

مدل سازی موازنه نیتروژن خاک در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran

پریسا علی زاده^۱ و افشین سلطانی^۲

چکیده

علی زاده، پ. و ا. سلطانی. ۱۳۹۵. مدل سازی موازنه نیتروژن خاک در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۱۸-۲۳۱

چالش های زیست محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف کودهای نیتروژنی در کشاورزی، لزوم توجه به افزایش بهره‌وری آن را ضروری ساخته است. هدف از این آزمایش شبیه سازی بودجه بندی نیتروژن در مزارع گندم منطقه گرگان در شیوه های مختلف مصرف نیتروژن (تولید گندم دیم بدون مصرف نیتروژن، تولید گندم دیم با مصرف نیتروژن کم، تولید گندم آبی بدون مصرف نیتروژن، تولید گندم آبی به شیوه رایج منطقه، تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن زیاد، تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد) با استفاده از مدل SSM-Wheat در یک دوره ۲۱ ساله (۱۳۶۹-۱۳۸۹) بوده است. نتایج نشان داد که میانگین کل تلفات نیتروژن در بین شیوه های مختلف مصرف دارای تفاوت معنی داری بود. در کلیه شیوه ها، سهم تلفات نیتروژن به صورت گاز (۸۱ درصد) بیشتر از آبشویی (۱۹ درصد) بود. دامنه تلفات نیتروژن بصورت دنیتریفیکاسیون ۵/۹ تا ۵۹/۲ و میانگین آن ۲۳/۲ کیلوگرم در هکتار و دامنه نیتروژن تصعید شده صفر تا ۱۴/۹ و میانگین آن ۵/۸ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین نیتروژن آبشویی شده مربوط به شیوه تولید گندم آبی با نیتروژن خیلی زیاد بود که با سایر شیوه ها اختلاف معنی داری داشت و کمترین مقدار آبشویی در شیوه تولید گندم دیم بدون نیتروژن مشاهده شد که اختلاف معنی داری با شیوه تولید گندم آبی بدون نیتروژن نداشت. بالاترین بهره‌وری به ترتیب مربوط به شیوه های آبی رایج (۲۶ کیلوگرم در کیلوگرم) و آبی با نیتروژن زیاد (۲۵/۹ کیلوگرم در کیلوگرم) بود که با سایر شیوه ها اختلاف معنی داری داشتند. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، شیوه تولید گندم آبی رایج منطقه بدلیل صرفه جویی در هزینه، کاهش تلفات آبشویی، کاهش آلودگی زیست محیطی و آبیاری کافی و مصرف کود کمتر، مناسب تر از سایر شیوه های تولید گندم در منطقه گرگان شناخته شد.

واژه های کلیدی: بودجه بندی نیتروژن، بهره‌وری نیتروژن، گندم و مدل SSM-Wheat

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی داخلی به شماره ۹۲-۳۱۴-۴۴ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)

(پست الکترونیک: parysa.alizadeh@gmail.com)

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

گندم در بین غلات با بیشترین سطح زیرکشت (بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار) و بالاترین میزان تولید (بیش از ۵۰۰ میلیون تن)، یکی از محصولات زراعی استراتژیک و غذای اصلی مردم جهان به شمار می‌رود (Zeinali, 2009)، بنابراین بهبود تولید و افزایش عملکرد در این محصول شایان توجه بیشتری می‌باشد. حاصلخیزی کافی خاک یکی از ضرورت‌های اصلی برای افزایش تولید گندم بوده و نیتروژن به دلیل وظایف متعدد و مهمی که در فرآیندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد، عنصری است که کمبود آن بیش از سایر عناصر، تولید گندم را محدود می‌کند (Davise et al., 2002).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی جهت دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در تولید گیاهان زراعی بوده و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد، بطوریکه اغلب کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی مشاهده می‌شود. رشد و عملکرد غلات نیز به شدت تحت تأثیر نیتروژن است و مصرف صحیح و متناسب آن باعث افزایش عملکرد می‌شود (Ifa, 2009).

اثرهای مثبت مصرف نیتروژن بر بهبود خواص کمی و کیفی دانه گندم از طریق افزایش عملکرد و مقدار پروتئین دانه در موارد بسیاری گزارش شده است، به طوریکه کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد و کیفیت دانه را محدود می‌کند (Mc Donald, 2002). کود نیتروژن در ۳۰ سال اخیر نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه داشته و یکی از مهم‌ترین هزینه‌های تولید گندم محسوب می‌شود (Black and Dyson, 2008). طبق گزارشات هیفر (Heffer, 2008) از ۹۸ میلیون تن نیتروژن مصرفی در جهان، ۴۰ درصد در غلات مصرف می‌شود. در کشورهای پیشرفته در تولید غلات، کارایی مصرف نیتروژن ۱۵ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی و میزان باز یافت ظاهری کودهای نیتروژنی ۳۳

درصد است و ۶۷ درصد بقیه به دلایل مختلف شامل آبشویی، دنیتریفیکاسیون، تصعید و رواناب سطحی، هدر می‌رود (Fan, 2004). این هدر رفت نه تنها منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود، بلکه یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط زیست (به دلیل استفاده نادرست از کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن) محسوب می‌شود.

پیش‌بینی می‌شود که در صورت ادامه روند خطی و رو به افزایش مصرف کودهای نیتروژنی در ایران، مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید غلات به دو میلیون تن در سال ۱۴۰۰ برسد. بر اساس پیش‌بینی‌ها، تولید غلات در افق ۱۴۰۰ در ایران به بیش از ۲۶ میلیون تن در سال خواهد رسید (Zare Fyzabadi et al., 2006). اگرچه تمرکز کشاورزان در کشورهای توسعه یافته روی به حداکثر رساندن محصول در واحد سطح است، اما اخیراً چرخش عناصر دز محیطی زیست و مسائل زیست محیطی بویژه غلظت نترات در آب‌های زیرزمینی کم عمق نیز مورد توجه قرار گرفته است (Allen and Bryson, 2007). با توجه به اثرات زیست محیطی تلفات کودهای نیتروژنی در طبیعت و افزایش هزینه‌های تولید، امروزه مدیریت مناسب مصرف کود نیتروژن جهت کاهش تلفات کود و افزایش کارایی مصرف کود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از مباحث روز است. با توجه به فشارهای رو به افزایش اقتصادی و محیطی بر اکوسیستم‌های زراعی رایج و به منظور توسعه پایدار اکوسیستم‌های زراعی، تحقیقات گسترده‌ای جهت کاهش تلفات نیتروژن و افزایش کارایی مصرف نیتروژن مورد نیاز است.

اندازه‌گیری مستقیم حالت‌های مختلف نیتروژن در سیستم خاک - آب - اتمسفر - گیاه کاری بسیار پرهزینه و زمان‌بر است. مدل‌های شبیه‌سازی، ابزارهای مناسبی برای شبیه‌سازی پویایی نیتروژن در گیاهان زراعی و خاک هستند. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی مدیریت‌های زراعی

کل در مرحله رسیدگی (۹/۵ درصد، $r=0/82$, $CV=$) و عملکرد دانه (۸/۴ درصد، $r=0/89$, $CV=$) بود (Soltani *et al.*, 2013). از این مدل می‌توان در مطالعات شبیه‌سازی عملکرد گندم و محدودیت‌های آن در پاسخ به شرایط محیطی، مدیریت نهاده‌ها و عوامل ژنتیکی نیز استفاده نمود (Soltani and Sinclair, 2012). این تحقیق به منظور بررسی بودجه‌بندی نیتروژن در مزارع گندم منطقه گرگان در شیوه‌های مختلف مصرف نیتروژن در شرایط دیم و آبی با استفاده از مدل SSM-Wheat (Soltani *et al.*, 2013) در یک دوره ۲۱ ساله (۱۳۶۹-۱۳۸۹) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای شبیه‌سازی موازنه نیتروژن در تولید گندم از مدل SSM-Wheat استفاده شد (Soltani *et al.*, 2013) که با کمک آن می‌توان تولید این گیاه و محدودیت‌های ژنتیکی، محیطی و مدیریتی در تولید آن را تجزیه و تحلیل کرد. این مدل مراحل فنولوژیک را بعنوان تابعی از دما، طول روز و تنش کمبود آب پیش‌بینی می‌کند. توسعه سطح برگ و پیرشدن آن تابعی از دما، فراهمی نیتروژن برای رشد، تراکم بوته و انتقال مجدد نیتروژن است. تولید ماده خشک به عنوان تابعی از تابش دریافت‌شده و دما تخمین زده شده و ماده خشک تولیدی بر اساس مرحله نمو گیاه و روابط منبع-مخزن بین اندام‌های رویشی و دانه توزیع می‌شوند. موازنه آب-خاک شامل رواناب، رشد ریشه و افزایش عمق مؤثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، زهکشی، تعرق و نیز اثر تنش کمبود آب و غرقابی بر توسعه سطح برگ، تولید ماده خشک و تجمع نیتروژن شبیه‌سازی می‌شوند. موازنه نیتروژن در گیاه و خاک نیز شبیه‌سازی می‌شوند. فرآیندهای تبخیر، دنتریفیکاسیون، آبشویی، جذب توسط گیاه و معدنی‌شدن نیتروژن نیز پیش‌بینی می‌شوند. این مدل شبیه‌سازی را برای سه سطح پتانسیل (تابش محدود)،

رو به گسترش بوده و پژوهشگران زیادی از این مدل‌ها استفاده کرده‌اند. برخی از این مدل‌ها عبارتند از مدل CERES-wheat (Zeinali *et al.*, 2009)، مدل CERES-N (Zubillaga *et al.*, 2007)، مدل SUNDIAL (Gibbons *et al.*, 2005)، مدل CropSyst (Soltani *et al.*, 2013) و مدل RZWQM2 (Fang *et al.*, 2013).

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته، مقدار ماده آلی خاک در اغلب نقاط آن پایین بوده و بیشتر گیاهان دچار کمبود نیتروژن هستند، بنابراین مهم‌ترین راه تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان، مصرف کودهای نیتروژنی است (Lotfollahi *et al.*, 2004). استان گلستان یکی از مهم‌ترین مراکز تولید محصولات کشاورزی بویژه گندم در ایران به شمار می‌رود. مساحت زمین‌های زراعی این استان حدود ۷۰۰ هزار هکتار است که به‌طور معمول هر ساله حدود ۲۱۵ هزار هکتار به زراعت گندم دیم و ۱۵۰ هزار هکتار به گندم آبی اختصاص داده می‌شود (Zeinali, 2009). با توجه به اینکه بحث‌هایی در خصوص آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تلفات کودهای نیتروژن وجود دارد، ولی برآوردی از اجزای بودجه‌بندی نیتروژن (توازن بین ورودی و خروجی نیتروژن) و کارایی مصرف آن در گرگان وجود ندارد و اندازه‌گیری تلفات کودی نیز تقریباً ناممکن است. بنابراین در این تحقیق از مدل SSM-Wheat (Soltani *et al.*, 2013) برای این منظور استفاده شد. این مدل با استفاده از داده‌های مستقل مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاصله نشان دهنده کارایی قابل قبول آن برای فرایندهای مهم گیاه زراعی در مقایسه با نتایج آزمایشات انجام شده شامل: تعداد روز تا گرده‌افشانی (۴/۵ درصد، $r=0/98$, $CV=$) و رسیدگی (۵/۶ درصد، $r=0/96$, $CV=$)، شاخص سطح برگ (۱۱/۸ درصد، $r=0/8$, $CV=$)، ماده خشک کل در مرحله گرده‌افشانی (۹/۳ درصد، $r=0/72$, $CV=$)، ماده خشک

منطقه انتخاب شدند. ۱- تولید گندم دیم بدون مصرف نیتروژن (S1)، ۲- تولید گندم دیم با مصرف نیتروژن کم (S2)، ۳- تولید گندم آبی بدون مصرف نیتروژن (S3)، ۴- تولید گندم آبی به شیوه رایج منطقه (S4)، ۵- تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن زیاد (S5) و ۶- تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد (S6) بودند. انواع مدیریت زراعی در هر یک از این شیوه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

از داده‌های هواشناسی واقعی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۹ ایستگاه سینوپتیک گرگان واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی استفاده شد.

آب محدود و نیتروژن محدود بصورت روزانه انجام می‌دهد و به اطلاعات قابل دسترس درباره شرایط آب و هوایی (حداقل و حداکثر دما، تابش خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی روزانه و بارندگی روزانه) و خاک نیاز دارد. از این مدل می‌توان پس از ارزیابی در تجزیه و تحلیل عملکرد گیاه زراعی در شرایط دیم و آبی و بررسی محدودیت‌های اقلیمی، خاک، مدیریت زراعی و رقم استفاده کرد (Soltani *et al.*, 2013).

در این تحقیق موازنه نیتروژن در تولید گندم در منطقه گرگان در یک دوره ۲۱ ساله (۱۳۶۹-۱۳۸۹) مورد بررسی قرار گرفت. برای شبیه‌سازی‌ها، شش شیوه تولید براساس روش‌های معمول کشت و کار گندم در

جدول ۱- مدیریت‌های زراعی در شیوه‌های تولید گندم در گرگان (۱۳۶۹-۱۳۸۹)

Table 1. Crop management scenarios in wheat production in Gorgan, Iran (1990-2010)

شیوه مصرف کود نیتروژن Nitrogen scenario	علامت اختصاری Symbol	تراکم بوته Plant density	آب خاک در زمان کشت Water in soil at planting (mm)
دیم- بدون نیتروژن Dry land-without nitrogen	S1	300	138.5
دیم - کود نیتروژن کم Dry land-low nitrogen	S2	300	138.5
آبی - بدون نیتروژن Irrigated- without nitrogen	S3	360	138.5
آبی - رایج منطقه Irrigated- Conventional	S4	350	138.5
آبی - نیتروژن زیاد Irrigated- high nitrogen	S5	360	138.5
آبی - نیتروژن خیلی زیاد Irrigated- very high nitrogen	S6	360	138.5

S1: زراعت دیم بدون مصرف کود نیتروژن؛ S2: زراعت دیم با مصرف ۵۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دو نوبت (در زمان کاشت: ۲۳ کیلوگرم در هکتار و در مرحله پنجه‌زنی: ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار)؛ S3: زراعت آبی بدون مصرف کود نیتروژن، آبیاری دو نوبت (در مرحله گرده‌افشانی: ۶۰ میلی‌متر و در مرحله پرشدن دانه: ۷۰ میلی‌متر)؛ S4: زراعت آبی با مصرف ۸۰/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سه نوبت (در زمان کاشت: ۲۳ کیلوگرم در هکتار، در مرحله پنجه‌زنی: ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار و در مرحله ساقه رفتن: ۲۳ کیلوگرم در هکتار)، آبیاری یک نوبت (در مرحله گرده‌افشانی: ۶۰ میلی‌متر)؛ S5: زراعت آبی با مصرف ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در چهار نوبت (در زمان کاشت: ۲۳ کیلوگرم در هکتار، در مرحله پنجه‌زنی: ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار، در مرحله ساقه رفتن: ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار و در مرحله گرده‌افشانی: ۲۳ کیلوگرم در هکتار)، آبیاری دو نوبت (در مرحله گرده‌افشانی: ۶۰ میلی‌متر و در مرحله پرشدن دانه: ۷۰ میلی‌متر)؛ S6: زراعت آبی با مصرف ۱۶۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در چهار نوبت (در زمان کاشت: ۲۳ کیلوگرم در هکتار، در مرحله پنجه‌زنی: ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار، در مرحله ساقه رفتن: ۸۷ کیلوگرم در هکتار و در مرحله گرده‌افشانی: ۲۳ کیلوگرم در هکتار)، آبیاری بصورت خودکار.

S1: Dry land Without nitrogen fertilizer; S2 : Dry land with 57.5 kg N/ha in two steps (at sowing: 23 kg N/ha and at tillering stage: 34.5 kg N/ha); S3: Irrigated without nitrogen fertilizer and two irrigation (at flowering stage: 60 mm and at beginning seed growth stage: 70mm); S4: Irrigated with 80.5 kg N/ha in three steps (at sowing: 23 kg N/ha, at tillering stage 34.5 kg N/ha and at stem elongation stage: 23 kg N/ha) and one irrigation (at flowering stage: 60 mm); S5: Irrigated with 115 kg N/ha in four steps (at sowing: 23 kg N/ha, at tillering stage: 34.5 kg N/ha, at stem elongation stage: 34.5 kg N/ha and at flowering stage: 23 kg N/ha) and two irrigation (at flowering stage: 60 mm and at beginning seed growth stage: 70mm); S6: Irrigated with 167.5 kg N/ha in four steps (at sowing: 23 kg N/ha, at tillering stage: 34.5 kg N/ha, at stem elongation: 87 kg N/ha and at flowering : 23 kg N/ha) and automatically irrigation.

رشدی گندم رقم تجن در شرایط آبی و رقم کوه‌دشت در شرایط دیم استفاده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است (Zeinali, 2009).

برای شبیه‌سازی از مدل SSM-Wheat (Soltani *et al.*, 2013) در شیوه‌های مختلف تولید و مدیریت کود نیتروژن استفاده شد. تاریخ کاشت برای تمام شیوه‌ها ۱۵ آذر در نظر گرفته شده و از مولفه‌های

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل تولید گندم در گرگان

Table 2. Physical and chemical properties of soil in wheat production area in Gorgan, Iran

خصوصیات خاک Soil properties		عمق خاک Soil depth (cm)				
		0-15	15-30	30-60	60-90	90-120
Sand (%)	شن	43	41	25	13	10
Clay (%)	رس	22	24	31	35	36
Silt (%)	سیلت	35	35	44	52	54
Soil texture	بافت خاک	Loamy	Loamy	Clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam
Bulk density (g.cm ⁻³)	وزن مخصوص ظاهری	1.40	1.38	1.31	1.27	1.26
	رطوبت حجمی در 15-	0.134	0.142	0.172	0.200	0.200
	Volumetric water content (m ³ /m ³) in -15					
	رطوبت حجمی در 0.33-	0.264	0.273	0.328	0.373	0.373
	Volumetric water content (m ³ /m ³) in -0.33					
	رطوبت حجمی در شرایط اشباع	0.472	0.478	0.504	0.523	0.523
	Volumetric water content (m ³ /m ³) in Saturation					
Available water(m ³ /m ³)	آب قابل استفاده	0.13	0.13	0.16	0.17	0.17
Hydraulic conductivity(m.d ⁻¹)	هدایت هیدرولیکی	0.16	0.14	0.10	0.10	0.10
Water extraction(mm/mm)	آب قابل استخراج	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Drainage factor	فاکتور زهکشی	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Albedo	آلبیدو	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
NO ₃ (mg.kg ⁻¹)		22	18	10	7	5
NH ₄ (mg.kg ⁻¹)		2.2	1.8	1.6	1.3	1.1
Organic carbon (%)	کربن آلی	1.33	1.13	0.74	0.31	0.20
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل	0.10	0.10	0.06	0.04	0.02

YLD = عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار
(صفر درصد رطوبت)
Na = نیتروژن قابل دسترس (کیلوگرم در هکتار)
Ni = نیتروژن خاک در زمان کاشت (کیلوگرم در هکتار)
Nf = نیتروژن ورودی به مزرعه از طریق کود (کیلوگرم در هکتار)
Nm = نیتروژن معدنی شده در طی فصل رشد (کیلوگرم در هکتار)
Nr = نیتروژن باقیمانده در خاک در زمان برداشت محصول (کیلوگرم در هکتار)

پس از اجرای مدل، تجزیه داده‌ها در برنامه SAS (Soltani, 2007) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد که در آن هر شیوه به عنوان یک تیمار و هر سال به عنوان یک بلوک در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. بهره‌وری نیتروژن (NP) به صورت زیر محاسبه شد:
طبق تعریف وادریوو و همکاران (Vadrevu *et al.*, 2008) بهره‌وری میزان تولید به ازای هر واحد نهاده ورودی می‌باشد.

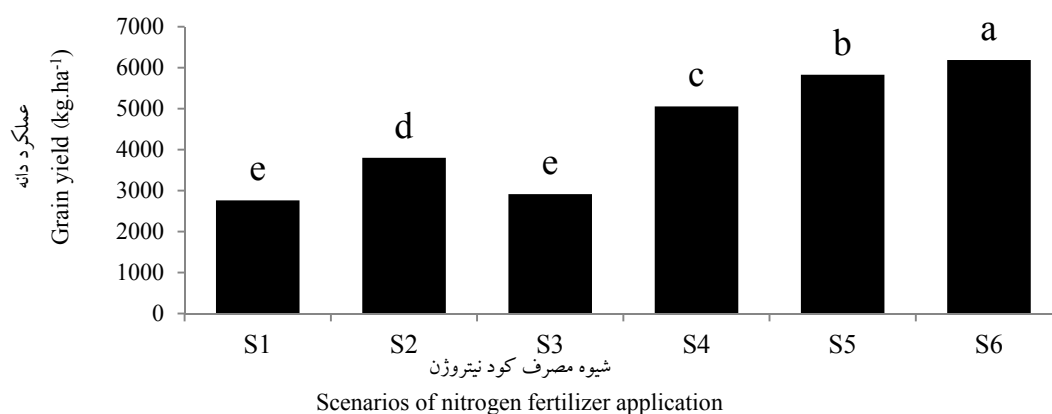
$$NP = (YLD/Na) \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$Na = Ni + Nf + Nm - Nr \quad (\text{رابطه ۲})$$

نتایج و بحث

شیوه‌های مختلف تولید گندم تفاوت معنی‌داری از نظر میزان عملکرد دانه نشان دادند. بیشترین عملکرد گندم در شیوه تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد (۶۱۸۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار مربوط به تولید گندم دیم بدون مصرف نیتروژن (۲۷۶۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد

(شکل ۱). آنچه کاملاً مشخص است این است که عملکرد از مصرف کود تبعیت نموده و در بین شیوه‌های تولید گندم که با مصرف کود بیشتر و آبیاری همراه است، عملکرد بیشتری تولید شده است. این موضوع بر هم‌افزایی مقدار رطوبت خاک و مقدار مصرف کود صحنه می‌گذارد (Lopez-Bellido *et al.*, 2005).



شکل ۱- اثر شیوه‌های مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه گندم

Fig. 1. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on wheat grain yield

۳۳۴/۱-۱۱۰/۷ و میانگین آن ۲۱۲/۲ کیلوگرم در هکتار بود که نیتروژن کودی بیشترین سهم را در بین اجزای نیتروژن ورودی به مزرعه داشت. بیشترین نیتروژن ورودی مربوط به شیوه تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد بود (۳۱۳/۵ کیلوگرم در هکتار) که با سایر شیوه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار در شیوه تولید گندم آبی بدون نیتروژن مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شیوه تولید گندم دیم بدون نیتروژن نداشت. این موضوع نشان می‌دهد که کمتر بودن مقدار نیتروژن ورودی در شیوه تولید گندم آبی بدون مصرف نیتروژن، بدلیل کمتر بودن میزان نیتروژن معدنی‌شده در طی فصل رشد می‌باشد. دامنه معدنی‌شدن نیتروژن بین ۴۲/۵ تا ۱۲۸/۹ و میانگین آن ۸۴/۶ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. مقدار

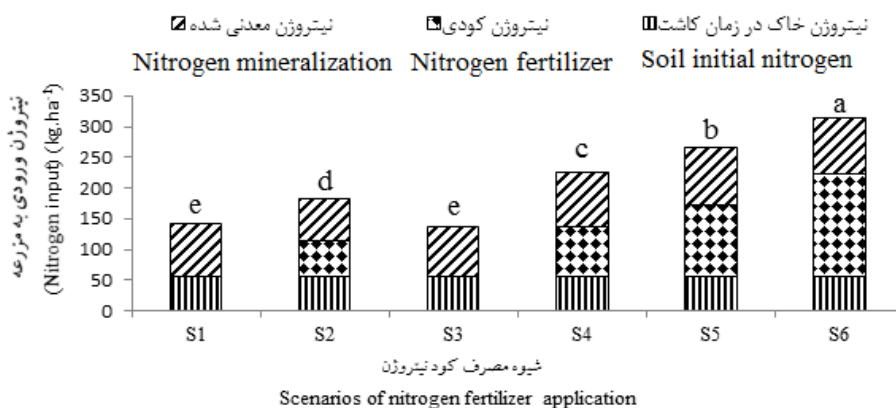
نتایج مطالعات قبلی نیز نشان داده است که فراهم بودن نیتروژن قابل دسترس، معمولاً میزان جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد. با توجه به نقش نیتروژن در افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، دریافت تابش و راندمان فتوسنتزی گیاه بیشتر شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. عدم تأمین رطوبت مناسب می‌تواند باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش جذب نیتروژن شده که علاوه بر اتلاف آن می‌تواند آلودگی محیط زیست را به دنبال داشته باشد (Hirzel *et al.*, 2007).

بین شیوه‌های مختلف تولید گندم تفاوت معنی‌داری در نیتروژن ورودی به مزرعه مشاهده شد. اجزای نیتروژن ورودی به مزرعه در شکل ۲ ارائه شده است. دامنه میزان نیتروژن ورودی به مزرعه بین

"مدلسازی موازنه نیتروژن..."

ترتیب ۸۹/۵ و ۹۴/۷، ۸۹/۱، ۸۱/۴، ۶۸/۲، ۸۴/۹
کیلوگرم در هکتار بود و بین شیوه‌های تولید گندم
آبی با مصرف نیتروژن، اختلاف معنی‌داری
مشاهده نشد.

نیتروژن معدنی شده در شیوه‌های دیم بدون مصرف
نیتروژن، دیم با مصرف نیتروژن کم، آبی بدون
مصرف نیتروژن، آبی رایج منطقه، آبی با مصرف
نیتروژن زیاد و آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد به

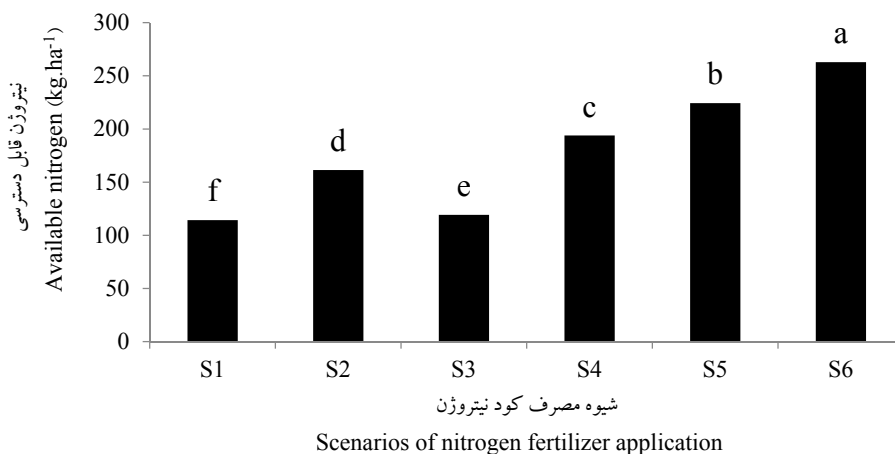


شکل ۲- اثر شیوه‌های مصرف نیتروژن بر میزان نیتروژن ورودی به مزرعه گندم

Fig. 2. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on nitrogen inputs of wheat field

خیلی زیاد (۲۶۲/۹ کیلوگرم در هکتار) و
کمترین مقدار در شیوه تولید گندم دیم بدون مصرف
نیتروژن (۱۱۴/۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد
(شکل ۳).

میزان نیتروژن قابل دسترس و جذب نیتروژن
توسط گیاه نیز اختلاف معنی‌داری بین شیوه‌های
مختلف داشتند. بیشترین نیتروژن قابل دسترس
مربوط به شیوه تولید گندم آبی با مصرف نیتروژن



شکل ۳- اثر شیوه‌های مصرف نیتروژن بر میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه گندم

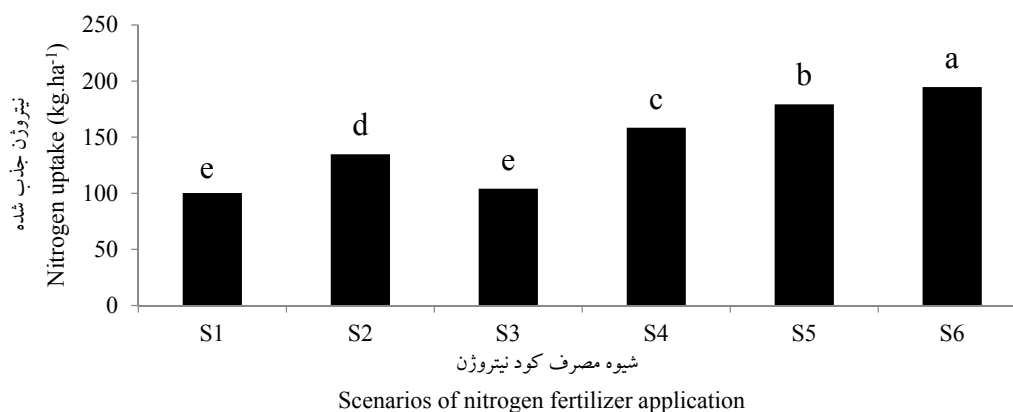
Fig. 3. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on available nitrogen content for wheat plants

زراعت دیم بدون مصرف نیتروژن، زراعت دیم با

میانگین مقدار نیتروژن جذب شده در گیاه در

خیلی زیاد به ترتیب ۱۰۰/۲، ۱۳۴/۷، ۱۰۴/۱، ۱۵۸/۴، ۱۷۹/۴ و ۱۹۴/۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴) و افزایش مصرف کود و در نتیجه، افزایش میزان نیتروژن

مصرف نیتروژن کم، زراعت آبی بدون مصرف نیتروژن، زراعت آبی رایج منطقه، زراعت آبی با مصرف نیتروژن زیاد و زراعت آبی با مصرف نیتروژن



شکل ۴- اثر شیوه‌های مصرف نیتروژن بر میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه گندم

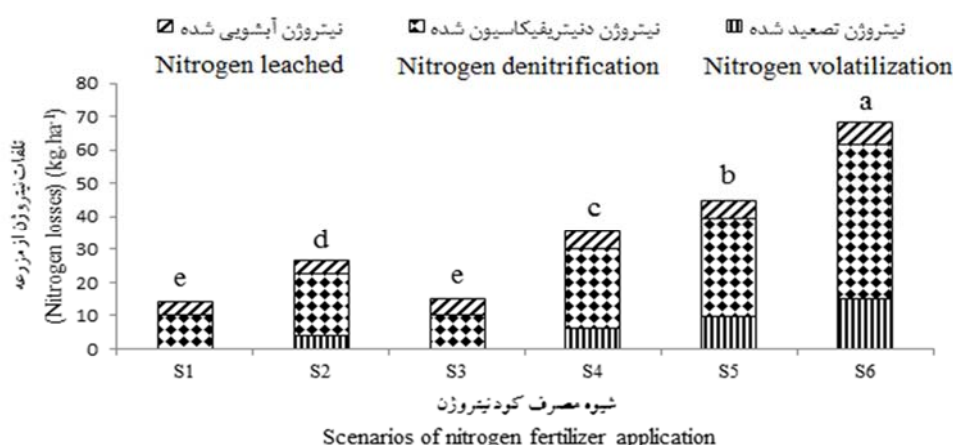
Fig. 4. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on nitrogen uptake of wheat plant

آبی با مصرف نیتروژن زیاد و زراعت آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد بود. در تمامی شیوه‌ها سهم تلفات گازی بیشتر از آبخوبی بوده و به طور میانگین ۸۱ درصد از تلفات نیتروژن به صورت گازی و ۱۹ درصد به صورت آبخوبی بوده است. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2013) در شبیه سازی تلفات نیتروژن در مزارع گندم با استفاده از مدل CropSyst در گرگان، سهم تلفات گازی را بیشتر از آبخوبی و مهم ترین بخش تلفات نیتروژن بیان کردند و دلیل آن را مصرف کود سرک بیشتر در شیوه تولید گندم پرنهاده بیان کردند.

تلفات نیتروژن به صورت گاز در بین تمامی شیوه‌های مصرف کود نیتروژن تفاوت معنی داری داشت. میزان هدررفت نیتروژن بصورت دنیتریفیکاسیون (میانگین ۶۸ درصد) نسبت به تصعید (میانگین ۱۳ درصد) در همه شیوه‌های مورد مطالعه بیشتر بود. دامنه تلفات نیتروژن بصورت دنیتریفیکاسیون بین ۵/۹ تا ۵۹/۲ و میانگین آن ۲۳/۲ کیلوگرم در هکتار بود، در حالیکه دامنه نیتروژن که بصورت تصعید از دسترس خارج می شود، بین صفر تا ۱۴/۹ و میانگین

قابل دسترس باعث افزایش این جزء از ذخیره نیتروژن شد که بزرگترین جزء موازنه نیتروژن در مزرعه می باشد.

میانگین کل تلفات نیتروژن که به دو بخش اصلی آبخوبی و تلفات گازی (تصعید و دنیتریفیکاسیون) تقسیم می شود، در بین شیوه‌های مختلف مصرف نیتروژن دارای تفاوت معنی داری بود. در شیوه‌های دیم بدون مصرف نیتروژن، زراعت دیم با مصرف نیتروژن کم، زراعت آبی بدون مصرف نیتروژن، زراعت آبی رایج منطقه، زراعت آبی با مصرف نیتروژن زیاد و زراعت آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد به ترتیب ۱۴/۱، ۲۶/۷، ۱۵/۲، ۳۵/۵ و ۴۵ و ۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۵). سهم تلفات نیتروژن به صورت گازی از کل تلفات ۷۲، ۸۳/۹، ۶۶/۳، ۸۴/۷، ۸۸/۲ و ۸۹/۹ درصد و سهم تلفات بصورت آبخوبی از کل تلفات ۲۸/۱، ۱۶/۱، ۳۳/۷، ۱۵/۳، ۱۱/۸ و ۱۰/۱ درصد به ترتیب در شیوه‌های دیم بدون مصرف نیتروژن، زراعت دیم با مصرف نیتروژن کم، زراعت آبی بدون مصرف نیتروژن، زراعت آبی رایج منطقه، زراعت



شکل ۵- اثر شیوه‌های مصرف نیتروژن بر میزان تلفات نیتروژن در مزرعه گندم

Fig. 5. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on losses of nitrogen in wheat field

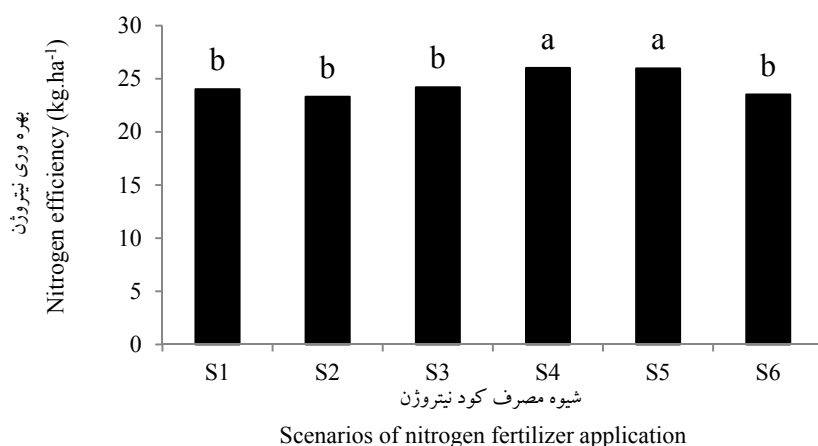
شیوه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان داد. دامنه این سهم از تلفات نیتروژن بین صفر تا ۱۷/۹ و میانگین آن ۵/۱ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین نیتروژن آبشویی شده مربوط به زراعت گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد که با سایر شیوه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار در زراعت گندم دیم بدون مصرف نیتروژن مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با زراعت گندم آبی بدون مصرف نیتروژن نداشت (شکل ۵). نتایج نشان داد که بیشتر بودن مقدار کود نیتروژن به همراه بیشتر بودن میزان آب آبیاری باعث افزایش آبشویی نیتروژن شده‌است (شکل ۵). اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2002) با مطالعه اثر کود و آبیاری بر آبشویی و عملکرد ذرت در تایلند نشان دادند که بیشترین مقدار آبشویی از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار رخ داد و مقدار آن در دو سال متوالی به ترتیب ۲۳ و ۵/۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مصرف زیاد نیتروژن موجب افزایش تلفات آبشویی می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که برای کاهش تلفات نیتروژن، میزان کود مصرفی باید مطابق با نیاز گیاه باشد که می‌تواند منجر به عملکردهای

آن ۵/۸ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میزان دنیتریفیکاسیون و تصعید در تلفات نیتروژن بصورت گاز در زراعت دیم بدون مصرف نیتروژن، زراعت دیم با مصرف نیتروژن کم، زراعت آبی بدون مصرف نیتروژن، زراعت آبی رایج منطقه، زراعت آبی با مصرف نیتروژن زیاد و زراعت آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد به ترتیب ۱۰/۱، ۱۸/۵، ۱۰/۱، ۲۳/۹، ۳۰ و ۴۶/۵ کیلوگرم در هکتار و صفر، ۳/۹، ۰، ۶/۲، ۹/۷ و ۱۴/۹ کیلوگرم در هکتار بود. تزلیواکیس و همکاران (Tzivilivakis *et al.*, 2005) در ارزیابی اثر زیست محیطی کشت چغندر قند در انگلستان میزان دنیتریفیکاسیون را ۱۵/۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. تصعید نیتروژن در زراعت آبی و دیم بدون مصرف نیتروژن برابر صفر بود که به علت عدم مصرف کود نیتروژن می‌باشد. جونز و جاکوبسن (Jones and Jacobsen, 2005) و برنترپ و همکاران (Brentrup *et al.*, 2001) گزارش کردند که کود اوره باعث افزایش اسیدیته خاک شده و از این رو باعث افزایش سرعت تبدیل آمونیوم به گاز آمونیاک و افزایش تلفات گازی نیتروژن می‌شود. تلفات نیتروژن بصورت آبشویی در بین همه

بهره‌وری نیتروژن در بین شیوه‌های مختلف تولید گندم تفاوت معنی‌داری داشتند. بالاترین میزان بهره‌وری به ترتیب مربوط به زراعت آبی رایج منطقه (۲۶ کیلوگرم در کیلوگرم) و زراعت آبی با مصرف نیتروژن زیاد (۲۶ کیلوگرم در کیلوگرم) بود که با سایر شیوه‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۶). با توجه به اجزای سازنده کسر بهره‌وری (نسبت عملکرد به نیتروژن قابل دسترس)، این دو شیوه دارای عملکرد بالایی هستند، بنابراین مقدار کود بیشتری که در مقایسه با سایر شیوه‌ها مصرف شده، باعث افزایش عملکرد در اثر جذب بیشتر نیتروژن در دسترس شده است، بنابراین در این شیوه‌ها مصرف کود هنوز از حد مجانب نمودار بازده نزولی فاصله داشته و به نظر می‌رسد که این دو شیوه در مجموع به افزایش کود واکنش مطلوبی نشان می‌دهند. در این زمینه نباید اثرات هم‌افزایی آبیاری و مصرف کود نادیده گرفته شود، زیرا وجود رطوبت کافی در خاک لازمه جذب کود می‌باشد.

قابل قبول با میزان آبتشویی کمتر نیتروژن شود (Fang et al., 2013 و Granlund et al., 2000). زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2009) نیز در نتایج آزمایش خود مقدار نیتروژن آبتشویی شده در سال‌های پرباران نسبت به سال‌های کم‌باران در مزارع گندم گرگان را با اختلاف زیادی گزارش کردند. آنان در تخمین میزان نیتروژن آبتشویی شده از مزارع گندم گرگان در شرایط آبیاری و بارندگی با استفاده از مدل DSSAT نشان دادند که تلفات نیتروژن از طریق آبتشویی نترات بطور میانگین ۱۶/۲ کیلوگرم در هکتار در سال برای شرایط دیم و ۳۰/۹ کیلوگرم در هکتار در سال برای شرایط آبیاری می‌باشد.

اگرچه مقایسه متغیرهای مربوط به چرخه نیتروژن در سیستم خاک-گیاه و بررسی میزان هدررفت نیتروژن در شیوه‌های تولید گندم برای درک بودجه‌بندی نیتروژن مهم است، اما مقایسه میزان بهره‌وری نیتروژن به ازای مقدار گندم تولیدی درک بهتری از اثرات زیست محیطی پیامد تولید دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که میزان



شکل ۶- اثر شیوه‌های مصرف نیتروژن بر میزان بهره‌وری نیتروژن در مزرعه گندم

Fig. 6. The effect of scenarios of nitrogen fertilizer application on nitrogen productivity in wheat field

عملکرد بالا، مخرج بهره‌وری نیتروژن نیز بالا بوده و نتایج مطالعات بسیاری نشان داده است که کارایی

در زراعت گندم آبی با مصرف نیتروژن بسیار زیاد (۱۶۷/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با وجود

بررسی قرارداداند و بیان کردند که بهره‌وری نیتروژن (نسبت عملکرد به میزان نیتروژن مصرف شده) در تولید گندم ۲۲/۵ کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده است و با شیبی معادل ۰/۱۹- کیلوگرم در هکتار در سال در حال کاهش می‌باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق، بین شیوه‌های تولید گندم در گرگان از نظر میزان نیتروژن قابل دسترس، جذب نیتروژن توسط گیاه و عملکرد دانه گندم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. افزایش میزان کود مصرفی باعث افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس شد که بزرگترین جزء موازنه نیتروژن در مزرعه می‌باشد. آنچه مشخص است این است که عملکرد از مصرف کود تبعیت نموده و در بین شیوه‌های زراعت گندم که مصرف کود بیشتر با مصرف آب همراه بوده، عملکرد دانه بیشتری بدست آمد. میزان هدررفت نیتروژن بصورت دنتریفیکاسیون (میانگین ۶۸ درصد) نسبت به تصعید (میانگین ۱۳ درصد) در همه شیوه‌های مورد مطالعه بیشتر بود. دامنه این سهم از تلفات نیتروژن بین صفر تا ۱۷/۹ و میانگین آن ۵/۲ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین نیتروژن آبشویی شده مربوط به زراعت گندم آبی با مصرف نیتروژن خیلی زیاد بود که با سایر شیوه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. با توجه به نتایج حاصل بنظر می‌رسد که زراعت آبی گندم به صورت رایج منطقه با مصرف ۸۰/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مناسب‌تر از سایر شیوه‌ها باشد. با توجه به میزان بالای بهره‌وری نیتروژن در این شیوه، با مصرف کمتر کود، ضمن صرفه‌جویی در هزینه، تلفات آبشویی و آلودگی زیست محیطی نیز کاهش یافته و آبیاری به میزان کافی و مصرف کود کمتر عملکرد مطلوب گندم را بدنبال خواهد داشت.

بهره‌وری نیتروژن با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی علیرغم افزایش در عملکرد، کاهش می‌یابد (Delogu *et al.*, 1998, Lopez-Bellido *et al.*, 2005, Huggins and Pan, 1993). حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2013) با بررسی اثر کود نیتروژن بر شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن در ارقام گندم نشان دادند که بهره‌وری نیتروژن مستقیماً تابعی از عملکرد است، بطوریکه با افزایش مصرف کود نیتروژن مقدار این شاخص کاهش یافته و دلیل این کاهش را وجود رابطه غیرخطی بین افزایش مصرف نیتروژن و بهبود عملکرد دانستند. ژائو و همکاران (Zhao *et al.*, 2006) نیز نشان دادند که با افزایش مصرف کود شیمیایی نیتروژنی در صورت وجود آب، به دلیل بالا بودن تلفات نیتروژن از طریق تصعید، دنتریفیکاسیون و آبشویی، شاخص‌های نیتروژن کاهش می‌یابد که این موضوع نشان‌دهنده پایین بودن سودمندی نیتروژن در این شرایط است که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

در این تحقیق زراعت دیم کمترین بهره‌وری را به خود اختصاص دادند (شکل ۶) که این موضوع می‌تواند ناشی از مصرف کمتر کود و در نتیجه کاهش میزان نیتروژن در دسترس از یک سو و شرایط عدم آبیاری باشد، زیرا در صورت عدم تأمین آب، حداقل نیتروژن قابل دسترس موجود نیز به درستی جذب گیاه نمی‌شود (Alizadeh *et al.*, 2013)، همچنین با توجه به اجزای تشکیل دهنده کسر بهره‌وری، حداقل عملکرد نیز به این شیوه‌ها تعلق دارد.

کوچکی و همکاران (Kochehi *et al.*, 2014) نیز با استفاده از عملکرد و میزان مصرف کود در طی یک دوره ۴۰ ساله (۱۳۸۹-۱۳۵۰)، روند تغییرات، بهره‌وری و انواع کارآیی‌های مصرف نیتروژن و نیز سهم نسبی این نهاد در افزایش عملکرد گندم در ایران را مورد

References

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, P and S. Fallah .2013.** Effect of Cut-off Irrigation and Nitrogen Amendments on the Growth and Yield of Forage Maize. *Plant Prod. Technol.*12: 27-39.
- Allen, V. B and G. M. Bryson. 2007.** Essential elements-macronutrients. II. nitrogen. P. 21-51. In Allen, V.
- Asadi, M. E., R. S. Clemente, A. D. Gupta., R. Loof and G. K. Hansen. 2002.** Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. *Agric. Water. Manage.* 52: 197-213.
- Black, I. and C. Dyson. 2008.** Thirty years of change in South Australian broadacre agriculture. In: *Global Issues, Paddock Action. Proc. 14th Aust. Agron. Conf., Adelaide, South Australian, Australian. Society. Agron. J.* 21-28 September.
- Brentrup, F., J. Kusters, H. Kuhlmann and J. Lammel. 2001.** Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilizers. *Eur. J. Agron.* 14: 221–233.
- Davise, J. G., D. G. Westfall, J. J. Mortvedt and J. F. Shanahan. 2002.** Feertilizing winter wheat. *Agron. J.* 84: 1198-1203.
- Delogu, G., L. Cattivelli, N. Pecchioni, D. De Flacis, T. Maggiore and A. M. Stanca. 1998.** Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Eur. Agron. J.* 9: 11-20.
- Fan, X., F. Li. and D. Kumar. 2004.** Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Plant Nutr.* 25: 853-865.
- Fang, Q., R. Malone and L. D. Ahuja. 2013.** Quantifying climate and management effects on regional crop yield and nitrogen leaching in the north China plain. *J. Environ. Qual.* 42: 1466-1479.
- Gibbons, J. M., D. L. Sparkes, P. Wilson and S. J. Ramsden. 2005.** Modelling optimal strategies for decreasing nitrate loss with variation in weather – a farm-level approach. *Agric. Sys.* 83: 113–134.
- Granlund, K., S. Rekolainen, J. Gronroos, A. Nikander and Y. Laine. 2000.** Estimation of the impact of fertilization rate on nitrate leaching in Finland using a mathematical simulation model. *Agric. Ecosys. Environ.* 80: 1 –13
- Heffer, P. 2008.** Assessment of fertilizer use by crop at the global level. International Fertilizer Industry Association. Availabel at: www.fertilizer.org.
- Hirzel, J., I .Matus, F. Novoa and I. Walter. 2007.** Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production and nutrient uptake. *Span. J. Agric. Res.* 5: 102-109.
- Hosseini, R., S. Galeshi, A. Soltani, M. Kalateh and M. Zahed. 2013.** The effect of nitrogen on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iran. J. Field Crop. Res.* 20:300-306. (In Persian with English abstract).
- Huggins, D. R and W. L. Pan. 1993.** Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *J. Agron.* 85: 898-905.

- Ifa, Unname. 2009.** Assessment of fertilizer use by crop at global level. Statistic [Online]. Available at: www.fertilizer.org.
- Jones, C. and J. Jacobsen. 2005.** Nitrogen Cycling, Testing and Fertilizer Recommendations, Nutrient Management Module No. 3. Extension Service, Montana State University, USA.
- Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati and M. R. Kiani. 2014.** Estimating long-term fertilizer demand in Iran's agricultural production. *J. Agroecol.* 4: 1-14. (In Persian with English abstract).
- Lopez-Bellido, L., R. J. Lopez-Bellido, and R. Redondo. 2005.** Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Res.* 94: 86 -97.
- Lotfollahi, M. M., M. J. Malakouti and H. Saffari. 2004.** New methods of wheat nutrition: Increasing nitrogen efficiency in sandy soil by using urea with sulfur coated. Sana Press. (In Persian).
- Mc Donald, G. K. 2002.** Effects of nitrogen fertilizer on the growth, grain yield and grain protein concentration of wheat. *Austr. J. Agric. Res.* 43:949-967.
- Soltani, A. 2007.** Application of SAS in Statistical Analysis. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
- Soltani, A. and T. R. Sinclair. 2012.** Modeling physiology of crop development, growth and yield. CAB International, Wallingford , UK .
- Soltani, E., A. Soltani, E. Zeinali and A. Dastmalchi. 2013.** Estimates of nitrate leaching from wheat fields in Gorgan. *J. Soil Water Conserv.* 20: 145-163.
- Tzilivakis, J., K. Jaggard, K.A. Lewis, M. May and D.J. Warner. 2005.** Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107: 341 –358.
- Vadrevu, K. G., J. Cardina, F. Hitzhusen, I. Bayoh, R. Moore, J. Parker, B. Stinner, D. Stinner and C. Hoy. 2008.** Case study of an integrated framework for quantifying agroecosystem health. *Ecosys. J.* 11:283-306.
- Zare Fyzabadi, A., A. Kochaki and M. Nasiri Mahalati. 2006.** The trend of changes in cultivated area, yield and production of cereals in the country and predict the future state for 50 years. *Iran. J. Field Crop. Res.* 4: 49-69. (In Persian with English abstract).
- Zeinali, E. 2009.** Wheat nitrogen nutrition in Gorgan; agronomical, physiological and environmental aspects. Ph.D. Thesis in Agronomy, College of Agriculture Science, Gorgan University, Iran. (In Persian).
- Zeinali, E., A. Soltani, S. Galeshi and S. A. R. Movahedi Naeeni. 2009.** Estimates of nitrate leaching from wheat fields in Gorgan, Northeast of Iran. *Res. J. Environ. Sci.* 3: 645-655.
- Zhao, R. F., X. P. Chen, F. S. Zhang, H. L. Zhang, J. Schroder and V. Romheld. 2006.** Fertilization and nitrogen balance in a wheat and maize rotation system in North China. *Agron. J.* 98: 938-945.
- Zubillaga, M. M., M. L. Cabrera, D. E. Kissel and J. A. Rema. 2007.** Modeling field-scale N mineralization in Coastal Plain soils (USA). *Eco. Model.* 207: 243–250.

Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran

Alizadeh, P.¹, and A. Soltani²

ABSTRACT

Alizadeh, P., and A. Soltani. 2017. Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(3):218 -231. (In Persian).

Environmental and economic challenges resulting from the application of nitrogen fertilizers have increased concerns about its productivity in the agricultural systems. This study was conducted to evaluate SSM-Wheat model to simulate nitrogen budgeting with various nitrogen application scenarios (Dry land-without nitrogen, Dry land-low nitrogen, Irrigated-without nitrogen, Irrigated-conventional, Irrigated-high nitrogen and Irrigated-very high nitrogen) in rainfed and irrigated conditions in the wheat-based cropping systems of Gorgan region in Iran in a 21-years period (1990-2010). Results indicated that the average total losses of nitrogen were significantly different among different scenarios. In all scenarios, the proportion of nitrogen loss (81%), as gaseous was more than that of leaching (19%). Nitrogen loss by nitrification ranged between 5.9 and 59.2 kg.ha⁻¹ with average 23.2 kg.ha⁻¹ while nitrogen volatilization ranged between 0 and 14.9 kg.ha⁻¹ with an average 5.8 kg.ha⁻¹. Also, the maximum nitrogen leached was associated with irrigated wheat-high nitrogen scenario that had significant difference with other scenarios. However, the lowest amount observed in the rainfed wheat-without nitrogen scenario that had no significant difference with irrigated wheat-without nitrogen scenario. The highest productivity was observed in irrigated wheat-conventional scenarios (26 kg.kg⁻¹) and irrigated wheat high nitrogen (25.9 kg.kg⁻¹) which was significantly different than the other scenarios. Therefore, irrigated wheat-conventional scenario was identified as suitable scenario in wheat production in Gorgan, Iran, due to cost saving, low leaching, less environmental pollution, adequate irrigation and less fertilizer use.

Key words: Nitrogen budgeting, Nitrogen productivity and SSM-Wheat model.

Received: May 2016

Accepted: December 2017

1- PhD Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(Corresponding author)(Email: parysa.alizadeh@gmail.com)

2- Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran