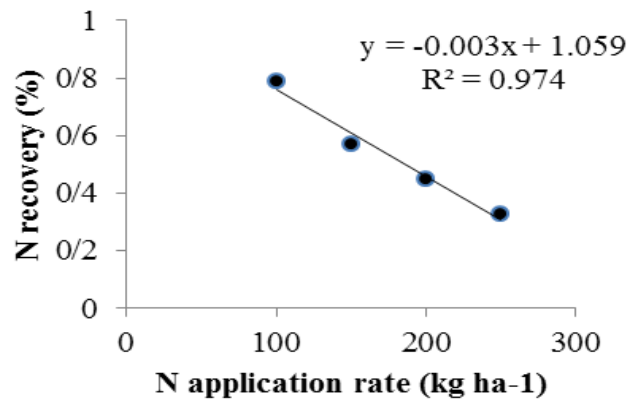
جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کارایی مصرف نیتروژن در نیشکر تازه کشت

Table 4- Analysis of variance (Mean of Squares) of nitrogen use efficiency in plant sugarcane

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی (df)	کارایی بازیافت Apparent Recovery Efficiency	کارایی فیزیولوژیک Physiological Efficiency			کارایی زراعی نیتروژن Agronomic Efficiency			بهره وری جزئی نیتروژن Partial Factor Productivity		
			شکر Sugar yield	نیشکر Cane yield	ماده خشک Dry matter	شکر Sugar yield	نیشکر Cane yield	ماده خشک Dry matter	شکر Sugar yield	نیشکر Cane yield	ماده خشک Dry matter
تکرار (Replication)	2	0.063 **	549.8 *	108037**	3766.2 **	54.36 *	503.3 ns	627.1 ns	136.78 **	5161 **	1484.1 **
میزان نیتروژن مصرفی (Nitrogen rate)	3	0.232 **	264 ns	23231 *	884.9 ns	620 **	54063.4 **	8220.5 **	6120 **	511657 **	74973.7 **
خطا (Error)	6	0.015	339.4	22178	1360.5	9.58	260.6	345.1	7.27	102	372.3
تقسیم نیتروژن (Nitrogen Split)	1	0.032 **	341.6 ns	21953 ns	2763.5 *	4.70 ns	1209*	193.4 ns	4.73 ns	1209 *	193.4 ns
نیتروژن مصرفی × تقسیم (Nitrogen × Split)	3	0.024 **	357.9 ns	29443 *	2603 **	5.72 ns	1139.3 **	605.1 ns	5.73 ns	1139 **	605.1 ns
خطا (Error)	8	0.002	93.9	4849	286.2	7.45	126.3	174.3	7.45	126	174.3
ضریب تغییرات CV (%)		7.83	14.35	10.28	7.33	8.06	3.33	11.18	3.09	1.36	4.38

*** و ns به ترتیب معنی دار در سطح اعتماد پنج و یک درصد و غیر معنی دار.

*** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non-significant, respectively



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر کارایی بازیافت آن در ماده خشک اندام هوایی نیشکر

Fig.4- Effect of different levels of nitrogen application on N recovery in sugarcane dry matter weight

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن از نظر نیشکر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مختلف بر کارایی فیزیولوژیک

نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی دار داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی فیزیولوژیک افزایش معنی داری داشته (۲۲/۵ درصد) و با افزایش بیشتر مقدار نیتروژن به ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم، این افزایش بسیار کم بود (جدول ۵).

در واقع بدلیل آنکه افزایش مصرف کود نیتروژن مطابق با افزایش عملکرد نیشکر نمی‌باشد لذا مقادیر بالای استفاده آن، منجر به مصرف لوکس این عنصر در گیاه شده‌است. آرچنا و همکاران (Archana et al, 2008) گزارش کردند که در حضور باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در خاک تحت کشت نیشکر با افزایش سطح مصرف نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک آن کاهش یافت به طوری که این کارایی در سطح مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) به طور متوسط حدود ۲۳/۵ درصد کاهش و در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به طور متوسط ۳/۶ درصد کاهش نشان داد. فتحی و همکاران (Fathi et al, 2001) گزارش کردند که در سه مقدار ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار استفاده از نیتروژن برای گیاه ذرت، با افزایش میزان نیتروژن، میزان کارایی فیزیولوژیک افزایش یافت به طوری که بالاترین مقدار آن مربوط به ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برابر با ۵۵/۶۱ کیلوگرم عملکرد بر کیلوگرم کود مصرفی بود. پنگ و همکاران (Peng et al, 2006) گزارش کردند که کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در برنج با افزایش مصرف نیتروژن، کاهش یافت، نامبردگان دلیل این موضوع را عدم افزایش خطی عملکرد برنج با افزایش مصرف نیتروژن و مصرف لوکس این عنصر در گیاه برنج دانستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای میزان مصرف نیتروژن و تقسیم بر کارایی مصرف نیتروژن در نیشکر تازه کشت

Table 5- Comparison treatments of mean nitrogen application and split on nitrogen use efficiency in sugarcane

تیمارها Treatments	کارایی بازیافت Apparent Recovery Efficiency	کارایی فیزیولوژیک Physiological Efficiency			کارایی زراعی نیتروژن Agronomic Efficiency			بهره‌وری جزئی نیتروژن Partial Factor Productivity		
		شکر	نیشکر	ماده خشک	شکر	نیشکر	ماده خشک	شکر	نیشکر	ماده خشک
		Sugar yield	Cane yield	Dry matter	Sugar yield	Cane yield	Dry matter	Sugar yield	Cane yield	Dry matter
تقسیم نیتروژن (Nitrogen Split)										
سه قسط (Three splits)	0.496 ^b	71.31 ^a	707.37 ^a	241.46 ^a	33.42 ^a	330.76 ^b	115.22 ^a	87.82 ^a	819.18 ^b	298.40 ^a
چهار قسط (Four splits)	0.570 ^a	63.77 ^a	646.88 ^a	220 ^b	34.31 ^a	344.96 ^a	120.89 ^a	88.71 ^a	833.38 ^a	304.08 ^a
میزان نیتروژن (Nitrogen Rate)(kg ha ⁻¹)										
100	0.788 ^a	58.51 ^b	584.12 ^b	214.36 ^b	44.28 ^a	442.90 ^a	164.21 ^a	129.07 ^a	1204.07 ^a	449.70 ^a
150	0.568 ^b	74.45 ^a	715.48 ^a	229.54 ^{ab}	40.37 ^b	385.79 ^b	129.23 ^b	96.89 ^b	893.24 ^b	319.55 ^b
200	0.447 ^c	68.17 ^{ab}	704.15 ^a	236.44 ^{ab}	28.22 ^c	293.0 ^c	99.66 ^c	70.61 ^c	673.58 ^c	242.40 ^c
250	0.328 ^d	69.04 ^{ab}	704.77 ^a	242.59 ^a	22.58 ^d	229.75 ^d	79.12 ^d	56.50 ^d	534.22 ^d	193.31 ^d

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

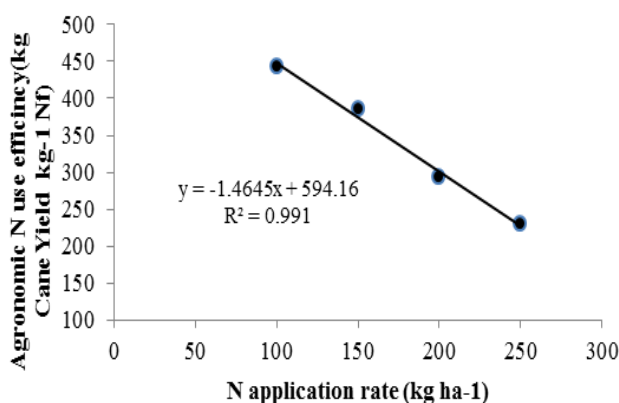
*Within each column, means followed by the letter(s) are not significantly different by LSD (p≤0.05).

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن از نظر تولید ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش تقسیط و اثرات متقابل میزان مصرف نیتروژن و روش تقسیط آن در سطح ۵ درصد، در استفاده از نیتروژن برای تولید ماده خشک معنی دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در تولید ماده خشک نشان داد که علیرغم افزایش کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در مقادیر مصرف ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، این افزایش معنی دار نبود. اوربیلار و همکاران (Uribelarre et al, 2007) گزارش کردند که با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن در ذرت کاهش پیدا کرد. قلی‌زاده و همکاران (Gholi zadeh et al, 2010) گزارش کردند که تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی کارایی فیزیولوژیک گیاه ذرت بسیار معنی دار بود به طوری که بالاترین سطح کودی (۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) با میانگین ۵۵/۶۱ (کیلوگرم/کیلوگرم) بیشترین مقدار کارایی فیزیولوژیک را دارا بود. هم‌چنین این محققین اثر روش کاربرد کود نیتروژن بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن را بسیار معنی دار بیان کرده و اظهار داشتند که روش نواری استفاده از کود با میانگین ۵۳/۸۵ (کیلوگرم/کیلوگرم) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و دلیل آن را استفاده بهتر و بیشتر گیاه از کود در این روش دانستند.

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن از نظر تولید شکر: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و هم‌چنین روش تقسیط کود و اثر متقابل آن‌ها بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در تولید شکر از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد علیرغم عدم وجود تفاوت معنی دار بین تیمارها، به نظر می‌رسد که با افزایش سطح کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در تولید شکر ۲۷ درصد افزایش یافته و با افزایش بیشتر مقدار نیتروژن، مجدداً کاهش یافته است (جدول ۵). به عبارت دیگر افزایش مصرف کود به ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، باعث کاهش عملکرد شکر شد.

کارایی زراعی نیتروژن از نظر نیشکر: تیمارهای نیتروژن و اثرات متقابل مقدار نیتروژن و تقسیط آن در سطح ۱ درصد و روش تقسیط کود در سطح ۵ درصد بر کارایی زراعی نیتروژن معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد نیتروژن، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن در تولید نیشکر به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۵)، ولی افزایش تعداد تقسیط کود باعث افزایش معنی دار آن شد. کاهش کارایی زراعی برای دو تیمار کمترین میزان مصرف نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین مصرف نیتروژن (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) حدود ۴۸ درصد بود (جدول ۵).

دلیل این کاهش عمدتاً ناشی از این است که رابطه‌ی بین مصرف نیتروژن و افزایش عملکرد نیشکر خطی نیست (شکل ۱)، به عبارت دیگر با افزایش کاربرد نیتروژن به همان میزان عملکرد نیشکر افزایش نمی‌یابد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al, 2017) در بررسی‌های خود گزارش کردند که در گیاهانی مانند چغندر قند، سیب‌زمینی و حبوبات، با افزایش مصرف نهاده‌های مختلف از جمله کود نیتروژن، کارایی زراعی استفاده از نهاده‌ها کاهش یافت. آرچنا و همکاران (Archna et al, 2008) گزارش کردند که در حضور باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک با افزایش سطح کاربرد کود، کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت به طوری که برای تمام واریته‌های نیشکر آزمایش شده کارایی زراعی نیتروژن در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن ۱۵ درصد بیشتر از کارایی زراعی آن در سطح کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود.

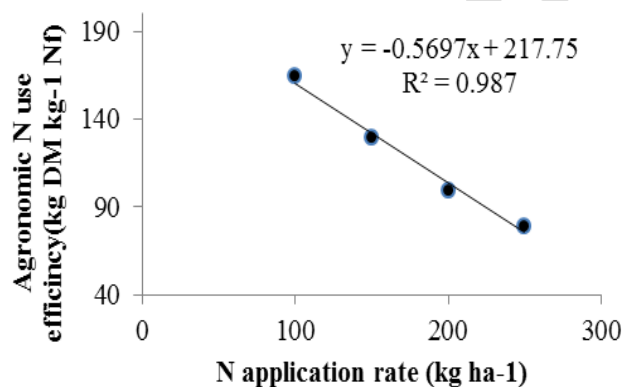


شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر کارایی زراعی آن در ساقه نیشکر

Fig.5- Effect of different levels of nitrogen application on agronomic N use efficiency

کارایی زراعی نیتروژن از نظر تولید ماده خشک: کارایی زراعی نیتروژن در تولید ماده خشک تحت تأثیر میزان نیتروژن مصرفی در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴). در مقایسه میانگین‌ها با افزایش سطوح نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، میزان کارایی زراعی نیتروژن با اختلاف معنی دار کاهش ۵۲ درصدی را نشان داد (شکل ۶)، به طوری- که کارایی زراعی نیتروژن از مقدار ۱۶۴/۲ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن در کمترین مقدار کاربرد نیتروژن، به ۷۹ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن مصرفی (کاهش ۵۲ درصدی) کاهش یافته‌است (جدول ۵). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) بیان کردند که در دو گیاه ذرت و پنبه با افزایش سطوح نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن به ترتیب ۵۵ و ۳۵ درصد کاهش یافت. در بسیاری از مطالعات گزارش شده‌است که با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی کارایی زراعی نیتروژن کاهش نشان

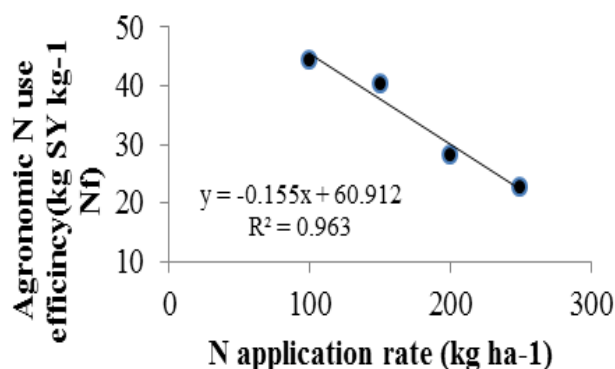
می‌دهد (Huggins et al, 1993 ; Lopez Belido, 2005). قلی‌زاده و همکاران (Gholi zadeh et al, 2010) تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و روش کاربرد آن بر روی کارایی زراعی نیتروژن در گیاه ذرت را بسیار معنی‌دار دانسته و اظهار داشتند که افزایش میزان نیتروژن باعث کاهش کارایی زراعی آن شد (با افزایش میزان نیتروژن، مقدار عملکرد دانه افزایش کمتری داشته است) به طوری که تیمار کاربرد ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (در مقایسه با مقادیر ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و روش نواری کود به ترتیب با میانگین ۲۵/۹۳ (کیلوگرم/کیلوگرم) و ۲۵/۵۷ (کیلوگرم/کیلوگرم) بیشترین مقدار کارایی زراعی را دارا بودند. بابازاده و همکاران (Baba zadeh et al, 2010) گزارش کردند که گیاه برنج با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در سه تقسیط، بیشترین جذب نیتروژن را در دانه و اندام هوایی به میزان ۱۲۸/۳ کیلوگرم در هکتار داشته و کارایی بازیافت آن ۵۲/۸۳ درصد بوده که با توجه به عملکرد بالاتر، کارایی زراعی آن ۲۰ کیلوگرم دانه به ازای یک کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود.



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر کارایی زراعی آن در ماده خشک اندام هوایی نیشکر

Fig.6- Effect of different levels of nitrogen application on Agronomic N use efficiency of Dray matter

کارایی زراعی نیتروژن از نظر تولید شکر: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن در تولید شکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی روش تقسیط کود و اثرات متقابل مقدار نیتروژن و روش تقسیط کود اثر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن در تولید شکر به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۷)، به طوری که، این کاهش برای دو تیمار کمترین مقدار کاربرد نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و بیشترین مقدار مصرف نیتروژن (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در حدود ۴۹ درصد بود (جدول ۵).



شکل ۷- تأثیر سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر کارایی زراعی آن در تولید شکر

Fig.7- Effect of different levels of nitrogen application on Agronomic N use efficiency for sugar

بهره‌وری جزئی نیتروژن از نظر نیشکر: میزان نیتروژن مصرفی و اثرات متقابل آن در سطح ۱ درصد و روش تقسیم در سطح ۵٪ بر بهره‌وری جزئی نیتروژن معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین بهره‌وری جزئی نیتروژن در تولید نیشکر با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن (میانگین ۱۲۰۴/۱ کیلوگرم نیشکر بر کیلوگرم نیتروژن) حاصل گردید (جدول ۵)، ضمن آنکه تقسیم آن نیز باعث افزایش معنی‌دار بهره‌وری جزئی نیتروژن شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش نیتروژن، بهره‌وری جزئی آن با اختلاف معنی‌داری کاهش یافت به طوری که این کاهش بین دو تیمار کمترین میزان مصرف نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و بیشترین میزان مصرف نیتروژن (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حدود ۵۶ درصد بود (جدول ۵). آرچنا و همکاران (Archana et al, 2008) گزارش کردند که در حضور باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در خاک، بهره‌وری جزئی نیتروژن با افزایش میزان مصرف کود به طور متوسط ۶۸ درصد کاهش یافت.

بهره‌وری جزئی نیتروژن از نظر تولید ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف نیتروژن بر بهره‌وری جزئی نیتروژن در تولید ماده خشک نیشکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطوح نیتروژن، بهره‌وری جزئی نیتروژن در تولید ماده خشک کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد به طوری که افزایش میزان نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، باعث کاهش ۵۷ درصدی بهره‌وری جزئی آن در تولید ماده خشک گردیده است. بیشترین بهره‌وری جزئی مربوط به سطح کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۴۴۹/۷ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی و کمترین مربوط به ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با بهره‌وری جزئی ۱۹۳/۳ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در هکتار بود (جدول ۵).

بهره‌وری جزیی نیتروژن از نظر تولید شکر: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف نیتروژن بهره‌وری جزیی نیتروژن در تولید شکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است ولی روش تقسیط کود و اثرات متقابل مقدار نیتروژن و روش تقسیط کود تأثیری بر این شاخص نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد نیتروژن، بهره‌وری جزیی نیتروژن در تولید شکر با اختلاف معنی‌داری بین تمام سطوح کودی کاهش می‌یابد به طوری که این کاهش بین دو تیمار کمترین مقدار کاربرد نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و بیشترین مقدار مصرف آن (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در حدود ۵۶ درصد بود (جدول ۵). پانایتوا و کوستادینوا (Kostadinova, 2016 & Panayotova) گزارش کردند که با افزایش میزان نیتروژن از ۶۰ به ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، بهره‌وری جزیی دانه و پروتئین دانه در گندم دوروم کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین بهره‌وری جزیی برای عملکرد دانه و میزان پروتئین آن مربوط به تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به ترتیب برابر با ۶۹/۸ و ۷/۲ کیلوگرم نیتروژن بر کیلوگرم بود.

نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها ملاحظه شد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر روی عملکرد نیشکر در سطح یک درصد وجود دارد. هم‌چنین عملکرد ماده خشک، عملکرد شکر، ارتفاع بوته و نیتروژن جذب شده در تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با عملکرد ۱۳۴ تن نیشکر در هکتار، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (۷۶ تن شکر در هکتار) و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۲۰/۴ تن در هکتار) نشان داد ولی با تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۳۴/۷ تن در هکتار) و تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۳۴/۴ تن در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت. تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد شکر مشابه اثرات آنها بر عملکرد نیشکر بوده و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن با ۱۴/۵۳ تن شکر سفید در هکتار تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۲/۹ تن شکر سفید در هکتار) و تیمار شاهد (۸/۵ تن شکر سفید در هکتار) داشت و با تیمارهای ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۴/۱ تن شکر سفید در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداد. میزان نیتروژن جذب شده در تیمارهای ۱۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. میزان جذب نیتروژن در این تیمارها بترتیب ۱۷۵/۷، ۱۸۲، ۱۸۵/۹، ۱۷۸/۸ کیلوگرم در هکتار بود و در تیمار شاهد بدون کاربرد کود، میزان جذب نیتروژن ۹۶/۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. این نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود، گیاه به

همان نسبت قادر به جذب نیتروژن نمی‌باشد. ارتفاع بوته نیشکر در تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی همه تیمارهای کاربرد کود با تیمار بدون کاربرد کود (شاهد)، اختلاف معنی‌داری نشان داد. تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۷۹ درصد، بیشترین کارایی بازیافت و تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۳۳ درصد، کمترین کارایی بازیافت را به خود اختصاص داد. در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کارایی بازیافت ۰/۵۷ بود و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کارایی بازیافت ۰/۴۵ بود. از نظر کارایی فیزیولوژیک، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد و این بدلیل آن است که اختلاف کارایی فیزیولوژیک بیشتر بدلیل تفاوت در ژنوتیپ گیاه می‌باشد که در این آزمایش ژنوتیپ گیاه یکسان بوده است (جدول ۵). کارایی زراعی و بهره‌وری جزیی نیتروژن متأثر از کارایی بازیافت بوده و همانند آن اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کاربرد کودی مشاهده شد. تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن با ۱۳۴ تن نیشکر و ۱۴/۵ تن شکر در هکتار بهترین تیمار بود. کارایی بازیافت نیتروژن در این تیمار نسبتاً مناسب و حدود ۵۷ درصد بود. هم-چنین کارایی زراعی آن حدود ۳۸۵ کیلوگرم نیشکر و ۴۰/۳۷ کیلوگرم شکر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود.

تشکر و سپاسگزاری

از آقای مهندس ناصر مجدی مدیریت محترم عامل کشت و صنعت امام خمینی^(ره) که ضمن موافقت با اجرای آزمایش مساعدت‌های زیادی نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از آقای مهندس فرشید عبدالهی مدیریت محترم مطالعات کاربردی و سایر همکاران که زحمات زیادی در مراحل مختلف اجرای آزمایش متحمل شدند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

Refrence

- Ahmed, M.A., H. Ferweez, and Saher, M.A. 2009. The optimum yield and quality properties of sugarcane under different organic, nitrogen and potassium fertilizers levels. *Journal Agriculture Research Kafer El-Sheikh University*. 35(3): 879-896.
- Al.Sogheir, K. and Ferweez, H. 2009. Optimum harvesting age of some promising sugar cane genotypes grown under different nitrogen fertilizer levels. *Egyptian Journal of Applied Science*. 24(3): 195-214.
- Alcoz, M. M., F. M. Homs, and Haby, V. A. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual nitrogen. *Agronomy Journal*. 85:1198-1203.
- Archna, S., A. K. Shrivastava, A. Gaur, P. Singh, J. Singh and Yadav, R. L. 2008. Nitrogen use efficiency of sugarcane in relation to its BNF potential and population of endophytic diazotrophs at different N levels. *Plant Growth Regulation*. 54: 1-11.

- Asokan, S. and Mahadevaswamy, M. 2003. Effect of nitrogen and spacing on the yield of sugarcane and uptake of nitrogen. *Madras Agriculture Journal*. 90(10-12):671-674.
- Baba zadeh, SH., M. Nahvi, M. Kavooosi, M. Rezaei, and Gholipour, M. 2010. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and its distribution on recovery, agronomic and physiological efficiency of nitrogen in hybrid rice. papers of 11th Iranian Crop Science Congress. Environmental Sciences Research Institute, shahid Beheshti university, Tehran. Pages: 4930-4932.
- Bahmani, O. 2011. Water stress management for optimal water and nitrogen fertilizer use in sugarcane growing areas. 2011. *Iranian Water Research Journal*. 5(8): 153-160.
- Blackshaw, R.E., R. N. Brandt, H. Hanzen, T. Entz, C.A. Grant, and Derksen, D.A. 2008. Differential response of used specie to added nitrogen. *Weed Science*, 51: 532-539.
- Broadbent, F. E., S. K. Dedatta, and Laureles, E. V. 1987. Measurement of nitrogen utilization efficiency in rice genotype. *Agronomy Journal*. 79: 786-791.
- Crasswell, E. T. 1987. The efficiency of urea fertilization under different environmental conditions. *Soil. Science Society American Journal*. 62:930-937.
- De Geus, J.G. 1973. Sugar crops. Pp. 136 . 182. In: De Geus JG., (ed). *Fertilizer guide for the Tropics and Subtropics*. 2nd ed., Centre D'Etude de L'Azote, Zurich.
- Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. p.1-28. In *Fertilizer Best Management Practices*. Proceedings of IFA International Workshop, 7-9 March. 2007. Brussels, Belgium.
- Erisman, J. W., M.A. Sutton, J. Galloway, Z. Klimont, and Winiwarter, W. 2008. How a Century of ammonia synthesis changed the world *Nature*. *Geoscience*, 1, 636-639.
- Gan, Y., S. S. Malhi, S. Brandt, F. Katepa-Mupondwa, and Stevanson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of *juncea* Canola under diverse environments. *Journal Agronomy*. 100: 285-295.
- Gana, A. K. 2008. Determination of optimal rate of nitrogen for chewing sugarcane production in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Sugar Technologists*. 10: 278-279.
- George O. Achieng, Samwel O. Nyandere, Philip O. Owuor, Gordon O. Abayoand and Chrispine O. Omondi. 2013. Effects of Rate and Split Application of Nitrogen Fertilizer on Yield of Two Sugarcane Varieties from Ratoon Crop. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 3 (3), pp. 235-239.
- Gholizadeh, A., S. Lorzadeh, and Aryan nia, N. 2010. Evaluation of nitrogen use efficiency under different methods of nitrogen fertilizer application on nitrogen harvest index, agronomic efficiency, physiological efficiency and apparent recovery efficiency of maize S.C.704 cultivar in khouzestan. Articles of 11th Iranian Crop Science Congress. Environmental Sciences Research Institute, shahid Beheshti university, Tehran. Pages: 2692-2695.
- Guardda, G., S. Padovan, and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bred-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European journal of agronomy*. 21: 181-192.
- Huggins, D. R., and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Journal Agronomy*. 85: 898-905.

- Koocheiki, A., M. Hosseini, and Hashemi Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture Systems. Mashhad University Press.
- Koocheiki, A., M. N. Mahalati, R. A. Moradi, and Alizadeh, Y. 2015. Effect of different nitrogen levels on performance and nitrogen use efficiency in maize and cotton mixed crops. *Iranian Journal of Agriculture Research*. 13(1): 1-13.
- Koocheiki, A., M. N. Mahalati, R. Moradi, and Mansoori, H. 2017. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran. I: Improving Resources Use Efficiency. *Journal of Agroecology*. 9(3): 618-637.
- Koteva, V., and Marcheva, M. 2012a. Productivity of common wheat variety Mirjana grown with reduced mineral fertilizing. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 3: 55-62 .
- Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., and Redondo, R.. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*. 94: 86 -97.
- Martin, F. A. 1994. Standard Operating Procedures Manual for the Louisiana Sugarcane Variety Development Program, version 1994. LSU Agricultural. Exp. Station., Baton Rouge, LA.
- Muchovej, R. and Newman, P. 2004. Nitrogen fertilization of sugarcane on sandy soil: I. Yield and leaf nutrient composition. *Journal American Society Sugarcane Technologists*. 24: 210-224.
- Nassiri, M. and Koocheeki, A. 2017. Trend analysis of nitrogen use and productivity in wheat (*Triticum aestivum* L.) production systems of iran. *Journal of Agroecology*. 9(2): 360-378.
- Nassiri, M. and Koocheeki, A. 2017. Life cycle assessment in wheat production systems in Iran: comparison of input levels. *Journal of Agroecology*. 9(4): 1-25.
- Novoa, R. and Loomis, R. S. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant Soil*. 58: 177-204.
- Panayotova, G., and Kostadinova, S. 2016. Partial factor productivity of nitrogen fertilizer on grain and grain protein yield of durum wheat cultivars. *Agricultural science and technology*. Vol.8, no. 1. pp: 28-36.
- Peng, S., R. J. Buresh, J. Huang, J. Yang, Y. Zou, X. Zhong, G. Wang, and Zhang, F. (2006). Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice system in China. *Field Crops Research*, 96, 37-47.
- Peng, Y., J. Niu, Z. Peng, F. Zhang, and Li, C. 2010. Shoot growth potential drives N uptake in maize plants and correlates with root growth in the soil. *Field Crops Research*. 115:85-93.
- Plenet, D., and Lemaire, G. 2000. Relationship between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant Soil*. 216: 65-82.
- Rathey, A. R. and Hogarth, D. M. 2001. The effect of different nitrogen rates on CCS accumulation over time. In proceeding international society of sugar cane technologists. Brisbane, Australia, 24, 168-170.
- Rizk, N. S., A.Y. El Bashbishy, and Rasian, M.E. 2002. Effect of macro and micro-nutrients and farmyard manure on sugar cane. *Annals of Agriculture science Moshtohor*. 40(4): 2311-2316.
- Robinson, N., A. Fletcher, A. Whan, C. Critchely, N. Von Wiren, P. Lakshmanan and Schmidt, S. 2007. Sugarcane genotypes differ in internal nitrogen use efficiency. *Functional Plant Biology*. 34: 1122-1129.

- Sattermacher, B., W. J. Horst, and Becker, H. C. 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 157:215-224.
- Semenov, M. A., P. D. Jamieson, and Martre, P. 2007. Deconvoluting nitrogen use efficiency in wheat: A simulation study. *European Journal Agronomy.* 26: 283-294.
- Shomeili, M., and Bahrani, M. J. 2013. Effect of irrigation and nitrogen on sugarcane yield, water-use efficiency, soil moisture depletion and nitrogen uptake in Iran. *Proceeding International Society Sugar Cane Technologists.* Vol. 28.
- Srivastava, S.C., and Suarez, N. R. 1992. Sugarcane. In: W. Wichmann, editor, *World Fertilizer use manual.* BASF AG, Germany. p. 257-266.
- Thornburn, P.J., E.A. Meiera, and Probert, M.E. 2005. Modelling nitrogen dynamics in sugarcane systems. Recent advantages and applications. *Field Crop Research.* 92: 317-351.
- Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor, and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature.* 418: 671-677.
- Uribelarre, M., S. P. Moose, and Below, F. E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. *Field Crops Research.* 100: 82-90.
- Vallis, I., V. R. Catchpole, R. M. Hughes, R. J. K. Myers, D.R. Ridge, and Weier, K.L. 1996. Recovery in plants and soils of ¹⁵N applied as subsurface bands of urea to sugarcane. *Australian Journal of Agricultural Research* 47,355–370. doi: 10.1071/AR9960355.
- Wood, R.A. 1964. Analogous nitrogen mineralization effects produced by soils under grass leys and sugar cane. *International Congress on Soil Science,* 8:255-260.

Determination of Nitrogen Use Efficiency and Optimization in Sugarcane

Introduction

In recent years, farmers have shown a high tendency towards using different types of chemical fertilizers, including nitrogen, to reach the maximum crop yield. This attitude is led to problems such as environmental pollution, reducing the quality and lowering health of the agricultural products. In addition it is strongly evidenced that use efficiency of applied nitrogen will be reduced with increasing fertilizer rate. To achieve high cane yields application of nitrogen fertilizer in sugarcane cultivation is absolutely necessary and inevitable. However, use efficiency of applied nitrogen in sugarcane production areas of Iran is not fully investigated. In this research nitrogen uptake, utilization and use efficiency of sugarcane was studied under different rates and methods of fertilizer application.

Materials and Methods

The experiment was conducted in the one of the sugarcane fields in Imam Khomeini Agro-industrial Complex located in Shushtar city, Khuzestan province in 2014-2015. The experiment was conducted as a split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications. Five levels of nitrogen application rate (0, 100, 150, 200, 250 kg N ha⁻¹) were assigned to the main plot and two fertilizer splitting methods (splitting to three and four portions) were allocated to sub plots. Nitrogen fertilizer was applied with irrigation water. Every two weeks, whole sugarcane plant in each plot was cut and weight after drying. Dry matter yield of aboveground organs and nitrogen content of the whole plant was measured in a composite sample taken from the harvested crop. In order to study the nitrogen efficiency, its components including Nitrogen Apparent Recovery Efficiency (N_{ARE}), Nitrogen Physiological Efficiency (N_{PE}), Nitrogen Agronomic Efficiency (N_{AE}) and Nitrogen Partial Factor Productivity (N_{PFP}) were calculated. The data were subjected to analysis of variance and means were compared by Duncan's multiple range test at probability level of 5%.

Results and Discussion

Nitrogen application rates were significantly different in of N_{ARE}, N_{AE} and N_{PFP}, in such a way these indices decreased with increasing nitrogen level. The application of nitrogen fertilizer in comparison with control caused an increase of about 44% in sugarcane yield. Increasing the number of fertilizer splits had no significant effect on sugarcane yield. Increasing nitrogen application rate resulted in a significant reduction in N_{ARE} of sugarcane, but N_{AE} was significantly increased with increasing the number of fertilizer splits. Application of nitrogen in comparison to control increased the dry matter yield by 20.5 ton per hectare (up to 41%). N_{ARE} and N_{AE} on the basis of dry matter yield were decreased with increasing nitrogen rates. The same results was obtained when N_{ARE} and N_{AE} were calculated for sugar yield.

Conclusion

Application of 150 kg N per hectare with 134 tons cane yield and 14.53 tons sugar yield per hectare can be recommended as the nitrogen application rate considering economic issues. The N_{ARE} of this level of nitrogen was reasonably acceptable and about 57%. Furthermore, its N_{ARE}, was 385.8 kg for cane and 40.37 kg of sugar per kg of applied nitrogen. Applying this amount of nitrogen N_{PFP} of 893.28 kg cane and 96.99 kg of sugar per kg of nitrogen was obtained. Further investigations on the environmental impacts of nitrogen fertilizers in sugarcane production systems of Iran are required.

Keywords: Cane yield, Nitrogen agronomic efficiency, Nitrogen recovery efficiency,

پاسخ سوالات داور محترم اول:

تمام اصلاحات نگارشی و ساختاری مورد نظر اعمال شد.

بر اساس فرمت مجله مجدداً بازبینی صورت گرفت.

پاسخ سوال: چرا کود نیتروژن اسپلینت شده است؟؟؟ بهتر نبود بصورت فاکتوریل اجرا می شد؟؟؟؟ کوددهی نیتروژن در زراعت نیشکر به صورت کود همراه با آبیاری است و امکان اجرای آن به صورت فاکتور وجود ندارد، و به همین منظور به صورت اسپلینت پلات جهت عدم تداخل و رعایت اصول آماری اجرا گردید.

پاسخ سوال بعدی: کود همراه با آب منظور استفاده از کود همراه با آب آبیاری یا fertigation است.

پاسخ یعنی تکرارها پشت سرهم آبیاری می شده؟؟؟ تکرار با همدیگر ارتباط ندارند و بین آنها فاصله وجود دارد و همزمان به صورت جداگان آبیاری شدند.

پاسخ: باچه روشی؟؟؟ با روش هضم به روش کلدال اندام هوایی گیاه اندازه گیری شد.

پاسخ: درصد نیشکر برچه اساسی اندازه گیری شد؟؟؟ درصد صفات کمی گیاه نیشکر در واحد سطح اندازه گیری و محاسبه شد.

پاسخ: وقتی عملکرد و شکر بررسی شده نیازی به بررسی کارایی بر اساس ماده خشک نبود: عملکرد شامل تنها وزن ساقه است لیکن ماده خشک که درصد شکر بر اساس آن محاسبه شده، شامل کل زیست توده می باشد.

پاسخ دلیل این امر بنظر نویسندگان محترم چیست؟؟؟ افزایش نیتروژن باعث تحریک بیشتر رشد رویشی و در نتیجه افزایش درصد قندهای اینورته به ساکارز و ثانیا افزایش ماده خشک گیاه به درصد شکر میگردد.

پاسخ پیشنهاد شما به کشاورزان منطقه چیست؟؟ نیشکر در ایران تنها به صورت مکانیزه و کشت و صنعت است، پیشنهاد ما همین تیمار ۱۵۰ کیلو که توضیح داده شد است.

پاسخ سوالات داور محترم دوم

اصلاحات نگارشی انجام شد.

تیمارهای مورد نظر تعیین و به متن اضافه شد.

روش محاسبه درصد شکر در هکتار به مواد و روش ها اضافه شد.