Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۱۸-۶۹۹

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 699-718

ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های زراعی تولید گندم (*Triticum aestivum* L.)

حمیدرضا توکلی کاخکی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲*]، علیرضا کوچکی[۲]، محسن جهان[۳] و علیرضا بهشتی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۳

توکلی کاخکی، ح.، نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، جهان، م.، و بهشتی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های زراعی تولید گندم (*Triticum aestivum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳):

چکیده

نظام‌های رایج کشاورزی برای حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک به کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی وابسته می‌باشند.گرچه مصرف کودهای نیتروژنی نقش قابل توجهی در افزایش عملکرد داشته است، اما مصرف بی‌رویه آن با کاهش کارایی مصرف نیتروژن همراه بوده است. این پژوهش به‌منظور بررسی و تجزیه و تحلیل، روند تغییرات کارایی مصرف نیتروژن و تعیین سهم نسبی اجزای کارایی در نظام‌های زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از مدل CENTURY انجام شده است. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد که میانگین کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های زراعی گندم این مطالعه ۲۸/۳ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن فراهم یا قابل جذب خاک بود. نظام‌های زراعی گندم (تبریز، شیراز، گرگان) بالاترین و در مقابل نظام‌های زراعی (کرمان، بیرجند، زابل) کمترین کارایی مصرف نیتروژن را دارا بودند. بررسی روند تغییرات عملکرد در مقابل کارایی مصرف نیتروژن نشان داد با افزایش یک واحدکارایی مصرف نیتروژن، عملکرد با شیبی معادل۰/۱۴ تن افزایش یافته است. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف نیتروژن با کارایی تبدیل ($r=0.73$ $p\leq0.01$) و جذب نیتروژن ($r=0.69$ $p\leq0.01$) به‌دست آمد. همچنین، تفکیک سهم نسبی اجزای کارایی مصرف نیتروژن حاکی از آن بود که در دامنه مصرف ۱۲۰-۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سهم نسبی اجزای کارایی جذب و تبدیل به‌ترتیب ۶۴ و ۳۶ درصد بود که با افزایش مصرف نیتروژن به‌میزان ۱۶۰-۱۲۱ کیلوگرم در هکتار سهم نسبی کارایی جذب به ۳۳ درصد وکارایی تبدیل به ۶۷ درصد تغییر یافت. به‌نظر می‌رسد در نظام‌های تولید گندم هنگامی که جزء غالب کارایی جذب می‌باشد مدیریت زراعی و استفاده از روش‌های اصلاحی زمانی که جزء غالب کارایی تبدیل می‌باشد به عنوان رهیافت‌های پیشنهادی در جهت بهبود کارایی مصرف نیتروژن مورد توجه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز اجزاء کارایی، کارایی تبدیل نیتروژن،کارایی جذب نیتروژن، همبستگی

مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی محدودکننده تولید در نظام‌های زراعی است (Gastal et al., 2014). پایداری و توسعه بسیاری از نظام‌های تولیدی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم وابسته به نیتروژن موجود در خاک می‌باشد (Delgado & Shaffer, 2008). بیشتر بودن سود حاصل از نسبت محصول اقتصادی به کود مصرفی موجب شده در چند دهه اخیر استفاده از کودهای نیتروژنی توسط کشاورزان افزایش یابد (Gastal et al., 2014) این امر کاهش مقدار تولید به ازای واحد نهاده مصرف شده را در سیستم‌های زراعی به همراه داشته است (Grassini & Cassman, 2012). البته صرف‌نظر از همبستگی افزایش عملکرد با نیتروژن ($r=0.93$)که در سطح نظام‌های زراعی غلات و حبوبات گزارش شده است، شکل استفاده از

۱- مربی پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: mnassiri@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.54239

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن نیز در طی سال‌های (۲۰۰۷-۱۹۶۱) از فرم کود آلی و تثبیت بیولوژیکی به استفاده از کود صنعتی تغییر یافته است (Conant et al., 2013). به‌عنوان مثال در حالی که در سال ۲۰۱۱ مصرف کود نیتروژنی ۱۰۸ میلیون تن گزارش شده است این رقم در سال ۲۰۱۵ به ۱۱۴ میلیون تن افزایش یافته است (Group, 2012).

بر اساس تعریف شاخص کارآیی مصرف نیتروژن (NUE[1]) عبارت است از نسبت عملکرد دانه به‌ازای هر واحد نیتروژن در دسترس گیاه (نیتروژن خاک + نیتروژن کود مصرفی) که از حاصل‌ضرب دو جزء کارایی جذب نیتروژن (NU_pE[2]) و کارایی تبدیل نیتروژن (NU_tE[3]) حاصل شده است (Moll, 1982). در این رابطه کونات و همکاران (Conant et al., 2013) بیان داشتند در سطح نظام‌های زراعی دنیا ۴۰ درصد از نیتروژن مصرف شده بازیافت یا جذب می‌شود. همچنین نتایج ارزیابی‌های تیلمن و همکاران (Tilman et al., 2002) نشان داد که افزایش مصرف کودهای نیتروژنی کارایی مصرف نیتروژن را از ۷۰ کیلوگرم گندم به‌ازای هرکیلوگرم نیتروژن در سال ۱۹۶۰ به ۲۲ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن در سال ۲۰۰۱ کاهش داده است. نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014) با بررسی روند تغییرات مصرف و بهره‌وری نیتروژن در نظام‌های تولید گندم در طی دوره‌ای ۴۰ ساله (۱۳۸۹-۱۳۵۰) اظهار داشتند، میانگین رشد سالانه مصرف کود نیتروژنی و عملکرد در بوم‌نظام‌های تولید گندم ایران در طی ۴ دهه به‌ترتیب ۹/۵ و ۳/۴ برابر شده است. ون سنفورد و مکون (Van Sanford & MacKown, 1986) در بررسی خود بر روی ۲۵ ژنوتیپ گندم زمستانه دریافتند که سهم نسبی کارایی جذب نیتروژن از کارایی مصرف نیتروژن ۵۴ درصد می‌باشد که تقریباً اهمیت یکسانی با سهم نسبی کارایی تبدیل نیتروژن یعنی ۴۶ درصد داشت. داگا و وینز (Dhugga & Waines, 1989) ۱۲ ژنوتیپ گندم نان و دو ژنوتیپ گندم دوروم را در سه سطح ۷۵، ۱۷۵ و ۲۷۵ کیلوگرم محتوی نیتروژن (خاک + کود) مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها بیان داشتند که با افزایش محتوی نیتروژن خاک سهم نسبی کارایی تبدیل به‌عنوان جزء غالب در کارایی مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعه‌ای که در هند با استفاده از مدل QUEFTS انجام شد، کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های تولیدی گندم آبی بین ۲۷ الی ۶۰ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن متغیر بود (Pathak et al ., 2003). همچنین سمینوف و همکاران (Semenov et al., 2007) در پژوهشی با استفاده از مدل Sirius کارایی مصرف نیتروژن را در نظام‌های تولیدی گندم انگلستان و اسپانیا مورد بررسی قرار دادند، نتایج این محققین نشان داد مدیریت نیتروژن و شرایط آب و هوایی بیشترین تغییرات را درکارایی مصرف نیتروژن ایجاد می‌نماید. آن‌ها بیان داشتند در صورت عدم محدودیت رطوبتی ۵۱ درصد تغییرات کارایی مصرف نیتروژن ناشی از مدیریت نیتروژن و ۳۲ درصد متأثر از شرایط آب و هوایی و درصورت محدود بودن رطوبت بیش از ۴۰ درصد تغییرات ناشی از شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی است در همین رابطه نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahalati & Koocheki, 2014) اظهار داشتند، کارایی جذب نیتروژن در بوم نظام‌های گندم کشور ۳۵/۵ درصد می‌باشد. در مقابل کارایی تبدیل نیتروژن با میانگین ۴۰ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده در طی دوره این مطالعه روندی صعودی داشته است.

گرچه مدل‌های مختلفی به‌منظور شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در نظام‌های زراعی وجود دارند، اما انتخاب مناسب یک مدل برای ارزیابی چندان کار ساده‌ای نیست، زیرا انتخاب مدل مناسب به آگاهی کافی از توانایی و محدودیت‌های مدل و همچنین چگونگی مدیریت نظام زراعی مورد مطالعه به‌عنوان هدف وابسته می‌باشد (Delgado & Shaffer, 2008). مدل‌های شبیه‌سازی فرآیندهای نیتروژن برای دامنه‌ای از شرایط محیطی و مشکلات زیست‌محیطی از قبیل تلفات ناشی از شستشوی نیتروژن، آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای و تأثیر آن بر تغییر اقلیم و همچنین مدیریت نیتروژن در بوم‌نظام‌ها تعریف شده‌اند (Shafer et al., 2010). جزئیات تشریح شده در این مدل‌ها بسیار متفاوت بوده به‌نحوی که تعدادی از مدل‌ها از پیچیدگی و جزئیات بیشتری در شبیه‌سازی فرآیندها برخوردارند ودر مقابل برخی از مدل‌ها کاملاً ساده می‌باشند.

در رابطه با مصرف کود در ایران نیز شرایط مشابهی وجود دارد به‌طوری که بیش از ۶۱ درصد از مصرف کود به استفاده از کودهای نیتروژنی اختصاص داد و در بین انواع کودهای نیتروژنی دربوم-نظام‌های زراعی کود اوره با دارا بودن سهم ۹۰ درصدی حائز رتبهٔ اول مصرف می‌باشد (Statistical year book,2013). از این رو با توجه به ضرورت و اهمیت شناخت پویایی نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی

۱- Nitrogen Use Efficiency
۲- Nitrogen Uptake Efficiency
۳- Nitrogen Utilization Efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

گندم تحقیق حاضر با هدف، مطالعه ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن و تعیین سهم نسبی اجزای تشکیل‌دهنده کارایی مصرف در نظام‌های تولید گندم آبی، ایران طراحی و اجراء شده است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات اقلیمی مناطق مورد بررسی

در این مطالعه ابتدا ۱۴ منطقه انتخاب و اطلاعات مورد نیاز از نظام‌های تولیدی گندم آبی آن‌ها جمع‌آوری شد. مناطق مورد بررسی در این مطالعه شامل؛ آذربایجان شرقی (تبریز)، اصفهان (اصفهان)، البرز (کرج)، خراسان جنوبی (بیرجند)، خراسان رضوی (مشهد)، خوزستان (اهواز)، سمنان (شاهرود)، سیستان وبلوچستان (زابل)، فارس (شیراز)،کرمان (کرمان)،کرمانشاه (کرمانشاه)،گلستان (گرگان)، همدان (همدان) و اردبیل (پارس‌آباد مغان) بود. علاوه بر داده‌های جغرافیایی و مکانی مورد نیاز اطلاعات زراعی هر یک از مناطق مورد مطالعه شامل تناوب، تاریخ کاشت، برداشت، تراکم بوته، میانگین عملکرد، مقدار مصرف کود در هکتار، زمان و نحوه تقسیط کود، مقدار آب مصرفی، تاریخ آخرین آبیاری، زمان آماده‌سازی اولیه و ثانویه بستر کاشت و میزان بقایای محصول قبلی با تنظیم پرسشنامه از مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی و مصاحبه با کشاورزان پیشرو، جمع‌آوری شد. همچنین داده‌های اقلیمی بلند مدت ایستگاه‌های سینوپتیک و هواشناسی مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور و پژوهشکده اقلیم‌شناسی اخذ شده است. در این رابطه داده‌های اقلیمی ورودی به مدل شامل متوسط درجه حرارت بیشینه وکمینه ماهانه، انحراف معیار درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه، جمع بارندگی ماهانه و انحراف معیار بارندگی ماهانه بود که به‌منظور بررسی دقیق‌تر، اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک دردامنه زمانی ۱۵ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۴ میلادی) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت (جدول ۱).

با توجه به تغییرات مکانی، داده‌های خاک‌شناسی مورد نیاز از مطالعات تفصیلی، نیمه‌تفصیلی و همچنین نقشه‌های خاک شناسی، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، تهیه شد (جدول ۱).

شبیه‌سازی پویایی نیتروژن

مدل‌های متفاوتی برای شبیه‌سازی پویایی نیتروژن در بوم-نظام‌های زراعی وجود دارند، ابتدا انتخاب مناسب‌ترین مدل که تطابق‌پذیری بهتری با شرایط اجراء را دارا بود، انجام شد. دراین مطالعه از مدل CENTURY ver.4.6 (Parton & Rasmussen, 1994; Parton, 1996) به‌منظور شبیه‌سازی جریان نیتروژن در نظام‌های زراعی گندم استفاده شد. مدل قادر است با تلفیق اثر متغیرهای اقلیمی، خاک و مدیریت زراعی امکان شبیه‌سازی فرآیندهای چرخه نیتروژن (N) را درسیستم‌های مختلف از جمله بوم نظام‌های زراعی فراهم آورد (Parton et al., 1992). نتایج خروجی در این مدل در فاصله زمانی یک ماهه ارائه می‌شود و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) در مدل تابعی از متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه می‌باشد (Linacre, 1977). متغیرهای مکانی شامل؛ طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع، متغیرهای اقلیمی؛ متوسط درجه حداقل و حداکثر ماهانه، جمع بارندگی ماهانه، انحراف معیار درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه متغیرهای گیاهی شامل؛ نوع محصول، شاخص برداشت، درجه حرارت بهینه رشد، درجه حرارت پایه، حداکثر عمق ریشه و ارتفاع، متغیرهای مدیریتی شامل؛ تاریخ کاشت، برداشت، نحوه آماده‌سازی بستر بذر، زمان، مقدار و نوع کود مصرفی، مقدار آب مصرفی، عمق آبیاری و مقدار بقایا از جمله مهم‌ترین متغیرهای ورودی این مدل است. در ادامه از خروجی‌های به‌دست آمده شامل عملکرد اقتصادی و بیولوژیک ($g.m^{-2}$)، مقدار نیتروژن جذب شده ($g.m^{-2}$)، مقدار کل نیتروژن معدنی خاک در عمق توسعه ریشه ($g.m^{-2}$) و مقدار نیتروژن خالص مصرف شده از طریق کود ($g.m^{-2}$) به‌منظور محاسبه شاخص‌های مورد مطالعه استفاده شد. جهت محاسبه مقدار نیتروژن معدنی خاک از روش رگرسیون خطی استفاده شد، بدین منظور، رابطه (SMN[1]) با مقدار ماده آلی خاک (SOM[2]) که از نتایج مطالعات تفصیلی و نیمه‌تفصیلی به‌دست آمده بود، مورد بررسی قرار گرفت.

اعتبار سنجی مدل

به‌منظور اعتبار سنجی مدل از داده‌های آزمایش‌های مزرعه چندین منطقه که بر اساس تولید درشرایط عملکرد پتانسیل مدیریت شده بودند، استفاده شد (جدول ۲).

۱ - Soil Mineral Nitrogen

۲ - Soil Organic Matter

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical and climate characteristics of the studied regions

منطقه Region	طول جغرافیایی Longitude (^{0}E)	عرض جغرافیایی Latitude (^{0}N)	بافت Texture	کربن آلی†† (درصد) Organic carbon (%)	متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Annual mean Rainfall (mm)	متوسط درجه حرارت سالانه (درجه سانتی-گراد) Annual mean temperature (^{0}C)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
اصفهان Esfahan	51° 40′	32° 37′	رسی لومی CL	0.41	145	17.02	1551
اهواز Ahvaz	48° 40′	31° 20′	رسی سیلتی SiC	0.45	192	26.59	22.6
بیرجند Birjand	59° 12′	32° 52′	لومی شنی SL	0.20	132	16.86	1491
پارس‌آباد parsabad	47° 55′	39° 39′	رسی لومی CL	0.6	286	15.53	31.9
تبریز Tabriz	46° 17′	38° 05′	لومی شنی SL	0.49	243	13.66	1361
زابل Zabol	61° 29′	31° 2′	لوم L	0.19	38	23.15	489
شاهرود Shahrod	54° 57′	36° 25′	لوم L	0.28	140	15.67	1349
شیراز Shiraz	52° 36′	29° 32′	لومی رسی سیلتی SiCL	0.65	298	18.46	1484
کرج Karaj	50° 54′	35° 55′	لوم L	0.54	267	15.63	1312
کرمانشاه Kermanshah	47° 9′	34° 21′	لومی رسی سیلتی SiCL	0.52	379	15.60	1318
کرمان Keman	56° 58′	30° 16′	لوم L	0.23	118	16.78	1764
گرگان Gorgan	54° 24′	36° 54′	لومی رسی سیلتی SiCL	0.80	515	18.11	0
مشهد Mashhad	59° 38′	36° 16′	لوم L	0.38	220	15.93	999
همدان Hamedan	48° 32′	34° 52′	لوم L	0.58	308	12.1	1741

† CL= لومی رسی ، SiC = رسی سیلتی ، SL= لومی شنی ، L = لوم ، Sicl = لومی رسی سیلتی

CL= clay loam; =silty clay; SL= sandy loam; L=loam; Sicl= silty clay loam

درصد ماده آلی از حاصل‌ضرب درصد کربن آلی در ۱/۷۲ محاسبه شد.

Percentage of the organic matter was obtained by multiplying organic carbon percentage by 1.72. (Jimenez & Garcia, 1992)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- آزمایش‌های انتخاب شده برای تعیین اعتبار مدل
Table 2- Selected experiments for model validation

نوع داده Type of data	منطقه Region	طول جغرافیایی Longitude (^{0}E)	عرض جغرافیایی Latitude (^{0}N)	منبع Source
کاربرد کود نیتروژن Nitrogen application	شیراز Shiraz	52° 36′	29° 33′	Bahrani & sarvestani (2007)
کود نیتروژن N-Fertilizer	کرمان Kerman	57° 05′	30° 17′	Khaseh serjani et al. (2011)
کود نیتروژن N- Fertilizer	اهواز Ahvaz	48° 41′	31° 09′	Gerami et al. (2013)
کود نیتروژن N- Fertilizer	اهواز Ahvaz	40° 20′	32° 20′	Madhej et al (2009)
کود نیتروژن N- Fertilizer	اصفهان Esfahan	51° 23′	32° 32′	Pourazari et al. (2011)
کاربرد کود نیتروژن Nitrogen application	بیرجند Birjand	59° 13′	32° 56′	Farshid et al. (2012)
کاربرد کود نیتروژن Nitrogen application	کرج Karaj	50° 54′	35° 55′	Shahabifar & Daryashenas (2004)
کود نیتروژن N- Fertilizer	مشهد Mashhad	59° 38′	36° 16′	Bakhshaie et al. (2014)
کود نیتروژن N- Fertilizer	شاهرود Sahroud	54° 57′	36° 30′	Taghipoor (2005)
کود نیتروژن N- Fertilizer	گرگان Gorgan	54° 30′	37° 45′	Hosseni (2011)
آبیاری و کود نیتروژن Irrigation and N- fertilizer	تبریز Tabriz	46° 17′	38° 05′	Anabi Melani (2007)

در این پژوهش ارزیابی اعتبار مدل، با استفاده از سه شاخص جذر مجموع مربعات نرمال شده خطا (nRMSE[۱])، شاخص d یا تطابق[۲] و ضرایب رگرسیونی خطی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده انجام شد. شاخص nRMSE با استفاده از معادله (۱) (Yang et al., 2014).

$$nRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2}{n}}.\frac{100}{\bar{o}}$$ معادله (۱)

و شاخص d با استفاده از معادله (۲) (Willmott, 1982) محاسبه شد.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|p_i - \bar{o}| + |o_i - \bar{o}|)^2}\right]$$ معادله(۲)

۱- Normalized-root mean square error

۲- Index of agreement

در معادله‌های (۱ و ۲) p_i و o_i به‌ترتیب مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی و $\bar{o}$ میانگین مقادیر واقعی می‌باشد. nRMSE به‌صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیر واقعی و شاخص d در دامنه (۱-۰) بیان می‌شود. نزدیک بودن این شاخص به عدد ۱ نشان‌دهنده اعتبار بیشتر مدل می‌باشد.

محاسبه کارایی جذب، تبدیل و آنالیز اجزای[۳] کارایی مصرف نیتروژن

کارایی جذب مقدار نیتروژن برداشت شده توسط گیاه به‌ازای هر واحد نیتروژن موجود در خاک (نیتروژن کود + نیتروژن معدنی) و کارایی تبدیل اقتصادی نیتروژن که در این تحقیق به اختصار کارایی تبدیل نیتروژن نامیده می‌شود، شامل مقدار دانه تولید شده به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه با استفاده از معادله‌های (۳ و۴) به‌دست آمد (Weih et al., 2011).

۳- Component analysis

www.SID.ir

Archive of SID

معادله (۳)
$$NUpE = \frac{N_u}{N_{s+f}}$$

معادله (۴)
$$NUtE = \frac{G_w}{N_u}$$

در این معادلات NUpE کارایی جذب نیتروژن (N_u ($g\ g^{-1}$ نیتروژن جذب شده توسط گیاه ($g.m^{-2}$) و N_{s+f} نیتروژن مصرف شده ($g.m^{-2}$) شامل جمع کل نیتروژن معدنی خاک + نیتروژن کودی، NUtE کارایی تبدیل نیتروژن ($g.g^{-1}$) و G_w وزن دانه تولید شده بر حسب ($g.m^{-2}$) می‌باشند (Weih et al., 2011).کارایی مصرف اقتصادی نیتروژن که به‌اختصار کارایی مصرف نیتروژن NUE ($g.g^{-1}$) نامیده می‌شود (معادله ۵) از حاصل‌ضرب معادله‌های ۳ و ۴ به‌دست آمد.

معادله(۵)
$$NUE = NUpE \times NUtE$$

NHI[۱] شاخص برداشت نیتروژن (درصد) طبق معادله ۶ محاسبه شد (Foulkes et al., 2009).

معادله (۶)
$$NHI = \frac{G_n}{N_u} \times 100$$

G_n؛ نیتروژن دانه ($g.m^{-2}$) می‌باشد.

به‌منظور تعیین سهم نسبی هر یک از اجزای کارایی مصرف نیتروژن (کارایی جذب و تبدیل) از تجزیه آنالیز اجزای استفاده شد (Moll et al., 1982).

معادله (۷)
$$log(NUE) = log(NUpE) + log(NUtE)$$

چنانچه $log(NUE), log(NU_pE), log(NU_tE)$ به‌ترتیب y, x_1, x_2 باشد.

در این صورت سهم کارایی جذب در کارایی مصرف از معادله ۸ (Moll et al., 1982) به‌دست می آید.

معادله (۸)
$$\sum_{i=1}^{2} x_i y \Big/ \sum y^2 = (r_{yx_i})\, S_{x_i} / S_y$$

که در آن r_{yx_i} ضریب همبستگی x_i و y و S_{x_i} و S_y به‌ترتیب انحراف معیار x_i و y می‌باشد و سهم کارایی تبدیل نیتروژن نیز به‌روش مشابهی برآورد می‌شود. در ادامه محاسبات مربوط به تعیین ضرایب همبستگی و برازش معادلات رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 (Institute SAS, 2005) انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین اعتبار مدل

با توجه به این‌که درآزمایش‌های مزرعه اطلاعات کافی برای اعتبارسنجی کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن در سطح مناطق مورد بررسی وجود نداشت. از این رو، برای اعتبارسنجی این مطالعه از داده‌های آزمایش‌های مزرعه گندم در مناطق مورد مطالعه که به‌منظور به‌دست آوردن عملکرد پتانسیل مدیریت شده بودند استفاده شد (جدول ۲). نتایج تعیین اعتبار مدل برای عملکرد گندم در مناطق مورد مطالعه نشان داد که مدل برآورد مطلوبی در پیش‌بینی پتانسیل عملکرد را دارا می‌باشد. عملکرد مشاهده شده در مناطق مورد مطالعه در محدوده ۷ – ۳/۱۲ با میانگین ۵/۱ تن در هکتار و عملکرد شبیه‌سازی شده در دامنه ۶/۴۷ – ۲/۴۴ با میانگین ۴/۶۲ تن در هکتار متغیر بود. مقادیرشاخص nRMSE و d برای عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۶/۱۱ درصد و ۰/۸۵ به‌دست آمد که مقادیر قابل‌قبولی می‌باشد. چنانچه مقدار جذر میانگین مربعات نرمال شده خطا در دامنه ۲۰-۱۰ درصد میانگین عملکرد مشاهده شده باشد، مدل برآورد مناسبی از مقادیر مشاهده شده دارد (Wallach & Goffinet, 1989). دیهیم فرد و همکاران (Deihimfard et al., 2015) برای اعتبارسنجی مدل APSIM و تخمین عملکرد گندم و تعیین خلاء عملکرد در استان خراسان از شاخص nRMSE و d برای اعتبارسنجی مدل استفاده کردند. این پژوهشگران مقدار این دو شاخص را برای عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب ۵/۱ درصد و ۰/۸۹ گزارش کردند. در مطالعه‌ای که برای پیش‌بینی تولید پتانسیل ذرت دانه‌ای در شمال شرق ایران انجام شد، مقدار جذر میانگین مربعات خطا و شاخص d، توسط مدل CERES-CORN به‌ترتیب ۴/۴۱ درصد و ۰/۸۶ گزارش شده است (Sanjani et al., 2012). نتایج به‌دست آمده از رگرسیون خطی در این مطالعه نشان داد که مدل قادر به توصیف ۶۴ درصد از تغییرات مشاهده شده عملکرد دانه در مناطق مورد بررسی می‌باشد (شکل ۱).

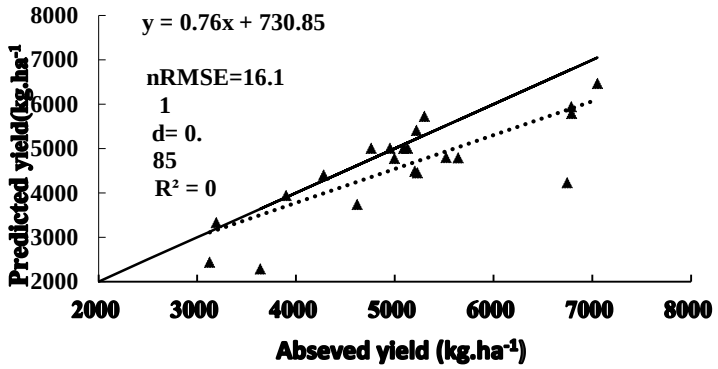
کارایی نیتروژن

ارزیابی خروجی مدل برای مقادیرکارایی‌های نیتروژن در مناطق مورد مطالعه نشان داد، مقدار کارایی مصرف نیتروژن در دامنه ۳۸/۷۰-۹/۲۹ با میانگین۲۸/۳۰ کیلوگرم دانه به‌ازای هرکیلوگرم نیتروژن فراهم متغیر بود.

۱- Nitrogen Harvest Index

www.SID.ir

Archive of SID



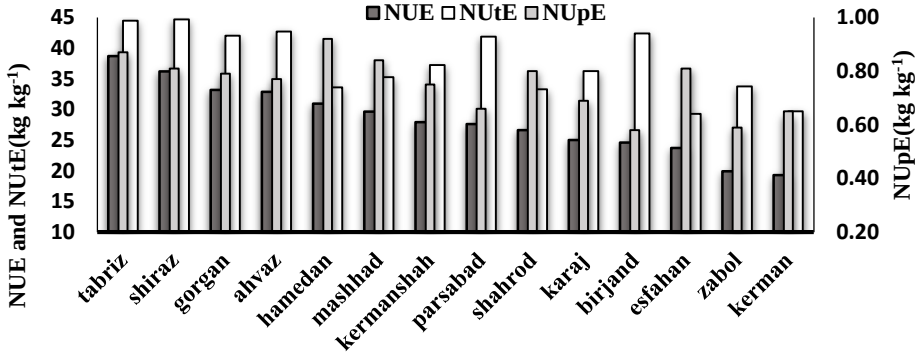
شکل ۱- مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده عملکرد گندم در مناطق مورد مطالعه

خط پیوسته و نقطه چین به‌ترتیب خط ۱:۱ و رگرسیون خطی می‌باشد (n=۲۱).

Fig. 1- Comparison of observed and simulated wheat grain yield in the studied regions

Solid Line (1:1 line) and dotted line are fitted regression line, respectively (n=21).

بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن برحسب کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن فراهم، به‌ترتیب در تبریز ۳۸/۷۰، شیراز ۳۶/۱۷ و گرگان ۳۳/۲۰ و در مقابل کمترین کارایی مصرف نیتروژن عمدتاً در مناطق جنوبی نظیر کرمان ۱۹/۲۹و زابل ۱۹/۹۱ مشاهده شد (شکل ۲). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که مقدار کارایی تبدیل نیتروژن در دامنه ۴۴/۶۶-۲۹/۲۹ با میانگین ۳۷/۶۱ کیلوگرم دانه به‌ازای هرکیلوگرم نیتروژن جذب شده در مناطق مورد بررسی متغیر بود. بیشترین مقدار کارایی تبدیل نیتروژن در شیراز ۴/۶۶، تبریز ۴۴/۴۸ و اهواز ۴۲/۶۹ و کمترین آن در اصفهان ۲۹/۲۹ و کرمان ۲۹/۶۸ مشاهده شد. مقدارکارایی جذب نیتروژن در مناطق مورد مطالعه متفاوت بود. نتایج به‌دست آمده از خروجی مدل نشان داد که متوسط مقدار کارایی جذب در مناطق مورد ارزیابی ۰/۷۵ کیلوگرم نیتروژن جذب شده به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده بود (شکل ۲).



شکل ۲- مقادیر کارایی مصرف (NUE)، تبدیل (NUtE) و جذب نیتروژن (NUpE) گندم در مناطق مورد مطالعه

Fig. 2- Amounts of Nitrogen use efficiency, Nitrogen utilization efficiency and Nitrogen uptake efficiency of wheat in studied regions

اصولاً کشاورزی به‌عنوان یکی از مهمترین فعالیت‌های اقتصادی علاوه بر مدیریت زراعی بیش از هر چیز به شرایط اقلیمی و

www.SID.ir

Archive of SID

خصوصیات فیزیکی خاک منطقه وابسته می‌باشد. در این رابطه علیجانی و همکاران (Alijani et al., 2011) بر مبنای داده‌های ترکیبی ۱۴ استان کشور به بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد گندم آبی پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان دادکه علاوه بر متغیرهای فیزیکی (نهاده‌های مصرفی) متغیر بارندگی اثر مثبت و درجه حرارت اثر منفی بر عملکرد گندم آبی داشته است. در تحقیق حاضر به‌نظر می‌رسد که بیشتر بودن شاخص کارایی مصرف نیتروژن در تبریز، شیراز و گرگان نه تنها ناشی از مدیریت مصرف کمتر کود نیتروژنی در نظام‌های زراعی گندم آبی این مناطق بوده، بلکه حجم قابل توجه بارندگی‌ها در طی فصل رشد، پایین‌تر بودن میانگین درجه حرارت حداکثر و بیشتر بودن درصد ماده آلی خاک به‌عنوان یکی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی تأثیرگذار خاک سبب شده است که شاخص کارایی مصرف نیتروژن در این مناطق بیشتر از سایر مناطق مورد مطالعه باشد. همچنین عواملی مانند بالاتر بودن متوسط مصرف کود نیتروژنی و همچنین کمتر بودن حجم بارندگی‌ها در طی فصل رشد و بالاتر بودن میانگین درجه حرارت حداکثر که کوتاه شدن فصل

جدول ۳- نیتروژن ناشی از مصرف کود و سایر ویژگی‌های اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table 3- Nitrogen use of fertilizer and others climate characteristics of the studied regions

منطقه Location	نیتروژن کو د مصرفی (گرم بر متر مربع) N of fertilizer ($g.m^{-2}$)	ماده آلی خاک (درصد) Soil organic matter (%)	متوسط بارندگی فصل رشد (میلی‌متر) Mean rainfall of growing season (mm)	متوسط درجه حرارت حداکثر سالانه (درجه سانتی‌گراد) Annual mean maximum temperature (^0C)	متوسط درجه حرارت حداقل سالانه (درجه سانتی‌گراد) Annual mean minimum temperature (^0C)
اصفهان Esfahan	12.88	0.70	144	24.36	9.67
اهواز Ahvaz	12.88	0.77	189	33.67	19.51
بیرجند Birjand	8.05	0.34	131	25.02	8.70
پارس آباد Parsabad	18.4	1.03	250	20.90	10.17
تبریز Tabriz	9.20	0.84	229	19.38	7.93
زابل Zabol	8.05	0.32	38	30.80	15.49
شاهرود Shahrod	11.50	0.48	131	21.24	10.10
شیراز Shiraz	11.73	1.11	296	26.46	10.45
کرج Karaj	16.10	0.92	257	21.91	9.41
کرمانشاه Kermansh ah	13.80	0.89	374	23.92	7.29
کرمان Kerman	13.80	0.39	116	25.64	7.93
گرگان Gorgan	9.20	1.37	454	23.61	12.63
مشهد Mashhad	12.65	0.65	216	22.44	9.42
همدان Hamedan	11.50	0.99	301	20.00	4.19

www.SID.ir

Archive of SID

رشد را به‌همراه دارد و در نهایت کمتر بودن درصد ماده آلی خاک و اثر متقابل این متغیرها در کاهش شاخص کارایی مصرف نیتروژن مناطقی مانند کرمان و زابل مؤثر بوده است (جدول۳).

آینه‌بند و همکاران (Ayneband et al., 2011) تأثیر سطوح متفاوت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را در ارقام مختلف گندم مورد ارزیابی قرار دادند آن‌ها مقدار شاخص کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن ارقام جدید و قدیم گندم در شرایط آب و هوایی اهواز را به ترتیب در دامنه ۰/۷۵ – ۰/۵۴ ، ۴۳ – ۳۰/۷ و ۳۲/۴ – ۱۶/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم، گزارش نمودند. مدحج و همکاران (Mdhej et al., 2009) در مطالعه‌ای با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کارایی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بهینه اهواز را به‌ترتیب ۳۲، ۲۱ و ۱۸ کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده اعلام نمودند. در آزمایشی که به‌منظور بررسی اثر کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن ارقام گندم در شرایط اقلیمی گرگان انجام شد، با استفاده ۲۷۰،۱۸۰،۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌ترتیب مقدارکارایی مصرف ۲۶/۲۶، ۲۰/۵۹، ۱۷/۵۳کارایی جذب ۰/۷۹، ۰/۶۴، ۰/۵۴ و کارایی تبدیل ۳۳/۶۴، ۳/۱۲، ۳۲/۷۹ کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش شد (Hosseni et al., 2013). نصیری محلاتی وکوچکی (Nassiri Mahalati & Koocheki, 2014) در بررسی روند تغییرات مصرف و تبدیل نیتروژن در نظام‌های تولید گندم ایران نشان دادند، میانگین ۴۰ ساله (۱۳۸۹–۱۳۵۰) کارایی جذب نیتروژن در بوم‌نظام‌های گندم کشور ۳۵/۵ درصد بود. این محققین، میانگین کارایی تبدیل نیتروژن را ۴۰ کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده گزارش نمودند که در طی دوره مطالعه روندی صعودی داشته است.

جدول ٤- ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مختلف در مناطق تحت بررسی

Table 4- Pearson correlation coefficient between different variables in the studied regions

	1	2	3	4	5	6	7	8
۱- ماده آلی خاک (٪) 1-Soil organic matter (%)		0.91**	0.93**	0.81**	0.50*	0.47	0.67**	0.50*
۲- بارندگی (میلی‌متر) 2-Precipitation (mm)			0.85**	0.75**	0.42	0.43	0.59*	0.48
۳- عملکرد (کیلوگرم در هکتار) 3-Yield ($Kg.ha^{-1}$)				0.84**	0.52*	0.49	0.70**	0.60*
۴- عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) 4-Biological yield($kg.ha^{-1}$)					0.67**	-0.01	0.49	0.09
۵- کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم) 5-Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)						0.03	0.69**	0.04
۶- کارایی تبدیل نیتروژن(کیلوگرم در کیلوگرم) 6 -Nitrogen utilization efficiency ($kg.kg^{-1}$)							0.73**	0.93**
۷-کارایی مصرف نیتروژن(کیلوگرم در کیلوگرم) 7-Nitrogen use efficiency ($kg.kg^{-1}$)								0.68**
۸- شاخص برداشت نیتروژن (درصد) 8-Nitrogen harvest index (%)								1

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

* and ** are significantly at 0.05 and 0.01percent, respectively.

نتایج به‌دست آمده از رابطه ضرایب همبستگی پیرسون در مناطق تحت بررسی نشان داد رابطه مقدار ماده آلی خاک با میانگین ۰/۷۷ درصد و بارندگی سالیانه با میانگین ۲۳۴ میلی‌متر به‌ترتیب با عملکرد دانه ($r=0.93$ $p\leq0.01$) ، ($r=0.85$ $p\leq0.01$) و با عملکرد بیولوژیک ($r=0.81$ $p\leq0.01$)، ($r=0.75$ $p\leq0.01$) مثبت و معنی‌دار بود، همبستگی مثبت و معنی‌دار محتوی کربن آلی خاک و بارندگی با

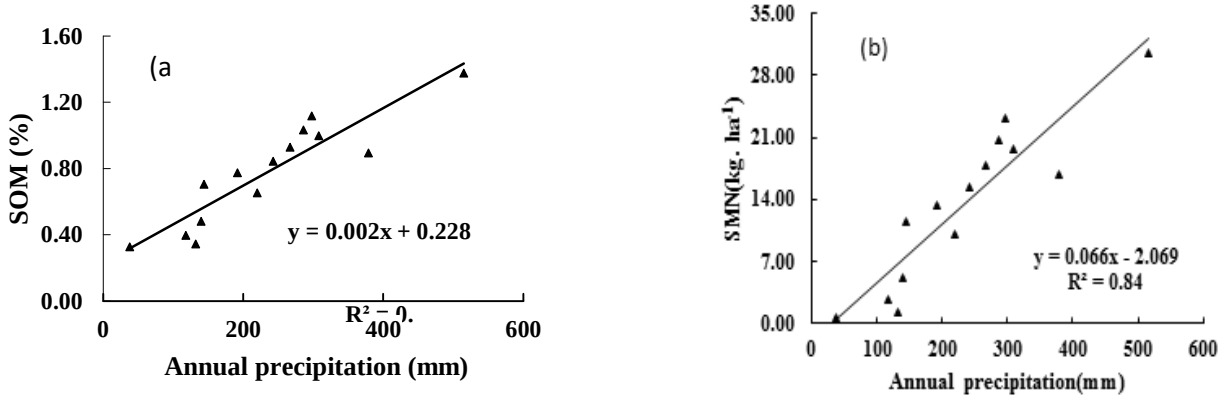
www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Sainju et al., 2009; Mikanová et al., 2012). همبستگی ماده آلی خاک و بارندگی سالیانه با کارایی مصرف نیتروژن به‌ترتیب مقادیر ($r=0.67$ $p\leq0.01$) و($r=0.59$ $p\leq0.05$) را نشان داد که به‌نظر می‌رسد در شرایط محیطی که میزان رطوبت محدود باشد میزان بارندگی می‌تواند بر تغییرات مقدار کارایی مصرف نیتروژن مؤثر باشد در این رابطه سمینوف و همکاران (Semenov et al., 2007) بیان داشتند در شرایط محیطی با محدودیت رطوبت بیش از ۴۰ درصد،کارایی مصرف نیتروژن متأثر از شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی است. همچنین نتایج نشان داد، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف نیتروژن با کارایی تبدیل ($r=0.73$ $p\leq0.01$) و جذب نیتروژن ($r=0.69$ $p\leq0.01$) وجود دارد (جدول ۴). تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین نیز، تأثیر مثبت دو جزءکارایی تبدیل و جذب را برکارایی مصرف نیتروژن مورد تأیید قرار داده است (Moll et al., 1982; Paponov et al., 1996; Hirel and Lemaire, 2006; Semenov et al., 2007; Dawson et al., 2008).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی جذب و تبدیل نیتروژن مشاهده نشد ($r=0.03$ $p\geq0.05$) به عبارتی افزایش جذب نیتروژن با افزایش کارایی تبدیل نیتروژن همراه نبود. همبستگی کارایی جذب نیتروژن با عملکرد دانه ($r=0.52$ $p\leq0.05$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0.67$ $p\leq0.01$) مثبت و معنی‌دار بود، ولی این همبستگی برای کارایی تبدیل نیتروژن مشاهده نشد. چنین نتیجه توسط گاجیو و همکاران (Gaju et al., 2011) در فرانسه و انگلستان و نصیری محلاتی وکوچکی (Nassiri Mahalati & Koocheki, 2014) برای بوم‌نظام‌های تولید گندم در ایران نیزگزارش شده است. همبستگی شاخص برداشت نیتروژن با عملکرد ($r=0.60$ $p\leq0.05$)، کارایی تبدیل ($r=0.93$ $p\leq0.01$) و کارایی مصرف نیتروژن ($r=0.68$ $p\leq0.01$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). فولک و همکاران (Foulkes et al., 2009) اظهار داشتند در صورت فراهم بودن نیتروژن پتانسیل عملکرد با شاخص برداشت نیتروژن در گندم رابطه مثبت و معنی‌دار خواهد داشت.

نتایج حاصل از برازش رگرسیون خطی برای محتوی ماده آلی و نیتروژن معدنی خاک نشان داد ۸۴ درصد از تغییرات مشاهده شده این متغیرها توسط بارندگی سالیانه توجیه می‌شود ($R^2=0.84$). به‌عبارتی افزایش میانگین بارندگی سالیانه به افزایش محتوی نیتروژن معدنی و ماده آلی خاک در مناطق مورد مطالعه منتهی شده است (شکل ۳).



شکل۳- تغییرات مقدار ماده آلی (SOM) و محتوی نیتروژن معدنی خاک(SMN) به عنوان تابعی از بارندگی سالیانه در مناطق مورد مطالعه

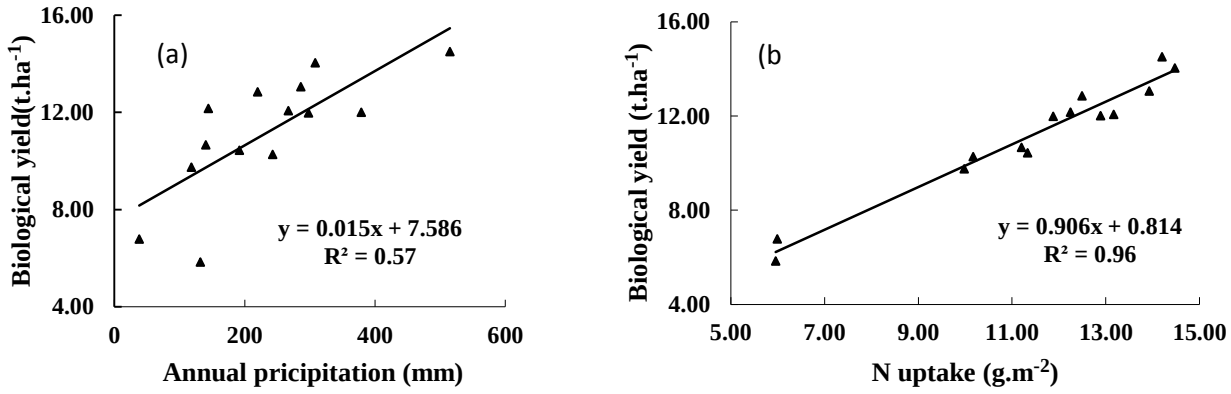
شیب خط رگرسیون بر حسب ماده آلی به ازای میلی متر بارندگی (a) و نیتروژن به ازای بارندگی (b) می‌باشد.

Fig. 3- Soil organic matter and soil mineral nitrogen content as a function of annual precipitation in studied regions

Slope of the regression line is percent of SOM per mm precipitation (a) and SMN per precipitation (b).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- تغییرات مقدار عملکرد بیولوژیک گندم به عنوان تابعی از بارندگی سالیانه و نیتروژن جذب شده در مناطق مورد مطالعه

شیب خط رگرسیون بر حسب عملکرد بیولوزیک به ازای بارندگی (a) و نیتروژن جذب شده (b) می‌باشد.

Fig. 4- Biological yield of wheat as a function of precipitation and nitrogen uptake in studied regions

Slope of the regression line is biological yield per mm precipitation (a) and biological yield per nitrogen uptake (b).

بارندگی یکی از عوامل مؤثر بر تغییرات محتوی کربن آلی خاک محسوب می‌شود. نتایج بررسی‌های انجام شده توسط گابرون و همکاران (Gabarrón-Galeote et al., 2015) نشان داد در شرایط اقلیمی اسپانیا و طی یک دوره سی ساله (۲۰۰۰-۱۹۷۱میلادی) همبستگی محتوی کربن آلی خاک با بارندگی سالیانه (r=۰/۶۱) ، میانگین درجه حرارت (r=۰/۳۹) و تبخیر و تعرق پتانسیل (r=۰/۴۷) بوده است. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان دادکه افزایش بارندگی سالیانه در مناطق مورد مطالعه با افزایش عملکرد بیولوژیک همراه بود در این رابطه شیب خط برازش شده نشان داد که عملکرد بیولوژیک به‌میزان ۱۵کیلوگرم به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی افزایش یافته است. همچنین، بررسی مقادیر پیش‌بینی شده نیتروژن جذب شده و عملکرد بیولوژیک نشان داد که رابطه خطی بین عملکرد بیولوژیک و جذب نیتروژن وجود دارد به‌عبارتی ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد بیولوژیک به‌وسیله میزان نیتروژن جذب شده پیش‌بینی می‌شود (شکل ۴).

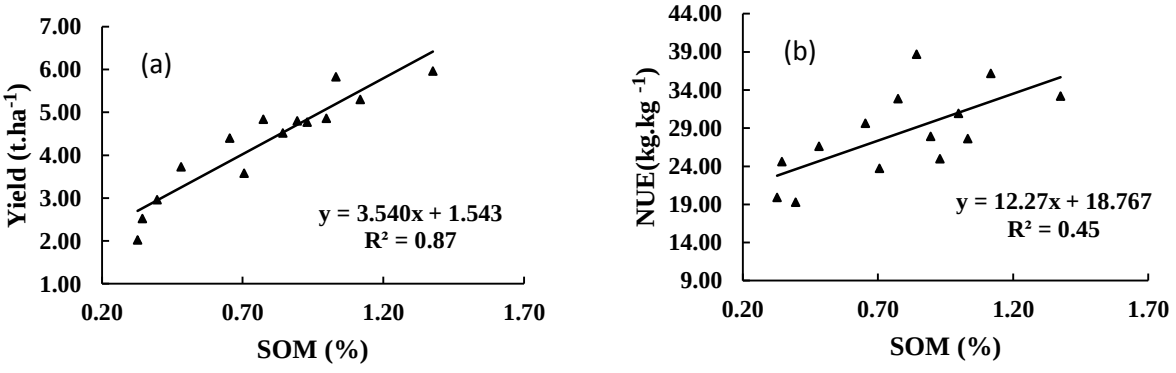
به‌نظر می‌رسد افزایش بارندگی سالیانه به‌افزایش میزان نیتروژن فراهم خاک منتهی شده که به دنبال آن افزایش عملکرد ماده خشک را به‌همراه داشته است. همسو با این نتایج هیرل و لمایر (Hirel & Lemaire, 2006) نیز بیان داشتند که جذب نیتروژن توسط گیاه در طی مرحله رشد رویشی به‌طور مستقیم با فرآیند تجمع ماده خشک مرتبط می‌باشد. به‌عبارتی در شرایطی که نیترژون فراهم شده و یا مورد تقاضا برای رشد مطلوب نزدیک به‌مقدار حداقل مورد نیاز باشد نوعی رابطه آلومتری بین نیتروژن جذب شده و تجمع ماده خشک وجود خواهد داشت (Greenwood et al., 1991).

روند تغییرات کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد در مقابل مقدار ماده آلی خاک نشان داد که افزایش مقدار ماده آلی با افزایش شاخص کارایی مصرف نیتروژن وعملکرد همراه است (شکل ۵). به‌طور کلی، خصوصیات کیفی خاک به‌طور مؤثری تحت تأثیر میزان ماده آلی خاک قرار دارند. ماده آلی خاک نه تنها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر است، بلکه عملکرد محصول و پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی نظام‌های زراعی به‌صورت غیر مستقیم تحت تأثیر مقدار ماده آلی خاک قرار می‌گیرد (Oelofse et al., 2015). نتایج ارائه شده در شکل ۵ نشان می‌دهد که افزایش مقدار ماده آلی خاک در مناطق مورد بررسی با افزایش عملکرد و همچنین کارایی مصرف نیتروژن همراه بوده است. کمترین و بیشترین مقدار ماده آلی خاک ۰/۳۳ و ۱/۳۸درصد بود که به‌ترتیب به زابل وگرگان تعلق داشت (جدول ۱). با توجه به مقادیر درصد ماده آلی خاک عملکرد در بوم-نظام‌های تولیدی گندم بین ۲ الی ۶ تن در هکتار متغیر بود. شیب رگرسیون خطی برازش شده نشان داد که با افزایش یک درصد ماده آلی خاک مقدار عملکرد ۳/۵ تن در هکتار و مقدار کارایی مصرف نیتروژن به‌میزان ۱۲ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن فراهم افزایش می‌یابد (شکل ۵). این انتظار وجود دارد که افزایش مقدار ماده آلی خاک با فرض مقادیر بالاتراز ۲ درصد احتمالاً نباید به‌صورت پیوسته منجر به افزایش کارایی مصرف نیتروژن شود. به‌طوری که در

www.SID.ir

Archive of SID

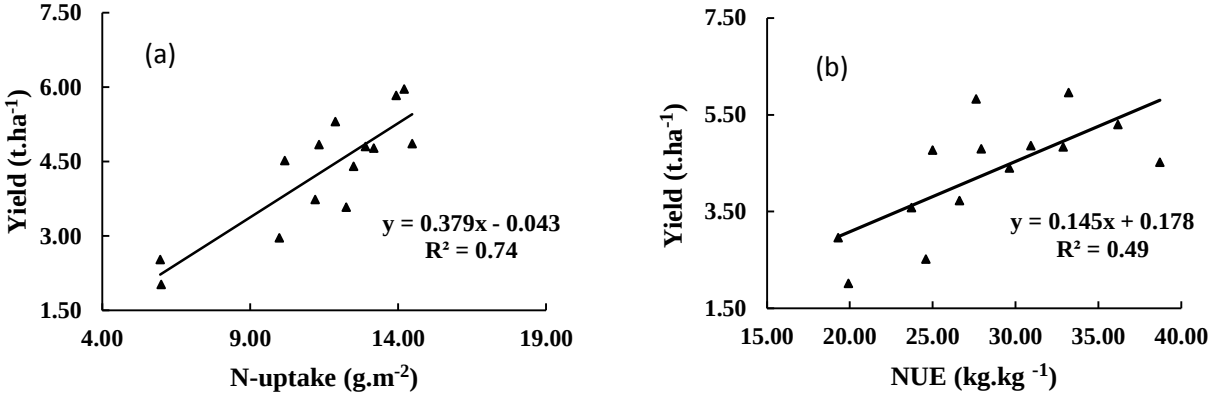
(شکلb ۵) نشـان داده شـده اسـت بیشـترین مقادیرکـارایی مصـرف نیتروژن ۳۸–۳۶ کیلوگرم دانه به‌ازای هرکیلوگرم نیتـروژن فـراهم در مقادیر ۱/۱ –۰/۹ درصد ماده آلی خاک به‌دست آمـده اسـت. ارزیـابی تأثیر تغییرات کربن بر عملکرد محصولات زراعی در روسـیه، چـین و آرژانتین نشان داد که روند افزایشی بین مقدار کربن آلی با عملکرد و جود دارد (Lal, 2010).



شیب خط رگرسیون بر حسب عملکرد (a) و کارایی مصرف نیتروژن (b) به‌ازای درصد ماده آلی خاک می‌باشد.

Fig. 5- Yield and NUEof wheat as a function of SOM in studied regions

Slope of the regression line is yield t.ha^{-1} (a) and NUE kg.kg^{-1} (b) per SOM percent.



شکل ٦- تغییرات عملکرد به‌عنوان تابعی از مقدار نیتروژن جذب شده و کارایی مصرف نیتروژن (NUE) در مناطق مورد مطالعه

شیب خط رگرسیون بر حسب تن در هکتار عملکرد به‌ازای گرم بر متر مربع نیتروزن جذب شده (a) وکیلوگرم برکیلوگرم کارایی مصرف نیتروژن (b) می‌باشند.

Fig. 6- Yield as a function of nitrogen uptake and NUE in studied regions

Slope of the regression line are yield t.ha^{-1} (a) per g.m^{-2} nitrogen uptake and yield t.ha^{-1} per kg.kg^{-1} NUE (b).

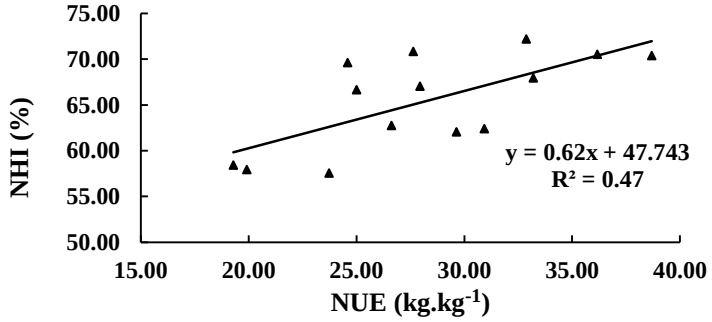
برازش رگرسیون خطی بین مقدار عملکرد دانه به‌عنوان تـابعی از مقدار نیتروژن جذب شده (شکل ۶) نشان داد که ۷۴ درصـد تغییـرات مشاهده شده عملکرد توسط مقدار نیتروژن جذب شده توجیه می‌شـود (R^2=۰/۷۴). باوجود آن‌که در این بررسی رگرسیونی عملکرد ۳/۵ تـن در هکتار معادل با جذب ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتـار بـود، امـا از طرفی تولید ۵ تن دانه در هکتار با جذب ۱۵۰–۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه بود. به‌نظر می‌رسد واریانس مشاهده شده بین عملکرد و مقدار نیتروژن جذب شده می‌توانـد ناشـی از تغییـرات اقلیمـی بـین

www.SID.ir

Archive of SID

مناطق مورد مطالعه باشد (شکل ۶a). نتایج پژوهش پاتاک و همکاران (Pathak et al., 2003) در شرایط اقلیمی هند نشان داد که بین تولید دانه گندم و جذب نیتروژن رابطه خطی وجود دارد (R^2=۰/۶۱) این پژوهشگران بیان داشتند تولید یک تن دانه گندم در شرایط متفاوت اقلیمی هند به جذب ۴۷-۱۵ کیلوگرم نیتروژن نیاز دارد.

با وجودی که در این پژوهش افزایش مصرف کود با کاهش کارایی مصرف نیتروژن همراه بود (Y=-0.194X+53.23 R^2=0.47). اما نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش عملکرد در هکتار با افزایش کارایی مصرف نیتروژن همراه است (R^2=۰/۴۹) (شکل 6b). به‌نظر می‌رسد که استفاده از ارقام اصلاح شده گندم با شاخص برداشت بالا که قابلیت مناسبی نیز در کارایی تبدیل نیتروژن را دارا باشند می‌تواند همبستگی مثبت بین کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد را به‌همراه داشته باشد. روند تغییرات عملکرد در مقابل کارایی مصرف نیتروژن بیانگرآن است که افزایش یک واحد کارایی مصرف نیتروژن، افزایش ۱۴۵ کیلوگرم دانه را به‌همراه خواهد داشت. مطالعه ارزیابی روند تغییرات کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد گندم در ایستگاه رتامستد انگلستان در دامنه زمانی ۱۰۰ ساله با استفاده از مدل Sirius نشان داد افزایش مصرف نیتروژن بین صفر تا ۲۳۰کیلوگرم در هکتار در شرایط مطلوب رطوبتی با افزایش عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن همراه بوده است (Semenov et al., 2007). بسیاری از پژوهش‌های انجام شده علاوه بر شاخص کارایی مصرف نیتروژن به شاخص برداشت نیتروژن (NHI) که درواقع نشان‌دهنده نسبت نیتروژن دانه به نیتروژن جذب شده می‌باشد به‌عنوان یک شاخص کیفی توجه دارد (Barraclough et al., 2010; Gastal et al., 2014). نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد، رابطه خطی بین شاخص برداشت نیتروژن (NHI) و کارایی مصرف نیتروژن (NUE) وجود دارد (R^2=۰/۴۷) (شکل ۷). نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که در مناطق مورد مطالعه مقدار شاخص برداشت نیتروژن از ۵۷/۵ تا ۷۲/۲ درصد متغیر بود. شیب خط برازش شده نشان داد که افزایش یک واحد کارایی مصرف نیتروژن برحسب کیلوگرم برکیلوگرم با افزایش ۰/۶۲ درصد شاخص برداشت نیتروژن همراه می‌باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد ارقامی که از لحاظ مقدار پروتئین کیفیت بهتری داشته باشند اصولاً بایستی از کارایی مصرف نیتروژن بیشتری نیز برخودار باشند. آبلدو و همکاران (Abeledo et al., 2008) با مقایسه ارقام جدید و قدیم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط اقلیمی آرژانتین نشان دادند که شاخص برداشت نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن در ارقام جدید جو بیشتر از ارقام قدیمی می‌باشد. مطالعه‌ای که توسط براسلوو همکاران (Barraclough et al., 2010) در ایستگاه رتامستد انگلستان انجام شد، نشان داد، تغییرات شاخص برداشت نیتروژن ۳۹ رقم گندم با مصرف ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دامنه ۶۹ الی ۹۸ درصد متغیر بود.



شکل۷- تغییرات شاخص برداشت نیتروژن (NHI) گندم به عنوان تابعی از کارایی مصرف نیتروژن (NUE) در مناطق مورد مطالعه

شیب خط رگرسیون بر حسب درصد شاخص برداشت نیتروژن به‌ازای کیلوگرم بر کیلوگرم کارایی مصرف نیتروژن می‌باشد.

Fig. 7- NHI of wheat as a function of NUE in studied regions

Slope of the regression line is percent of NHI per kg.kg^{-1} of NUE.

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز اجزای کارایی مصرف نیتروژن

به‌منظور تعیین سهم نسبی هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده کارایی مصرف در بوم‌نظام‌های گندم اقدام به آنالیز اجزای کارایی مصرف نیتروژن شد. نتایج آنالیز اجزاء در گروه (۱) شامل بیرجند، زابل، شاهرود،گرگان، شیراز، تبریز و همدان نشان داد با مصرف نیتروژن در دامنه ۱۲۰-۸۰ کیلوگرم در هکتار سهم نسبی کارایی جذب نیتروژن (NUpE) و تبدیل نیتروژن (NUtE) به‌ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۳۶ بود. همچنین در گروه (۲) شامل اهواز، اصفهان،کرمان، مشهد، کرمانشاه، کرج و پارس آباد مغان با دامنه مصرف ۱۶۰-۱۲۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سهم نسبی کارایی جذب نیتروژن (NUpE) و تبدیل نیتروژن (NUtE) به‌ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۶۷ بود (جدول ۵). در این رابطه نتایج مطالعه نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahalati & Koocheki, 2014) نشان داد طی چهار دهه گذشته مقدار کارآیی جذب نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور نسبتاً پایین و در حدود ۳۵/۵ درصد بود. همچنین این پژوهشگران اظهار داشته‌اندکه علی‌رغم بهبود کارایی تبدیل نیتروژن در طی چهار دهه گذشته، کارآیی مصرف این نهاده روندی نزولی را به‌همراه داشته است. همچنین بررسی انجام شده برای ۱۲ ژنوتیپ گندم نان (*T. aestivum* L.) و دو ژنوتیپ گندم دوروم (*T. turjidum* L.) نشان داد سهم نسبی کارایی جذب و تبدیل نیتروژن برای سطوح مصرف ۷۵، ۱۷۵ و ۲۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۰/۵۹-۰/۴۱، ۰/۷۳-۰/۲۷ و ۰/۸۹-۰/۱۱ بوده است (Dhugga & Waines, 1989).

جدول ۵- سهم هر یک از اجزای کارایی در مجذور مربعات کارایی مصرف نیتروژن (NUE) گندم در مناطق مورد مطالعه

Table 5- Contribution of the component traits to the sum of squares of NUE of wheat in the studied regions

اجزاء Component	Log	نیتروژن مصرفی(کیلوگرم در هکتار) N-Applied ($kg.ha^{-1}$)	سهم اجزاء Fraction of components $\sum x_i y/\sum y^2$	ryx_i	S_{xi}/S_y
کارایی مصرف نیتروژن NUE	y	-	-	-	-
کارایی جذب نیتروژن NUpE	x_1	80-120	0.64	0.820	0.780
		121-160	0.33	0.685	0.482
کارایی تبدیل نیتروژن NUtE	x_2	80-120	0.36	0.616	0.584
		121-160	0.67	0.878	0.763

بر اساس خروجی مدل در این مطالعه، متغیرهای مدیریت مصرف نیتروژن و سال سبب شد در آنالیز اجزاء، سهم نسبی کارایی تبدیل نیتروژن در مقایسه با کارایی جذب در بوم‌نظام‌های گندم گروه (۲) بیشتر باشد. به‌نظر می‌رسد با توجه به ضریب همبستگی شاخص برداشت نیتروژن و کارایی تبدیل ($r=0.93$ $p\leq0.01$) کیفیت دانه تولیدی گروه (۲) در مقایسه با گروه (۱) بالاتر باشد. همچنین این انتظار وجود دارد که در شرایطی که سهم کارایی جذب بیشتر باشد، نقش مدیریت سیستم‌های زراعی و در صورتی که سهم کارایی تبدیل بیشتر باشد راهبرد اصلاح ژنوتیپ‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار باشد.

نتیجه‌گیری

هر چند استفاده از کودهای صنعتی نیتروژنی سریع‌ترین راه برای تأمین حاصل‌خیزی به‌شمار می‌رود، اما هزینه‌های اقتصادی مترتب بر مصرف و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای نیتروژنی نگرانی‌های را ایجاد کرده است. برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که بهبود کارایی مصرف نیتروژن نه تنها همراه با افزایش سود اقتصادی خواهد بود بلکه کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به ازای هر کیلوگرم محصول تولید شده را نیز به‌همراه خواهد داشت (Gaju et al., 2011). نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که کارایی مصرف نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم با محتوی ماده آلی بالاتر (بیشتر یا مساوی یک درصد) مانند شیراز و گرگان بیشتر از نظام‌های تولیدی گندم با محتوی کمتر ماده آلی خاک ($\leq0.4\%$) مانندکرمان و زابل می‌باشد. البته به‌نظر می‌رسد، کمتر بودن درصد ماده آلی خاک از یک آستانه حداقل ($\leq 0.6\%$) همراه با اثر شرایط تنش خشکی سبب

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود که عملکرد و مقدار کارایی مصرف نیتروژن در حداقل مقدار خود قرار داشته باشد که در این صورت به‌دلیل پایین بودن پتانسیل تولید در این گونه نظام‌ها امکان بهبود کارایی مصرف نیتروژن نیز با محدودیت مواجه خواهد بود. در مقابل در نظام‌های با محتوی ماده آلی بیشتر از یک آستانه حداقلی، امکان بهبود کارایی با ایجاد تغییر در اجزای کارایی مصرف نیتروژن وجود خواهد داشت. در این صورت، این انتظار وجود دارد که در نظام‌هایی که جزء غالب در کارایی مصرف نیتروژن کارایی جذب می‌باشد مدیریت زراعی نقش اساسی داشته باشد. در این رابطه از مهمترین عوامل مدیریتی که بر کاهش کارایی جذب نیتروژن در بوم‌نظام‌ها مؤثر می‌باشند می‌توان به تطابق ضعیف یا عدم همزمانی استفاده از کود و تقاضای گیاه (Fageria & Baligar, 2005) و مصرف یکنواخت کود برای تمام موقعیت‌های مکانی مزرعه علی‌رغم تنوع فراهمی نیتروژن موجود در خاک (Hurley et al., 2004) و در نهایت کاربرد نیتروژن صرفاً بر اساس افزایش عملکرد (Sylvester-Bradley et al., 1990) اشاره کرد. در مقابل در آن دسته از بوم‌نظام‌های که کارایی تبدیل نیتروژن جزء غالب می‌باشد با توجه به ضریب بالای همبستگی شاخص برداشت نیتروژن و کارایی تبدیل ($r=0.93$ $p\leq0.01$) اصلاح ژنوتیپ‌ها به‌منظور افزایش کیفیت دانه از جمله راهکارهای پیشنهاد شده برای بهبود کارایی مصرف نیتروژن می‌باشند.

منابع

Abeledo, L.G., Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 2008. Nitrogen economy in old and modern malting barleys. Field Crops Research 106: 171-178.

Alijani, F., Karbasi, A., and Mozafari Mosen, M. 2011. Survey of the effects of climate change on yield of irrigated wheat in Iran. Agricultural Economic and Development 76:143-167.

Annabi Milani, A., 2007. Interaction of irrigation regimes and nitrogen sources on grain yield and water use efficiency of wheat. Journal of Agroecology 2: 43-56. (In Persian with English Summary)

Ayneband, A., Moezi, A., and Sabet, M. 2011. The comparision of nitrogen use efficiencies in old and modern wheat cultivars: Agroecological results. American- Eurasian Journal Agricultural Environmental Science 10: 574-586.

Bahrani, A., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2007. Effect of rate and times of nitrogen application on accumulation and remobilization efficiency of flag leaf in two wheat cultivars. Journal of Water and Soil Science 11: 147-155. (In Persian with English Summary)

Bakhshaie, S., Rezvani Moghaddam, P., and Goldani, M. 2014. The effects of nitroxin and nitrogen fertilizer on yield and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12: 360-368. (In Persian with English summary)

Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., and Hawkesford, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy 33: 1-11.

Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050. Expert meeting on how to feed the world in 2050. FAO.

Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. AMBIO: A Journal of the Human Environment 31: 132-140.

Conant, R.T., Berdanier, A.B., and Grace, P.R. 2013. Patterns and trends in nitrogen use and nitrogen recovery efficiency in world agriculture. Global Biogeochemical Cycles 27: 558-566.

Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.

Deihimfard, R., Mahallati, M.N., and Koocheki, A. 2015. Yield gap analysis in major wheat growing areas of Khorasan province, Iran, through crop modelling. Field Crops Research 184: 28-38.

Delgado, J., and Shaffer, M. 2008. Nitrogen Management Modeling Techniques: Assessing Cropping Systems/Landscape Combinations. Elsevier Inc.

www.SID.ir

Archive of SID

Dhugga, K.S., and Waines, J. 1989. Analysis of nitrogen accumulation and use in bread and durum wheat. Crop Science 29: 1232-1239

Fageria, N., and Baligar, V. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in agronomy 88: 97-185.

Farshid, R., Zamani, G., Behdani, M., and Sahrai, E. 2012. Effects of salinity and nitrogen application methods on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 10: 18-24. (In Persian with English Summary)

FAOSTAT. 2013. Crop production Statistics. Food and Agriculture Organization Rome. Available online at: www.faostat.fao.org

Foth, H.D., and Ellis, B.G. 1997. Soil Fertility. CRC Press, Inc. USA.

Foulkes, M., Hawkesford, M., Barraclough, P., Holdsworth, M., Kerr, S., Kightley, S., and Shewry, P. 2009. Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: recent advances and futureprospects. Field Crops Research 114: 329-342.

Gabarrón-Galeote, M.A., Trigalet, S., and van Wesemael, B. 2015. Soil organic carbon evolution after land abandonment along a precipitation gradient in southern Spain. Agriculture, Ecosystems & Environment 199: 114-123.

Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Snape, J., Heumez, E., LeGouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Griffiths, S., and Orford, S. 2011. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. Field Crops Research 123: 139-152.

Gastal, F., Lemaire, G., Durand, J.L., and Louarn, G. 2014. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. Crop Physiology–Applications for Genetic Improvement and Agronomy, 2nd Edn. Academic, Elsevier, 161-206.

Gerami, F., Aynehband, A., and Fateh, E. 2013. Effect of green manures and nitrogen fertilizer levels on early growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science. 23: 1-17. (In Persian with English Summary)

Greenwood, D., Gastal, F., Lemaire, G., Draycott, A., Millard, P., and Neeteson, J. 1991. Growth rate and %N of field grown crops: theory and experiments. Annals of Botany 67: 181-190.

Group, F.F.O.W. 2012. Current world fertilizer trends and outlook to 2016. Food and Agriculture Organisation, Rome. Available online at: ftp://ftp. fao. org/ag/agp/docs/cwfto16.

Hurley, T.M., Malzer, G.L., and Kilian, B. 2004. Estimating site-specific nitrogen crop response functions. Agronomy Journal 96: 1331-1343

Hirel, B., and Lemaire, G. 2006. From agronomy and ecophysiology to molecular genetics for improving nitrogen use efficiency in crops. Journal of Crop Improvement 15: 213-257.

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M. 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Producation. 4:187-200. (In Persian with English Summary)

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., Kalateh, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficicency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Research 11: 300-306. (In Persian with in English Summary)

Jiménez, E.I., and García, V.P. 1992. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. Bioresource Technology 41: 265-272.

Khasseh Serjani, A., Farahbakhsh, H., Ravari, S.Z., Pasandipoor, N., and Karami, A. 2011. Evaluation the effect of biological, zinc sulphate and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of wheat yield. Iranian Journal of Soil Research 25: 125-135. (In Persian with English Summary)

Lal, R. 2010. Beyond Copenhagen: mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. Food Security 2: 169-177.

Linacre, E.T. 1977. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone.

www.SID.ir

Archive of SID

Agricultural Meteorology 18: 409-424.

Mdhej, A., Naderi, A., Imam, Y., Aynehband, A., and Normohamadi, G. 2009. Effect of different nitrogen level on grain yield , grain protein content and agronomic nitrogen use efficiency in wheat genotypes under optimum and post- anthesis heat stress conditions. Seed and Plant Production Journal 25: 353-371. (In Persian with English Summary)

Mikanová, O., Šimon, T., Javůrek, M., and Vach, M. 2012. Relationships between winter wheat yields and soil carbon under various tillage systems. Plant, Soil and Environment 58: 540-544.

Moll, R., Kamprath, E., and Jackson, W. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.

Nassiri Mahalati, M., and Koocheki, A. 2014. Trend analysis of nitrogen use and productivity in cereal production system of Iran. Journal of Agroecology 6: 1-25. (In Persian with in English Summary)

Oelofse, M., Markussen, B., Knudsen, L., Schelde, K., Olesen, J.E., Jensen, L.S., and Bruun, S. 2015. Do soil organic carbon levels affect potential yields and nitrogen use efficiency? An analysis of winter wheat and spring barley field trials. European Journal of Agronomy 66: 62-73.

Paponov, I., Aufhammer, W., Kaul, H.P., and Ehmele, F.P. 1996. Nitrogen efficiency components of winter cereals. European Journal of Agronomy 5: 115-124.

Parton, W. 1996. The CENTURY model. Evaluation of soil organic matter models. Springer p. 283-291.

Parton, W., McKeown, R., Kirchner, V., and Ojima, D. 1992. Users guide for the CENTURY model.

Parton, W.J., and Rasmussen, P., 1994. Long-term effects of crop management in wheat-fallow: II. CENTURY model simulations. Soil Science Society of America Journal 58: 530-536.

Pathak, H., Aggarwal, P., Roetter, R., Kalra, N., Bandyopadhaya, S., Prasad, S ,. and Van Keulen, H. 2003. Modelling the quantitative evaluation of soil nutrient supply, nutrient use efficiency, and fertilizer requirements of wheat in India. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65: 105-113.

Pourazari, F., Ehsanzade, P., and Jahanbin, S. 2011. Response of hulled tetraploid wheats to nitrogen deficit stress in comparison to macaroni wheat. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 285-294. (In Persian with English Summary)

Sainju, U.M., Lenssen, A.W., Caesar-TonThat, T., and Evans, R.G. 2009. Dryland crop yields and soil organic matter as influenced by long-term tillage and cropping sequence. Agronomy Journal 101: 243-251.

Sanjani, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Quantifying yield potential and yield gap for corn (*Zea mays* L.) in the Northeast Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 22: 1692-1700.

SAS, 2002. Procedures Guide. SAS Institute, Cary, NC.

Semenov, M.A., Jamieson, P.D., and Martre, P. 2007. Deconvoluting nitrogen use efficiency in wheat: a simulation study. European Journal of Agronomy 26: 83-294.

Shaffer, M.J., Ma, L., and Hansen, S. 2010. Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management. CRC PressUSA. 651.

Shahabifar, M., and Daryashenas, A. 2004. Increase of N use efficiency in wheat fertigation method by optimum split N at growth stage. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Soil and Water Research Institute. 44674. (In Persian with English Summary)

Statistical Year Book. 2013. Department of Agricultural Statistics. Jihad-e-Agriculture Ministry. 167pp. (In Persian)

Sylvester-Bradley, R., Stokes, D., Scott, R., and Willington, V. 1990. A physiological analysis of the diminishing responses of winter wheat to applied nitrogen. 2. Evidence. Aspects of Applied Biology 25: 289-300.

Taghipoor, F. 2005. The effect of nitrogen sources on the yield and quality of wheat. Agricultural Research Education and Extension Organization 84-955. (In Persian with English Summary)

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677.

Van Sanford, D., and MacKown, C. 1986. Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes.

www.SID.ir

Archive of SID

Theoretical and Applied Genetics 72: 158-163.

Wallach, D., and Goffinet, B. 1989. Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models. Ecological Modelling 44: 299-306.

Weih, M., Asplund, L., and Bergkvist, G. 2011. Assessment of nutrient use in annual and perennial crops: A functional concept for analyzing nitrogen use efficiency. Plant and Soil 339: 513-520.

Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of the American Meteorological Society 63: 1309-1313.

Yang, J., Yang, J., Liu, S., and Hoogenboom, G. 2014. An evaluation of the statistical methods for testing the performance of crop models with observed data. Agricultural Systems 127: 81–89.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 699-718

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۱۸-۶۹۹

Evaluation of Nitrogen Use Efficiency in Wheat (*Triticum aestivum* L.) eat Cropping Systems of Iran

H.R.Tavakkoli Kakhki[1], M. Nassiri Mahallati[2*], A. Koocheki[2], M.Jahan[3] and A. Beheshti[4]

Submitted: 13-03-2016
Accepted: 03-08-2016

Tavakoli Kakhki, H.R., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Jahan, M. and Beheshti, A. 2018. Evaluation of nitrogen use efficiency in wheat cropping systems of Iran. Journal of Agroecology. 10(3):

Introduction

Nitrogen fertilizers, plays an essential role in crop production and additionally its application has environmental drawbacks. So, nitrogen dynamics between cropping systems and environment is one of the most important agronomic management practices. Improving nitrogen use efficiency (NUE) is an important target in wheat cropping systems, it increases profitability through greater yields and reduction of the greenhouse gas emissions associated with the production and it could be reduce environmental hazards. There are many definitions related to NUE in the context of crop production and as well as in the literature review. One of the fundamental definition related to Moll et al (1982). According to Moll et al. (1982) definitions' NUE as grain dry matter yield per unit of nitrogen available from the soil and fertilizer and divided it into two components 1- Nitrogen-uptake efficiency that is crop nitrogen uptake to nitrogen available and 2- Nitrogen-utilization efficiency which is grain dry matter yield to crop nitrogen uptake. Wheat is one of the most extend cultivated crops in the world. It is estimated in Iran, about 2.3 million ha of wheat cropping systems are under irrigated cultivation. The specific objectives of the present study were to 1- investigation and analysis nitrogen use efficiency variations and its components in wheat cropping systems by using simulation model.2-Determine how nitrogen use efficiency and its components (component analysis) is affected by nitrogen fertilizer levels.

Materials and Methods

We used CENTURY model to evaluate nitrogen use efficiency in wheat cropping systems. For this purpose 14 wheat cropping system from different locations were selected. Soil data was collected from Soil and Water Research Institute and weather data from 2000 to 2014 were obtained from Iran Meteorological Organization for 14 selected stations.The CENTURY model simulates the long-term dynamics of Carbon (C), Nitrogen (N), for different Plant-Soil Systems. The model can simulate the dynamics of agricultural crop systems. The crop systems have different plant production submodels which are linked to a common soil organic matter submodel. The soil organic matter submodel simulates the flow of C, N through plant litter and the different inorganic and organic pools in the soil. CENTURY model runs in monthly time step with calculating monthly precipitation (cm), monthly mean of minimum and maximum temperature (c°), site latitude and longitude, sand, silt and clay (%), soil bulk density (g/cm^3), rooting depth (cm), C and N content of the top 20 cm of soil and management information such as planting date, first and last month of wheat growth, number and amounts of fertilization, amount of irrigation water and its schedules are required. For model validation we used three statistical measures including Normalized Root Mean Squared Error (nRMSE), Willmott (1982) index or (d index) and linear regression coefficients between actual values and predicted values.

Results and Discussion

Results, revealed that average nitrogen use efficiency in wheat cropping systems of Iran was 28.3 kg grain per kg of nitrogen applied. The highest and lowest mean nitrogen use efficiency were 36.02 and 21.26 kg grain per kg N that observed respectively in (Tabriz, Shiraz, Gorgan) and (Kerman, Zabol, Birjand). Regression of nitrogen use efficiency vs. yield showed that with increasing nitrogen use efficiency, yield is raised (b=0.14 kg

۱- Instructor Research of Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2 and 3- Professor and Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferodwsi University of Mashhad, Iran, respectively.
4- Associate Research of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.
(*- Corresponding Author Email: mnassiri@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.54239

www.SID.ir

Archive of SID

kg^{-1}). Separation of nitrogen use efficiency to its components indicated that on range of value (80-120 $kgha^{-1}$) use of nitrogen, relative contribution of nitrogen uptake and utilization efficiency separately were 64 and 36 percent. When use of nitrogen fertilizer was increased up to value (121-160 kg ha^{-1}) relative contribution of nitrogen uptake and nitrogen utilization was changed to 33 and 67 percent, respectively.

Conclusion

It seems that, when in cropping system nitrogen uptake will be dominant, agronomic management practice and in versus, if nitrogen utilization efficiency will be more important choice of superior cultivars are emphasizes the improvement of nitrogen use efficiency.

Keywords: components analysis efficiency, correlation, utilization efficiency, uptake efficiency, simulation

www.SID.ir