اثر مدیریت مصرف نیتروژن بر کارائی مصرف آن در گندم دیم با استفاده از نیتروژن-15

محمدحسین سدری[1]، احمدگلچین، رایحه میرخانی، ولی فیضی اصل و عادل سی و سه مرده

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران؛ **sedri_mh@yahoo.com**

استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان؛ **agolchin2011@yahoo.com**

کارشناس پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای؛ **rayehemir@gmail.com**

استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛ **vfeiziasl@yahoo.com**

دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان؛ **a33@uok.ac.ir**

دریافت: **95/4/12** و پذیرش: **95/9/17**

چکیده

به منظور بررسی اثر مدیریت مصرف نیتروژن بر کارائی نیتروژن در گندم دیم، آزمایشی با سه نحوه مصرف نیتروژن شامل کل نیتروژن در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار، و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار به عنوان کرت اصلی و پنج سطح نیتروژن شامل 0، 30، 60، 90 و 120 کیلوگرم در هکتار با استفاده از اوره نشان‌دار 8 و 6 اتم درصد اضافه به عنوان کرت فرعی با سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در سال زراعی 92-1391 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قاملو کردستان اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر نحوه مصرف بر عملکرد دانه، برداشت نیتروژن در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه، برداشت کل نیتروژن، %Ndff[2]، برداشت نیتروژن و کارایی نیتروژن در سطح یک درصد و پروتئین دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. با مصرف نیتروژن، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد به ترتیب 35 و 33 درصد افزایش نشان دادند. با افزایش مصرف نیتروژن از 30 تا 120 کیلوگرم در هکتار، % Ndff از 11 تا 39 درصد افزایش یافت که این مقادیر به ترتیب با کارایی نیتروژن-15، 21 تا 28 درصد مرتبط بود. بیشترین کارایی (31 درصد) با مصرف 90 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. از کل نیتروژن جذب شده توسط اندام هوایی گندم، 70 درصد مربوط به دانه بود. بهترین عملکرد دانه با بیشترین کارایی نیتروژن در تیمارهای مصرف کل در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار به ترتیب با مصرف 69، 60 و 51 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: جذب نیتروژن، اوره نشان‌دار، زمان مصرف نیتروژن و گندم

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: سنندج، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان- بخش تحقیقات خاک و آب

[2]. Fraction of Nitrogen in the plant derived from the ^{15}N labeled fertilizer(Ndff)

مقدمه

گندم نقش محوری در کشاورزی ایران ایفا می‌کند و آردی که از آن به دست می‌آید عمدتاً به تولید نان می‌رسد. حدود 63 درصد سطح زیر کشت و 40 درصد تولید گندم در ایران به صورت دیم می‌باشد(غفاری، 1387). بر اساس آمار، میانگین عملکرد گندم در ایران در مقایسه با میانگین جهانی، بسیار پائین است. از سوی دیگر مصرف کودهای نیتروژنی یکی از ملزومات اساسی تولید گندم، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می‌آید و مطابق آمار منتشر شده در چهار دهه گذشته تولید مواد غذایی در سطح جهانی 7 برابر شده که این افزایش بیشتر مرهون استفاده از کودهای نیتروژنی بوده است(گیر، 2004). بر این اساس عمده چالش در دهه‌های آتی، علاوه بر افزایش میزان تولید گندم برای جمعیت در حال افزایش جهان، پایداری تولید و کیفیت محیط زیست خواهد بود. در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود مواد آلی در خاک به عنوان منبع طبیعی نیتروژن مورد نیاز گیاه و وجود تنش رطوبتی، به عنوان مانع اصلی جذب نیتروژن، همواره مطرح بوده و بعد از تنش رطوبت، تنش نیتروژن، مهمترین عامل محدود کننده تولید گندم دیم در این مناطق محسوب می‌شود(ریان و همکاران، 2008).

نیتروژن به مقدار زیاد توسط گیاهان از خاک جذب می‌شود، بنابراین برای رشد بهینه گیاه، تأمین مقدار کافی نیتروژن قابل استفاده در خاک، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (آنتپ، 1997). نیتروژن در گیاهان، بالاترین غلظت را دارد و گلوگاه رشد محسوب می‌شود. این عنصر نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد، بطوری که کمبود آن، بیش از سایر عناصر غذایی، عملکرد را محدود می‌کند (ملکوتی و همایی، 1383). مصرف کودهای شیمیایی در مناطق دیم با محدودیت و تنگناهای جدی مدیریتی همراه است، از جمله این مشکلات، زمان، میزان و منبع کود نیتروژنی و عوامل محیطی دخیل در تولید محصولات دیم از قبیل توزیع و میزان بارندگی است که عدم هماهنگی آنها با زمان و مقدار مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند، موجب آسیب رساندن به محصول شود (ملکوتی و نفیسی،1379). میزان مصرف کودهای نیتروژنی برای گندم دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا که در مصارف کم و زیاد این عنصر، علاوه بر تشدید اثر تنش‌های رطوبتی و حرارتی بر روی متابولیسم گیاه، عملکرد اقتصادی آن نیز کاهش می‌یابد (فولر و بریدون، 1989b و پری‌هار و همکاران، 1989). مقادیر بسیار بالایی از نیتروژن به صورت تلفات از طریق دنیتریفیکاسیون، تصعید و شستشو بدون استفاده محصولات کشاورزی وارد محیط زیست می‌شود. امروزه این موضوع، مشکلات زیست محیطی متعددی، از جمله آلودگی آبهای زیرزمینی را موجب شده است(چن و همکاران، 2004 و هیرل و همکاران، 2007). افزایش کارایی استفاده از نیتروژن برای تولید اقتصادی گندم در شرایط خشک و نیمه خشک، توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار و مقابله با فشارهای اقتصادی و زیست محیطی بسیار ضروری است که این موضوع نیاز به انجام تحقیقات بیشتری دارد (ماهلر و همکاران، 1994). کاهش در میزان مصرف کودهای نیتروژنی از طریق مدیریت بهینه مصرف این کودها از لحاظ نوع کود، مقدار و زمان مصرف آن، یکی از راه‌حل‌های اساسی در مقابله با بحران‌های زیست محیطی جهانی و منطقه‌ای و همچنین افزایش اقتصادی تولید غلات در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است (جانسون و فولر، 1992). مصرف نیتروژن برای گندم دیم در مقدار و زمان نامناسب به دلیل اثرات متقابل با تنش‌های رطوبتی و حرارتی، نه تنها باعث افزایش کمی و کیفی نمی‌شود، بلکه، خود به عنوان عامل تنش در متابولیسم گیاه وارد شده و اثرات تنش‌های را تشدید و کاهش کارایی این عنصر را سبب می‌شود (بورش و همکاران، 1990 و سویر و همکاران، 1994).

کارایی استفاده از نیتروژن در محصولات کشاورزی به نوع کود، زمان و شرایط اقلیمی مرتبط است (هوگینز و پن، 1993، بورقی، 2000 و بلاکینائو و همکاران، 2002). امروزه استفاده از نیتروژن-15 به عنوان یک ردیاب در تحقیقات کشاورزی و مطالعات سیستم‌های خاک و گیاه، کاربرد وسیعی دارد. با استفاده از این فناوری می‌توان، به طور مستقیم میزان جذب عناصر غذایی از کودهای شیمیائی مورد مصرف را اندازه‌گیری نمود. در این روش، به جای استفاده از کودهای شیمیایی معمولی، از نوع نشان‌دار استفاده می‌شود. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر نحوه مصرف و مقادیر مختلف کود نیتروژنی بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین گندم دیم و ارزیابی دقیق کارائی مصرف نیتروژن در شرایط دیم با بهره‌گیری از تکنیک ردیابی نیتروژن-15 در گیاه و دستیابی به بهترین توصیه نحوه مصرف و مقدار بهینه نیتروژن بر مبنای بالاترین کارایی مصرف نیتروژن برای گندم دیم در استان کردستان و مناطق مشابه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با سه نحوه مصرف کود نیتروژنی شامل کل نیتروژن در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز در مرحله کاشت + $\frac{1}{3}$ در بهار در مرحله پنجه‌دهی و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار در مرحله پنجه‌دهی در کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف نیتروژن در پنج سطح شامل 0، 30، 60، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در کرت‌های فرعی بر روی رقم گندم دیم رقم آذر 2 در 3 تکرار و با استفاده از اوره نشان‌دار 8 و 6 اتم درصد اضافه در کرتچه‌های ایزوتوپی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های یکبار خرد شده (اسپلیت پلات) در سال زراعی 92-1391 به اجرا در آمد. در تابستان سال 1391 قطعه زمینی، با تناوب زراعی آیش- گندم به مساحت 5862/5 مترمربع با ابعاد 87/5 × 67 متر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم قاملو (استان کردستان) انتخاب شد. آماده‌سازی بستر بذر با روش‌های معمول خاک‌ورزی توسط گاو آهن برگردان‌دار و دیسک متقاطع در پائیز و با استفاده از روتیواتور انجام گرفت. در داخل بلوک‌ها، فاصله بین کرت‌های اصلی (7 × 41/75 متر)، 5 متر و فاصله بین کرت‌های فرعی (6/75 × 7 متر)، 2 متر در نظر گرفته شد. در هرکرت فرعی، قطعه‌ای تحت عنوان کرتچه ایزوتوپی به ابعاد 2/25 × 1 مترمربع در وسط هرکرت فرعی به کوددهی ایزوتوپی (نیتروژن-15) اختصاص داده شد. جهت تعیین نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ و محاسبه درصد نیتروژن مشتق شده از کود (Ndff%) از گیاهان وسط کرتچه ایزوتوپی استفاده شد.

برای ارزیابی حاصلخیزی عمومی خاک محل اجرای آزمایش، قبل از اعمال مصرف کود، سه نمونه خاک به روش مرکب از هر تکرار از عمق 30-0 سانتیمتری تهیه شد. نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن آمونیومی، فسفر و پتاسیم قابل جذب، درصد مواد خنثی شوند، کربن آلی، اسیدیته گل اشباع، هدایت الکتریکی گل اشباع، درصداشباع و بافت خاک در این نمونه‌ها اندازه-گیری شد (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، 1993). بذور گندم با تراکم 450 دانه در مترمربع، به کمک دستگاه بذرکار همدانی بهبود یافته مجهز به سیستم جایگذاری کود (13 ردیفه) در عمـــق 5-7 سانتیمتری با فاصله ردیف‌های کاشت 17/3 سانتی‌متر کشت شد. در پاییز مقادیر مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (46 درصد نیتروژن) و مقادیر ثابت کود فسفری بر اساس آزمون خاک از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به همراه 20 کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی، همزمان با کاشت به طور یکنواخت در تمام کرت‌های آزمایشی جایگذاری شد. در کرتچه‌های ایزوتوپی، پس از رقیق سازی ایزوتوپی اوره 10 اتم درصد اضافه و تهیه محلول-های 6 و 8 اتم درصد اضافه، کود ایزوتوپی با استفاده از آب‌پاش دستی و به طور یکنواخت در سطح کرتچه ایزوتوپی با مقدار نیتروژن معادل، در کرت پخش گردید. پس از محلول‌پاشی نیتروژن-15، به منظور جلوگیری از تصعید آن با استفاده از سیستم آبیاری بارانی به میزان 10 میلی‌متر، آبیاری انجام شد. در مرحله پنجه‌دهی گندم در بهار، برای اعمال نیتروژن سرک در تیمارهای 1/3 و 1/2، کود اوره نشان‌دار بصورت محلول در سطح کرتچه‌های ایزوتوپی به طور یکنواخت توزیع شد. در این مرحله نیز برای جلوگیری از تلفات نیتروژن و تصعید آن، پس از مصرف کودهای نیتروژنی، بلافاصله تمامی تیمارها با روش بارانی به میزان 10 میلی‌متر آبیاری شد. متوسط بارندگی محل اجرا در سال زراعی92-1391، 256/1 میلی‌متر بود. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (GS87) از محدوده مرکز کرتچه‌های ایزوتوپی، نمونه گیاهی تهیه شد. همزمان از قسمت غیرایزوتوپی نیز نمونه گیاهی تهیه و پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری نیتروژن در گیاه به روش کجلدال و تعیین نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ با استفاده از دستگاه اسپکترومتر گسیلی NOI7، درصد نیتروژن مشتق شده از کود (Ndff%) با استفاده از روابط (1) و (2) محاسبه شد.

رابطه (1) $a = á + a_o$

a: فراوانی نیتروژن-15 بر حسب اتم درصد

á: فراوانی نیتروژن- 15 اضافه بر حسب اتم درصد

a_o: فراوانی طبیعی نیتروژن-15 بر حسب اتم درصد (0/3663 اتم درصد)

رابطه (2)

$$\%Ndff \text{ دانه یا کلش} = \frac{á \text{ (نمونهٔ گیاهی)}}{á \text{ (کود نشاندار)}} \times 100$$

Ndff% کل (دانه و کلش) با استفاده از نمونه‌های گیاهی در مرحله برداشت فیزیولوژیکی گندم و از رابطه (3) محاسبه شد.

رابطه (3)

در زمان برداشت محصول نیم متر از دو انتهای

$$\%Ndff_{کل} = \frac{(NY_{کلش} \times \%Ndff_{کلش}) + (NY_{دانه} \times \%Ndff_{دانه})}{NY_{کل(دانه و کلش)}}$$

کرت فرعی حذف و بقیه کرت به صورت دستی و کف‌بر، برداشت و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بر اساس کیلوگرم در هکتار تعیین شد. از نسبت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک در هر تیمار، شاخص برداشت محاسبه شد. از اختلاف عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، عملکرد کلش محاسبه شد. برداشت نیتروژن(NY)در گیاه (دانه و کلش) از رابطه (4) محاسبه شد.

رابطه (4)

$$NY = DMY \times \frac{\%N}{100}$$

NY، برداشت نیتروژن کل ($kgN.ha^{-1}$)، DMY، عملکرد ماده خشک(عملکرد دانه، کلش یا بیولوژیک) بر حسب $kg.ha^{-1}$ و N، نیتروژن کل (%)

برداشت نیتروژن کود (FNY)، بر حسب $kg\ N.ha^{-1}$ از رابطه (5) محاسبه شد.

رابطه (5)

$$FNY = NY \times \frac{\%Ndff}{100}$$

کارایی مصرف کود نیتروژنی در دانه، کلش یا کل اندام‌های هوایی بر اساس درصد و از رابطه (6) محاسبه شد.

رابطه (6)

$$FNU\% = \frac{FNY}{RNA} \times 100$$

FNU کارایی مصرف کود نیتروژنی (درصد) و RNA، میزان کود نیتروژنی استفاده شده (کیلوگرم)

پس از جمع آوری داده‌های آزمایش، تجزیه‌های آماری بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و STATG انجام و میانگین داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

نتیجه و بحث

نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتیمتری) در جدول (1) نشان داده شده است

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتیمتری)

تکرار	درصد اشباع	مواد خنثی شونده	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته pH	نیتروژن کل	نیتروژن نیتراتی	نیتروژن آمونیومی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	بافت خاک
		(%)		($dS.m^{-1}$)		($mg.kg^{-1}$)					
1	41/7	35/1	0/75	0/65	7/7	0/07	14/76	5/2	7/0	217	لوم رسی
2	41/7	39/9	0/80	0/81	7/6	0/06	14/4	4/5	9/2	196	لوم رسی
2	42/3	30/4	0/75	0/54	7/7	0/06	12/9	5/4	7/9	200	لوم رسی

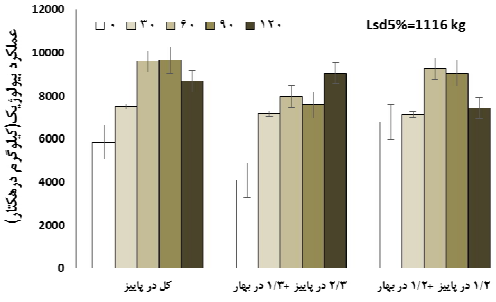
عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک به ترتیب در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به میزان 8944 و 5574 کیلوگرم در هکتار، به ترتیب مربوط به تیمار N60 و شاهد بود. نتایج مقایسه نشان داد که با مصرف 30، 60، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد میانگین عملکرد بیولوژیک به ترتیب 30، 60، 57 و 51 درصد افزایش ($p< 0/05$) داشتند (جدول 4). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که مصرف کل نیتروژن، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار، نسبت به شاهد به ترتیب 51، 95 و 21 درصد افزایش نشان دادند (شکل 1).

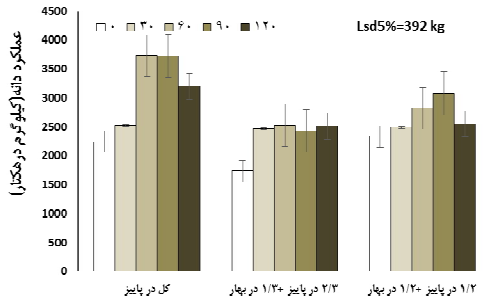
عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نحوه مصرف، اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه به ترتیب در سطح پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). با مصرف 30، 60، 90 و120 $kgN.ha^{-1}$، عملکرد دانه نسبت به شاهد، به طور میانگین، به ترتیب 19، 44، 46 و 39 درصد افزایش نشان داد که این اختلاف در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 4). با افزایش مقدار نیتروژن، عملکرد دانه تا مصرف 90 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت اما با رسیدن به120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش عملکرد دانه، روند نزولی پیدا کرده و کاهش نشان داد. این نتیجه با نتایج نلسون (1991)، فولر و بریدون

(b1989) ، فیضی اصل و پورمحمد (1393) مطابقت دارد. عملکرد دانه در مصرف کل نیتروژن در پاییز با میانگین 3084 کیلوگرم در هکتار به عنوان بالاترین و 2/3 در پائیز + 1/3 در بهار و 1/2 در پائیز + 1/2 در بهار، به ترتیب با عملکرد 2336 و 2655 کیلوگرم در هکتار، در رتبه دوم و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن نشان داد که تیمار N60 و N90 در مصرف کل در پاییز، با بالاترین عملکرد دانه نسبت به شاهد، به ترتیب به میزان 1198 و 1193 کیلوگرم در هکتار افزایش ($p<0/05$) داشتند و به طور مشترک در یک کلاس آماری قرار گرفتند (شکل 2). در هر سه نحوه مصرف نیتروژن، با افزایش مقدار نیتروژن، عملکرد دانه تا مصرف 90 $kgN.ha^{-1}$ افزایش یافت اما با رسیدن به 120 $kgN.ha^{-1}$ ، افزایش عملکرد دانه، روند نزولی پیدا کرده و کاهش نشان داد. میانگین عملکرد دانه با مصرف نیتروژن در زمان کل در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار نسبت به شاهد به ترتیب 47، 43 و 17 درصد افزایش نشان داد (شکل 2). بر اساس معادله درجه دوم بین عملکرد دانه و مقادیر مصرف نیتروژن در مصرف کل در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار برای بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مصرف مقادیر 83، 82 و 74 $kgN.ha^{-1}$ برآورد شد.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک گندم دیم



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه گندم دیم

عملکرد کلش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر عملکرد کلش معنی‌دار ($p<0/01$) بود(جدول 2). میانگین عملکرد کلش با مصرف 30، 60، 90 و 120 $kgN.ha^{-1}$ نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 37، 70، 64 و 63 درصد افزایش نشان داد (جدول4). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن بر عملکرد کلش گندم دیم در شکل (5) آمده است.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقادیر نیتروژن بر پروتئین دانه معنی‌دار ($p<0/05$) بود(جدول 2). کمترین میزان پروتئین دانه مربوط به شاهد به مقدار 9/3 درصد بود. با افزایش مصرف نیتروژن، درصد پروتئین دانه در گندم، به طور معنی‌داری افزایش یافت. با مصرف 30، 60، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، پروتئین دانه به ترتیب به مقدار 1/15، 3/31، 3/56 و 4/25 درصد (به طور متوسط 33 درصد) افزایش نشان داد (جدول 4).

بر اساس رابطه خطی بین مقدار مصرف نیتروژن با میزان پروتئین دانه (Protien = 0.036N + 9.55) با ضریب تبیین 0/92، مشخص شد که به ازای مصرف هر 10 کیلوگرم نیتروژن، پروتئین دانه گندم دیم به مقدار 0/36 درصد افزایش می‌یابد (شکل3). فیضی اصل و پورمحمد (1393) گزاش نمودند که رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با پروتئین دانه گندم دیم به صورت خطی و افزایشی است و با افزایش مصرف هر 10 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان افزایش پروتئین دانه، 0/21 واحد می‌باشد. آنها بر این باورند که با شروع تنش رطوبتی در زمان پرشدن دانه، نیتروژن انباشته شده در اندام‌های رویشی از طریق توزیع مجدد به سمت سنبله انتقال یافته و باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود. نتیجه مشابهی برای گندم دیم در شرق ایالت واشنگتن گزارش شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (کوئینگ و همکاران، 2011).

شاخص برداشت

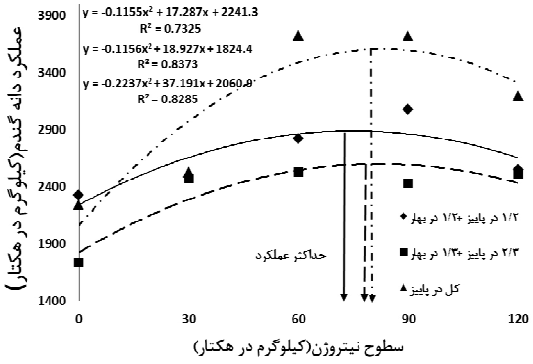
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نحوه مصرف، اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 2). میانگین شاخص برداشت در مصرف کل نیتروژن در پاییز، نسبت به دو روش تقسیطی مصرف نیتروژن، به میزان 8 درصد، افزایش نشان داد (جدول 2). میانگین شاخص برداشت در تمام مقادیر مصرف نیتروژن نسبت به شاهد به میزان 10 درصد کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) نشان داد (جدول3). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر شاخص برداشت گندم دیم در شکل (4) آمده است. فیضی اصل (1386) گزارش نمود با افزایش مصرف نیتروژن، مواد فتوسنتزی انتقال یافته به دانه در مقایسه با مواد فتوسنتزی موجود در زیست توده به صورت خطی و کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن برای گندم دیم، باید تاحدی باشد که به تولید بخش اقتصادی گندم دیم (دانه) آسیب جدی وارد ننماید. نتایج فیضی اصل و پورمحمد (1393) نیز کاملاً با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در خصوص کاهشی بودن رابطه بین نیتروژن مصرفی با شاخص برداشت مطابقت دارد.

وزن هزاردانه

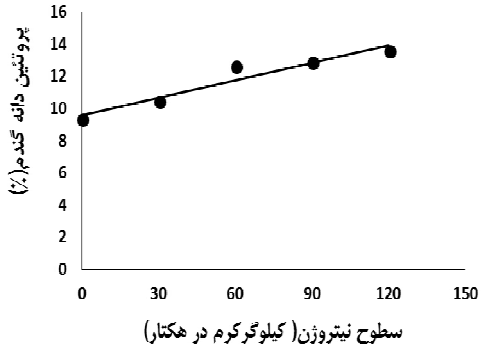
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مقادیر نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 2). با مصرف 30، 60، 90 و 120 $kgN.ha^{-1}$، وزن هزاردانه گندم دیم به ترتیب به میزان 4، 10، 15و 10 درصد کاهش نشان داد (جدول 4). اغلب پژوهشگران بر این باورند که وزن هزار دانه از اجزای عملکرد گندم دیم، اهمیت زیادی در افـزایـش عمـلـکـرد گـنـدم دیـم ندارد و به همین دلیل افزایش مصرف نیتروژن به عنوان کلیدی‌ترین عنصر مورد نیاز در این شرایط برای مقابله با تنش‌های رطوبتی و حرارتی باعث افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در واحد (سطح اندام‌های فتوسنتزکننده) و افزایش عملکرد دانه می‌شـود. ایـن در حـالی اسـت که با مصـرف نیـتروژن اثر مثبتی بر وزن هزار دانه مشاهده نشده است (فیضی اصل 1390 و یزدانی و همکاران، 2012).

برداشت نیتروژن کل در کلش

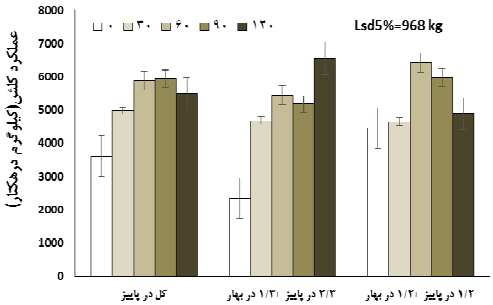
اثر مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کل در کلش معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). کمترین و بیشترین میزان برداشت نیتروژن کل در کلش، به ترتیب 9/99 و 23/18 $kg.kg^{-1}$ مربوط به شاهد و تیمار N120 بود. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، برداشت نیتروژن کل در کلش به طور صعودی افزایش یافت. با مصرف 30، 60، 90 و 120 $kgN.ha^{-1}$ میانگین برداشت نیتروژن کل در کلش نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 4/54، 12/94، 9/88 و 13/19 $kgN.ha^{-1}$ افزایش نشان دادند به طوری که تیمارهای N60، N90 و N120 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول6).



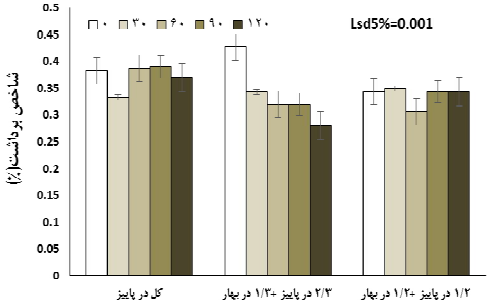
شکل 3- رابطه بین نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن عملکرد دانه گندم بر



شکل 4- رابطه خطی بین مقادیر نیتروژن و پروتئین دانه گندم



شکل 5- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن بر عملکردکلش گندم دیم



شکل 6- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن بر شاخص برداشت گندم دیم

برداشت نیتروژن کل در دانه

اثر نحوه مصرف نیتروژن و اثر مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کل دانه در سطوح پنج درصد و یک درصد معنی‌داربود (جدول 5). با مصرف 30، 60، 90 و 120 $kgN.ha^{-1}$، میانگین برداشت نیتروژن کل در دانه نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 5، 59، 78 و50 درصد افزایش نشان داد (جدول 6). برداشت نیتروژن کل در دانه در مصرف کل نیتروژن در پاییز با 68/60 $kgN.ha^{-1}$ نسبت به مصرف $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار به ترتیب به میزان 19/05 و 9/35 $kgN.ha^{-1}$ افزایش نشان داد (جدول7). کمترین و بیشترین میزان برداشت نیتروژن کل در دانه به ترتیب 42/4 و 75/4 $kgN.ha^{-1}$ مربوط به شاهد و تیمار N90 بود.

برداشت نیتروژن کل در کل اندام‌های هوایی (کلش و دانه)

اثر نحوه مصرف نیتروژن و اثر مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کل در کل اندام‌های هوایی به ترتیب در سطوح پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، برداشت نیتروژن کل در کل اندام‌های هوایی، به طور صعودی افزایش یافت. با مصرف 30، 60، 90 و 120 $kgN.ha^{-1}$ میانگین برداشت نیتروژن کل در کل اندام‌های هوایی نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 20، 71، 82 و 66 درصد افزایش نشان داد (جدول 6). برداشت نیتروژن کل در کل اندام‌های هوایی در مصرف کل نیتروژن در پاییز با 89/20 $kgN.ha^{-1}$ نسبت به مصرف $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار به ترتیب به میزان 23/81 و 11/49 $kgN.ha^{-1}$ افزایش نشان داد (جدول 7). در تحقیق سه ساله در نیوزلند با افزایش مصرف نیتروژن-15، جذب در دانه و کلش افزایش یافت و در مقدار 100 $kgN.ha^{-1}$ به حداکثر رسید (هاینز، 1999). محققان اعلام کردند با مصرف تقسیطی نیتروژن در بهار، برداشت نیتروژن در گندم در مقایسه با مصرف کل نیتروژن در پاییز افزایش یافته بود(ولچ و همکاران، 1966 و اولسون و همکاران 1979).

درصد نیتروژن جذب شده از کود نشان‌دار (Ndff%) در کلش

اثر مقادیر نیتروژن بر Ndff% کلش معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میانگین Ndff% کلش به طور صعودی افزایش یافت. کمترین Ndff به میزان 11 درصد و بیشترین Ndff کلش، به میزان 41 درصد به ترتیب مربوط به تیمار N30 و N120 بود (جدول 6).

جدول 2 – میانگین مربعات اثر زمان و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکردهای بیولوژیک، دانه و کلش، شاخص برداشت، وزن هزاردانه، طول خوشه، طول ساقه، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و پروتئین دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	طول ساقه	طول خوشه	پروتئین دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	عملکرد کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	2	45/09 ns	0/062 ns	3/157 ns	41/26 ns	9/37 ns	23/37 ns	0/004 ns	1000928 ns	1761035 ns	5102743ns
زمان مصرف	2	8/09 ns	0/008 ns	0/006 ns	39/74 ns	3/97 ns	1/51 ns	0/006**	801465ns	2115472*	4678378ns
خطا	4	4/52	0/012	0/299	21/89	2/21	5/09	0/000	1904921	243938	3432414
سطح نیتروژن	4	18/70 ns	0/031*	0/925 ns	9/24 ns	29/04 *	49/72**	0/004**	9180463**	1460292*	17661600**
زمان مصرف * سطح نیتروژن	8	5/62 ns	0/013ns	0/256 ns	15/99 ns	1/09 ns	5/95ns	0/004**	1529783**	265754**	2199738**
خطا	24	6/79	0/011	0/359	44/52	1/57	4/77	0/001	330072	54048	438747
ضریب تغییرات (%)		10/63	11/68	8/21	7/92	10/92	5/93	8/26	11/27	8/64	8/50

n.s، * و **به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

جدول 3– مقایسه میانگین‌های اثر زمان مصرف نیتروژن بر عملکردهای بیولوژیک، دانه و کلش، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله و پروتئین دانه

زمان مصرف کود	وزن دانه در سنبله	پروتئین دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	عملکرد کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
	g	%	g	%	kg.ha^{-1}	kg.ha^{-1}	kg.ha^{-1}
T_1	0/91a	11/97a	36/98a	0/373a	5179a	3084a	8264a
T_2	0/92a	11/14a	36/49a	0/338b	4839a	2336b	7175a
T_3	0/88a	12/09a	37/08a	0/337b	5280a	2655ab	7935a
$Lsd5_{\%}$	0/08	1/51	2/23	0/001	1399	500/7	1878

حروف مشابه، علامت عدم معنی دار بودن در سطح آماری پنج درصد است.

T_1-مصرف کل نیتروژن در پائیز T_2- مصرف2/3 نیتروژن در پائیز+ 1/3 نیتروژن در بهار و T_3-مصرف1/2 نیتروژن در پائیز+ 1/2 نیتروژن در بهار

جدول 4 – مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکردهای بیولوژیکی، دانه و کلش، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، وزن دانه در سنبله و پروتئین دانه

سطح مصرف نیتروژن	وزن دانه در سنبله	پروتئین دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	عملکرد کلش	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
kg.ha^{-1}	g	%	g	%	kg.ha^{-1}	kg.ha^{-1}	kg.ha^{-1}
0	0/96a	9/28b	40/03a	0/384a	3471c	2103d	5574c
30	0/89ab	10/43b	38/24ab	0/342c	4772b	2497c	7269b
60	0/95a	12/59a	35/89bc	0/337d	5918a	3026a	8944a
90	0/82b	12/84a	33/90c	0/351b	5694a	3077a	8771a
120	0/89ab	13/53a	36/18bc	0/331e	5644a	2755b	8398a
$Lsd5_{\%}$	0/10	1/22	2/88	0/0009	559	226	644

حروف مشابه علامت عدم معنی دار بودن در سطح آماری پنج درصد است

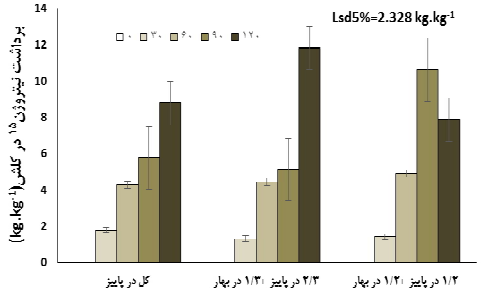
درصد نیتروژن جذب شده از کود نشان‌دار (Ndff%) در دانه

اثر مقادیر نیتروژن بر Ndff% دانه معنی‌دار (p<0/01) بود (جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میانگین Ndff% دانه به طور صعودی افزایش یافت. کمترین Ndff به میزان 11 درصد و حداکثر Ndff دانه، به میزان 38 درصد به ترتیب مربوط به تیمار N30 و N120 بود (جدول 6).

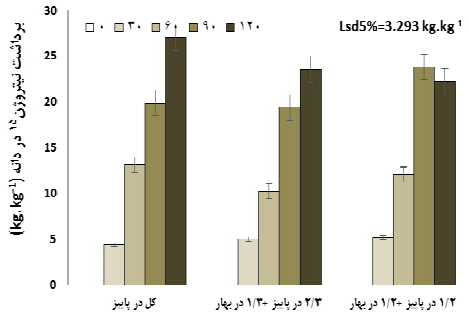
درصد نیتروژن جذب شده از کود نشان‌دار (Ndff%) در کل اندام‌های هوایی (کلش و دانه)

اثر مقادیر نیتروژن بر Ndff% کل اندام‌های هوایی معنی‌دار (p<0/01) بود(جدول 5). با افزایش مصرف نیتروژن-15، میانگین Ndff% کل اندام‌های هوایی به طور صعودی افزایش یافت. با مصرف 30، 60 ، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، Ndff% کل اندام‌های هوایی نسبت به شاهد به ترتیب 11، 19، 30 و 39 درصد افزایش نشان داد. این نتیجه بیانگر این است که از کل نیتروژن جذب شده در گندم فقط این مقادیر از کود نیتروژن نشان‌دار جذب شده و مابقی نیتروژن در گندم به ترتیب 89، 81، 70 و 61 درصد از منبع نیتروژن خاک تأمین شده است (جدول 6).

نتایج تحقیق در ایالت واشنگتن آمریکا (با بارندگی سالانه 520 میلیمتر و پراکنش خوب تا آخر فصل برداشت) با افزایش مصرف نیتروژن نشان‌دار، نیتروژن جذب شده از کود در دانه در مصرف تقسیطی در بهار 35 درصد بود و مابقی نیتروژن جذب شده در گندم از منبع نیتروژن خاک تأمین شد. در حالیکه در مصرف کل نیتروژن در پاییز، نیتروژن جذب شده از کود نشان‌دار به 20 درصد کاهش یافت (سویر و همکاران، 1994).



شکل 7- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن-15 برمیزان برداشت نیتروژن از کود در کلش گندم



شکل 8- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن- 15 بر میزان برداشت نیتروژن از کود در دانه گندم

برداشت نیتروژن کود در کلش

اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در کلش معنی‌دار (p<0/01) بود(جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میانگین نیتروژن برداشت شده از کود در کلش، به طور صعودی افزایش یافت. کمترین و بیشترین برداشت نیتروژن در کلش به میزان 1/5 و 9/4 $kgN.kg^{-1}$ به ترتیب مربوط به تیمارهای N30 وN120 بود (جدول 6). اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در کلش در شکل (7) آمده است.

برداشت نیتروژن کود در دانه

اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در دانه معنی‌دار (p<0/05) بود (جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میانگین نیتروژن برداشت شده از کود در دانه به طور صعودی افزایش یافت. کمترین و بیشترین برداشت نیتروژن کود در دانه به میزان 4/85 و 24/28 $kgN.kg^{-1}$، به ترتیب مربوط به تیمار N30 و N120 بود (جدول 6). اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در دانه در شکل (8) آمده است.

برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی (کلش و دانه)

اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میانگین نیتروژن برداشت شده کود در کل اندام هوایی، به طور صعودی افزایش یافت. کمترین و بیشترین برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی، به میزان 6/4 و 33/8 $kgN.kg^{-1}$، به ترتیب مربوط به تیمار N30 و N120 بود (جدول6). این نتیجه با نتایج هارمسن و مورگان (1988) که گزارش نمودند با افزایش مقادیر مصرف کود نیتروژنی در دانه و کل اندام هوایی محصولات افزایش می‌یابد همخوانی دارد. اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی در شکل (9) نشان داده شده است. از مجموع نیتروژن-15 جذب شده توسط کل اندام هوایی گندم دیم از کود نیتروژنی، 70 درصد در دانه و مابقی در کلش بود. این نتیجه با نیز با نتایج تحقیق ماریانا و همکاران (2003) همخوانی دارد.

کارایی مصرف نیتروژن-15 در کلش

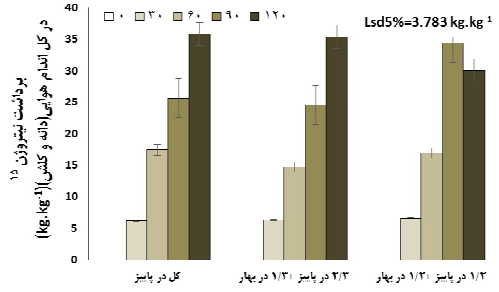
اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در کلش معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). کمترین کارایی مصرف نیتروژن در کلش، مربوط به تیمار N30 به میزان 5 درصد بود. در صورتی‌که کارایی مصرف نیتروژن در کلش، برای تیمارهای N60، N90 و N120 به طور میانگین 7/8 درصد بود که همگی در یک کلاس آماری قرار داشتند (جدول 6). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در کلش در شکل (10) نشان داده شده است.

کارایی مصرف نیتروژن-15 در دانه

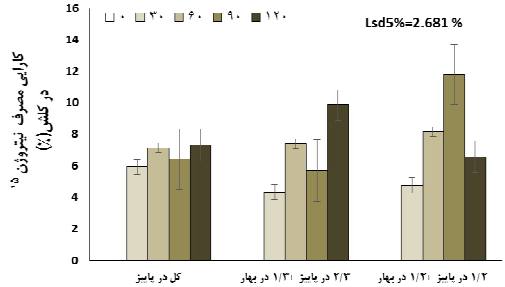
اثر مقادیر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در دانه معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). بیشترین کارایی در دانه، با مصرف 90 $kgN.ha^{-1}$ حاصل شد که با افزایش مصرف به سطح 120 $kgN.ha^{-1}$، کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول 6).

کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی (کلش و دانه)

اثر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی معنی‌دار ($p<0/01$) بود (جدول 5). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی با مصرف 90 $kgN.ha^{-1}$حاصل شد که با افزایش مقدار مصرف به سطح 120 $kgN.ha^{-1}$، کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول 6). محققانی اعلام نمودند که کمتر از 50 درصد از کود نیتروژنی مصرفی توسط غلات جذب می‌شوند و درصد بازیافت نیتروژن با افزایش مصرف کاهش می‌یابد (گیامبالوو و همکاران، 2010). مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف در مقادیر نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی نشان داد که در مصرف کل نیتروژن در پائیز و $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار با افزایش مصرف نیتروژن از سطح 30 تا 120 کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن افزایش داشت اما کارایی مصرف $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار با افزایش مصرف نیتروژن از سطح 30 تا 90 $kgN.ha^{-1}$، افزایش و با افزایش به سطح120، کاهش معنی‌دار پیدا کرد (شکل 11). بر اساس معادله درجه دوم بین کارایی مصرف نیتروژن و مصرف کل نیتروژن در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار و $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار، بیشترین کارایی به ترتیب با مصرف 69، 60 و 51 $kgN.ha^{-1}$ برآورد شد (شکل 12).



شکل 9- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن-15بر میزان برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی (کلش و دانه) گندم



شکل 10- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن-15 بر کارایی مصرف نیتروژن در کلش گندم

در تحقیقی مشابه در کشور آرژانتین، با مطالعه کوددهی در زمان‌های کاشت و پنجه‌زنی در گندم بهاره با دو سیستم شخم حفاظتی و سنتی و بررسی نیتروژن برداشت شده از کود در مراحل مختلف رشد گندم، با مصرف120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره با نیتروژن-15 (3/03 و 5/14 اتم درصد اضافه)، نیتروژن-15 برداشت شده در گیاه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، به میزان 21/9 تا 70/4 کیلوگرم در هکتار در کل گیاه، به ترتیب به بازیافت 18/3 تا 58/7 درصد نیتروژن-15 در محصول مربوط و به طور تقریب 70 درصد از کود نیتروژنی بازیافت شده در کل محصول، مربوط به دانه گندم بود (ماریانا و همکاران، 2003). لوپز و بلیدو (2006) در مطالعه تأثیر زمان مصرف کود نیتروژن بر روی راندمان کود نیتروژنی در گندم دوروم دیم در در خاک‌های ورتی‌سول با اقلیم مدیترانه‌ای اسپانیا و با کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نشاندار شده با نیتروژن-15 با اتم درصد اضافه 2/5 دریافتند برای افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش تلفات آن از طریق آبشوئی و رواناب کود نیتروژنی باید بطور عمده بین مرحله پنجه-زدن و طویل شدن ساقه استفاده شود، در حالی که کاربرد نیتروژن در پائیز سبب بازیافت پائین آن می‌شود. آنها متوسط بازیافت کود نیتروژنی را بین 12/7 درصد در صورت کوددهی در مرحله کاشت تا 41/6 درصد در صورت استفاده به صورت سرک در شروع مرحله به ساقه رفتن گزارش کردند.

با مصرف نیتروژن، عملکرد دانه در گندم دیم به میزان 35 درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح N90 عملکرد دانه به طور صعودی افزایش و با رسیدن N120 روند نزولی پیدا کرد. با مصرف کل60 و 90 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در پاییز، عملکرد دانه نسبت به شاهد به طور میانگین 66 درصد افزایش نشان داد. این نتیجه با نتایج ریان و همکاران (1997)، هالوارسون و همکاران (2004) و فیضی اصل (1386) همخوانی دارد. در خصوص تقسیط کود نیتروژنی نظرات متعددی وجود دارد. برخی از محققین نظیر دیویس و همکاران (1979) و الین و سپیرتز (1980) گزارش نمودند که مصرف سرک بهاره نیتروژن در مقایسه با مصرف کل در پاییز، کارایی بیشتری دارد اما برخی نظیر بانیفیلد و همکاران (1981) معتقدند که تقسیط نیتروژن بی‌فایده است. فولر و بریدون (1989a) از جمله پژوهشگرانی هستند که کاربرد پائیزه کودهای نیتروژنی را برای غلات دیم در کشور کانادا توصیه می‌نمایند. آنان به این نتیجه رسیده‌اند که کاربرد پاییزه اوره قبل از کاشت گندم در کاهش تلفات نیتروژن این کود بسیار مؤثر می‌باشد. همچنین گزارش کردند تلفات نیتروژن از طریق تصعید در کاربردهای سرک اوره حدود 50 درصد بیشتر از نیترات آمونیوم است. پاپااستیلیانو (1992) اعتقاد دارد که می‌توان کودهای نیتروژنی را برای گندم تماماً در پاییز و یا اینکه مقداری از آن را در زمان کاشت (پاییز) و مابقی را به صورت سرک در طول دوره رشد استفاده نمود. با افزایش مصرف نیتروژن، برداشت نیتروژن در کلش، دانه و کل اندام هوایی به طور صعودی افزایش معنی‌دار نشان داد. بیشترین برداشت نیتروژن در کلش، دانه و کل اندام هوایی در تیمار N120 در مصرف کل در پائیز، $\frac{2}{3}$ در پائیز + $\frac{1}{3}$ در بهار به ترتیب به میزان (9، 27 و 36) و (12، 23 و 35) $kgN.ha^{-1}$ بدست آمد که در مصرف $\frac{1}{2}$ در پائیز + $\frac{1}{2}$ در بهار به 11، 22 و 30 $kgN.ha^{-1}$ کاهش یافت. به نظر می‌رسد کاهش در برداشت نیتروژن در تقسیط نصف نیتروژن در پاییز و نصف در بهار، به دلیل افزایش تصعید نیتروژن ناشی از افزایش مصرف نیتروژن به سطح 120 کیلوگرم در هکتار (60 کیلوگرم در بهار) و افزایش دما در بهار بوده باشد. با افزایش مصرف نیتروژن از 30 تا 120 $kg.ha^{-1}$، Ndff% کل اندام هوایی از 10/9 تا حداکثر 39/3 درصد افزایش یافت که این مقادیر به ترتیب با کارایی نیتروژن از 21/2 تا 28/1 درصد مرتبط بود.

جدول 5- خلاصه جدول تجزیه واریانس اثر زمان مصرف و سطوح نیتروژن -15 بر برداشت نیتروژن کل، %Ndff، برداشت نیتروژن کود و کارایی مصرف نیتروژن -15 در دانه، کلش و کل اندام هوایی

		میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	برداشت نیتروژن کل در کلش	برداشت نیتروژن کل در دانه	برداشت نیتروژن کل در کل اندام هوایی	%Ndff کلش	%Ndff دانه	%Ndff کل اندام هوایی	برداشت نیتروژن کود در کلش	برداشت نیتروژن کود در دانه	برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی	کارایی مصرف نیتروژن- 15 در کلش	کارایی مصرف نیتروژن- 15 در دانه	کارایی مصرف نیتروژن -15 در کل اندام هوایی
تکرار	2	8/02	570/87	482/92	11/23	11/60	10/86	2/15	5/29	0/97	1/35	10/16	4/52
زمان مصرف	2	66/39 n.s	1508/03 *	2127/16 *	151/23 n.s	66/17 n.s	84/81 n.s	2/63 n.s	6/75 n.s	7/86 n.s	3/63 n.s	9/78 n.s	19/54 n.s
خطا	4	27/37	161/53	276/43	28/004	18/28	17/51	1/06	5/58	6/99	1/47	9/11	14/10
سطح نیتروژن	4	294/02**	1700/17**	3158/89 **	2613/06 **	2034/65 **	2166/09 **	137/77**	959/68**	1820/48**	104/44**	768/03**	1429/81**
زمان مصرف * سطح نیتروژن	8	38/99 n.s	131/07 n.s	220/12 n.s	35/15 n.s	11/78 n.s	14/39 n.s	9/43 **	9/16 *	29/52 **	10/40**	11/79 n.s	32/50 **
خطا	24	19/86	100/84	152/47	31/64	9/85	10/46	1/91	3/82	5/04	2/53	5/51	7/20
ضریب تغییرات(%)		24/62	16/89	15/95	25/88	16/32	16/31	30/44	15/77	13/06	27/97	14/78	12/44

n.s، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

جدول 6 – مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن -15بر برداشت نیتروژن کل،% Ndff، برداشت نیتروژن کود و کارایی مصرف نیتروژن -15 در دانه، کلش و کل اندام هوایی

نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	برداشت نیتروژن کل در کلش	برداشت نیتروژن کل در دانه	برداشت نیتروژن کل در کل اندام هوایی	Ndff کلش	Ndff دانه	Ndff کل اندام هوایی	برداشت نیتروژن کود در کلش	برداشت نیتروژن کود در دانه	برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی	کارایی مصرف نیتروژن -15 در کلش	کارایی مصرف نیتروژن -15 در دانه	کارایی مصرف نیتروژن -15 در کل اندام هوایی
	kg N.ha^{-1}			%			kg N.ha^{-1}			%		
0	9/99 c	42/44 c	52/43 b	0 d	0 e	0 e	1/50 d	4/85 d	6/36 d	0 c	0 d	0 d
30	14/53 b	44/18 c	62/72 b	11/08 c	10/89 d	10/91 d	4/53 c	11/79 c	16/32 c	5/01 b	16/18 c	21/19 c
60	22/93 a	67/55 ab	89/81 a	20/61 b	17/96 c	18/63 c	7/17 b	21/02 b	28/19 b	7/55 a	19/65 b	27/20 b
90	19/87 a	75/43 a	95/30 a	35/98 a	28/77 b	30/34 b	9/45 a	24/28 a	33/76 a	7/97 a	23/36 a	31/33 a
120	23/18 a	63/75 b	86/91 a	41/01 a	38/53 a	39/27 a	1/34	1/90	2/18	7/91 a	20/23 b	28/14 b
Lsd5%	4/34	9/77	12/01	5/47	3/05	3/21				1/55	2/28	2/61

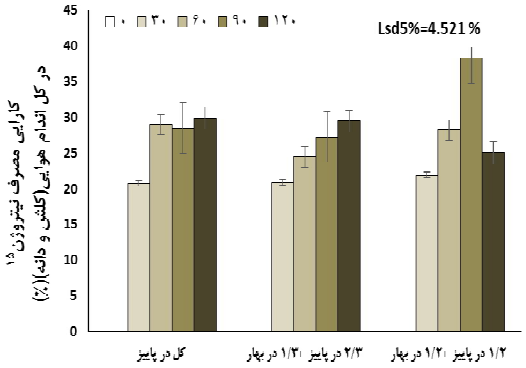
حروف کوچک بیانگر عدم معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

جدول 7 – مقایسه میانگین اثر زمان مصرف نیتروژن -15 بر برداشت نیتروژن کل، %Ndff، برداشت نیتروژن کود و کارایی مصرف نیتروژن -15در دانه، کلش و کل اندام هوایی

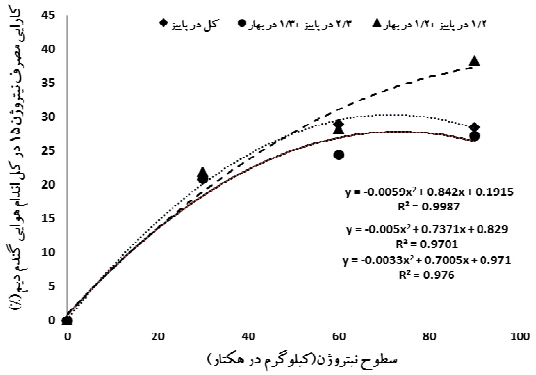
زمان مصرف	برداشت نیتروژن کل در کلش	برداشت نیتروژن کل در دانه	برداشت نیتروژن کل در کل اندام هوایی	Ndff کلش	Ndff دانه	Ndff کل اندام هوایی	برداشت نیتروژن کود در کلش	برداشت نیتروژن کود در دانه	برداشت نیتروژن کود در کل اندام هوایی	کارایی مصرف نیتروژن -15 در کلش	کارایی مصرف نیتروژن -15 در دانه	کارایی مصرف نیتروژن -15 در کل اندام هوایی
	kg N.ha^{-1}			%			kg N.ha^{-1}			%		
T_1	20/00 a	68/60 a	89/20 a	18/08 b	16/82 a	17/10 b	4/12 a	12/90 a	17/02 a	5/35 a	16/25 a	21/61 a
T_2	15/84 a	49/55 b	65/39 b	23/85 a	20/71 a	21/45 a	4/53 a	11/63 a	16/16 a	5/45 a	14/96 a	20/41 a
T_3	18/46 a	59/25 ab	77/71 ab	23/27 ab	20/16 a	20/94 ab	4/96 a	12/64 a	17/60 a	6/25 a	16/44 a	22/69 a
$Lsd5_{\%}$	5/30	12/89	16/86	5/36	4/33	4/24	1/044	2/39	2/68	1/23	3/06	3/81

حروف کوچک مشابه بیانگر عدم معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

T_1-.مصرف کل نیتروژن در پائیز T_2- مصرف2/3 نیتروژن در پائیز+ 1/3 نیتروژن در بهار و T_3-مصرف1/2 نیتروژن در پائیز+ 1/2 نیتروژن در بهار



شکل 11- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه مصرف و مقادیر نیتروژن-15 بر کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی(کلش و دانه) گندم



شکل 12- روابطه پلی نومیال بین مقادیر مصرف نیتروژن-15 در سه نحوه مصرف بر کارایی مصرف نیتروژن در کل اندام هوایی(کلش و دانه) گندم

با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کارایی مصرف نیتروژن، افزایش و در سطح 90 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به بیشترین مقدار (31/33 درصد) رسید و با افزایش مصرف به120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی کاهش یافت. با استفاده از تکنیک ردیاب نیتروژن-15، بازیافت نیتروژن برای اوره 25 درصد، نیترات آمونیوم 24 درصد و سولفات آمونیوم 26 درصد گزارش شده است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که کارایی نیتروژن در گندم دیم در شرایطی که 90 کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرف شود قریب به 33 درصد است که این مقدار تقریباً برابر با میانگین جهانی کارایی نیتروژن (33%) و پائین‌تر از کشورهایی مانند ترکیه (41%)، پاکستان (61%)، لبنان (49%)، مصر (49%) و اندکی بیشتر از کارایی کشور مراکش (30%) است (المجاهد 1993 و IAEA، 1974). کارایی نیتروژن گندم دیم برای گندم نان در یونان بین 17 تا 37 درصد اعلام شده است (سیمونس، 1988). کارایی استفاده از کودهای نیتروژنی از 44 تا 63 درصد بازیافت نیتروژن توسط گندم و جو تغییر می‌کند (نیلسون و همکاران، 1988، دیلز 1988 و بلوم 1998). محدوده وسیع‌تری از 30 تا 70 درصد برای همین محصولات گزارش شده است (گید، 1992). از گزارشات متعدد از کارایی نیتروژن در کشورهای مختلف در جهان آشکار می‌شود که میزان کارایی نیتروژن بسیار متغییر است و علاوه بر مدیریت مصرف نیتروژن به شرایط اقلیم هر منطقه بستگی دارد. در تأیید این موضوع، در مناطق دیم کشور مراکش با استفاده از تکنیک ردیاب نیتروژن-15 مشخص شد که بازیافت مقادیر نیتروژن در گندم دیم، از 25 تا 35 درصد تغییر داشت که مرتبط با شرایط آب و هوایی و سیستم کشت بود (المجاهد، 1993). محققین، عمدتاً دلایل پائین بودن میزان کارایی استفاده از کودهای نیتروژنی در تولید گندم را اغلب به دلیل تلفات گازی یا دنتیریفیکاسیون (9/5درصد)، تلفات سطحی از طریق فرسایش (1-13درصد)، پخش سطحی کودهای نیتروژنی (40درصد تلفات) و شستشوی نیترات در مصارف بیش از نیاز غذایی گیاه می‌دانند (شفرز و همکاران، 1991). حدود 40 - 65 درصد از کودهای نیتروژنی مصرفی در گندم دیم، بدون استفاده توسط این محصول، در خاک باقی می‌ماند و از چرخه تولید خارج می‌شود و باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند (بورش و همکاران، 1990). برخی از محققین معتقدند که چنانچه مصرف نیتروژن، مصادف با تنش‌های رطوبتی باشد، جذب نیتروژن توسط گیاه کاهش یافته و در نتیجه کارایی استفاده از نیتروژن نیز شدیداً افت می‌کند (هوگینز و پن، 1993 و سویر و همکاران 1994). بر این اساس، در تحقیق حاضر نیز چنین استنباط می‌شود که سه عامل عمده در کاهش کارایی نیتروژن در گندم دیم برای تحقیق حاضر نقش داشته است. اولین و مؤثرترین عامل، کمبود رطوبت خاک و تنش خشکی در بهار و مقارن با مراحل حساس در گندم دیم به دلیل کاهش نزولات بارندگی (256 میلی‌متر) و نامناسب بودن پراکنش بارش بوده که موجب کاهش جذب نیتروژن در گندم شده و عامل دوم، افزایش دما در بهار و به تبع آن، افزایش احتمال تصعید نیتروژن به صورت گاز (آمونیاک)، بالاخص در شرایط مصرف سرک نیتروژن در بهار و عامل سوم آهکی بودن خاک‌های محل آزمایش بوده که باشد. در ایران نیز دلایل مختلفی برای پائین بودن میانگین عملکرد گندم مطرح می‌باشد که

مصرف نامتعادل و غیر اصولی کودهای نیتروژنی و پائین بودن کارایی استفاده از آنها به دلیل مدیریت‌های نامناسب و غیرعلمی، یکی از مهمترین آنها است. در ایران کشاورزان، کودهای نیتروژنی را برای گندم دیم اغلب در بهار و به صورت پخش سطحی در زمانی که رطوبت خاک کاهش‌می‌یابد مصرف و این امر منجر به تلفات بیشتر نیتروژن و کاهش کارایی استفاده از این عنصر کلیدی می‌شود(فیضی اصل (1390)، فیضی اصل و پورمحمد (1993) و فیضی اصل و ولیزاده، 1382) زیرا که کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد، در این آزمایش و در هر سه زمان مصرف نیتروژن، عمده علت پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن، حاکم بودن تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گندم دیم در بهار و پایین بودن میزان جذب نیتروژن ناشی از این موضوع باشد. در دو زمان تقسیطی مصرف نیتروژن، عامل دیگر که می‌تواند علاوه بر عامل قبلی، در کاهش کارایی مصرف نیتروژن موثر و دخیل باشد، پخش سطحی کودهای نیتروژنی و تصعید گاز آمونیاک است و سهم تلفات گازی یا دنتیریفیکاسیون (که اغلب در شرایط غرقاب اتفاق می‌افتد)، شستشوی نیترات (ناشی از آبیاری سنگین)، تلفات از طریق فرسایش (بر اثر حرکت رواناب) سهم اندک و ناچیزی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر با مصرف نیتروژن تا سطح 90 کیلوگرم در هکتار، عملکرد گندم دیم و میزان پروتئین دانه افزایش نشان داد. مصرف کل نیتروژن در پاییز، نسبت به دو زمان تقسیط، بهترین نحوه مصرف نیتروژن بود. مصرف60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان حداقل و اقتصادی‌ترین مقدار مصرف در پائیز، با بیشترین عملکرد دانه و بهینه‌ترین مقدار پروتئین دانه و کارائی نیتروژن، بهترین تیمار بود. با کاهش سهم تقسیط نیتروژن در بهار و گرایش به مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن در هنگام کاشت و حتی بر خلاف تاکید برخی از محققان برای تقسیط کود نیتروژنی در گندم دیم، کارائی نیتروژن در مصرف کل نیتروژن در پاییز، روند افزایشی داشت و در سطح 69 کیلوگرم در هکتار به حداکثر مقدار خود رسید. بنابراین برای تولید اقتصادی گندم دیم در مناطق خشک و نیمه خشک، مدیریت نیتروژن از طریق استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی در مقادیر مورد نیاز و زمان مناسب و ایجاد رابطه‌ای منطقی بین پاسخ گیاه و عوامل نیتروژن موجود خاک و گیاه، می‌تواند در افزایش کارایی استفاده از این عنصر و در نهایت افزایش کمیت و کیفیت نقش به سزایی داشته باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات کارشناسان بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان به پاس همکاری صمیمانه در انجام آزمایشات مزرعه‌ای و تجزیه‌های خاک و گیاه این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

فهرست منابع:

1. علی احیائی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1372. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 893. ص 129.
2. غفاری، ع. ع. 1387. راه کارهای افزایش تولید در اراضی دیم ایران. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. ص.91.
3. فیضی اصل، و. 1386. بررسی اثر مقادیر و اشکال مختلف نیتروژن خاک در خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم. شماره ثبت: 86/317 . ص 146.
4. فیضی‌اصل، و. 1390. مطالعه اثرات کاربرد مقادیر و زمان مختلف مصرف نیتروژن در نیاز نیتروژنی، کارایی استفاده از نیتروژن و کمیت و کیفیت عملکرد دانه ارقام مختلف گندم دیم. مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. نشریه شماره 39694. ص179.
5. فیضی اصل، و. و غ. ر. ولیزاده. 1382. تأثیر زمان و مصرف ازت در عملکرد گندم دیم. مجله خاک و آب. جلد 17، شماره 1. ص 29-38.
6. فیضی اصل، و. و ع. ر. پورمحمد.1993. اثر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر کارآیی زراعی نیتروژن و عملکر د دانه ارقام گندم دیم. نشریه علمی پژوهشی دانش آب و خاک. جلد 24. شماره 3 . ص 93 - 104.

7. فیضی اصل، و. فتوت، ا. آستارایی، ع. ر. و ا. لکزیان. 1993. مدیریت بهینه نیتروژن برای ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم با استفاده از نیتروژن- 15. پایان نامه دکتری. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

8. ملکوتی،م. ج. م. نفیسی، و ب. متشرع زاده. 1379. عزم ملی برای تولید کود در داخل کشور«گامی ارزنده به سوس خودکفایی و دستیابی به کشاورزی پایدار»، نشر آموزش کشاورزی..

9. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. 1383. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌های». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ص 494.

10. Antep, S. 1997. Evaluation of some chemical of soil nitrogen available based on ^{15}nitrogen technique. Common Soil Sci. Plant Anal. 28: 537- 550
11. Blankenau, K., Olfs, H. W., and H. Kuhlmann. 2002. Straegies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. J. Agron. Crop. Sci. 188: 149-154.
12. Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica. 100: 77–83.
13. Borghi, B. 2000. Nitrogen as determinant of wheat growth and yield. In: Satorre, E, H., Slafer, G.A. (eds.) Wheat ecology and physiology of yield determination. Food Products Press. New York. pp. 67-84.
14. Buresh, R. J., P. L. G., Vlek and K. Harmsen. 1990. Fate of fertilizer nitrogen applied to wheat under simulated Mediterranean environmental conditions. Fertilizer Research. 23: 25-36.
15. Chen, X., J. Zhou, X. Wang, A. M., Blackmer and F. Zhang. 2004. Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat - corn cropping system in Northern China. Commun Soil Sci Plant Anal. 35: 583-597.
16. Dilz, K.1988. Efficiency of uptake and utilization of fertilizer nitrogen by plant. pp. 1-26. In: D. S. Jenkinson, and K. A. Smith (eds.). Nitrogen efficiency in agricultural soils. Elsevier Applied Science, Amsterdam, Holland.
17. El Mejahed, K. 1993. Effect of N on yield, N uptake and water use efficiency of wheat in rotation systems under semi-arid conditions of Morocco .Ph.D. Dissertation. Univ. Nebraska. Lincoln, Nebraska.
18. Fowler, D. B., and J. Brydon. 1989b. No-till winter wheat production on the Canadian prairies timing of nitrogen fertilization. Agronomy Journal. 81: 817-825.
19. Gaid, M. 1992. Rainfed cereal fertilization in Algeria. p. 267-272. In: J. Ryan, and A. Matar (eds.). Fertilizer use efficiency under rainfed agriculture in west Asia and North Africa. Proc. Fourth Regional Workshop. Agadir, Morocco. 5-10 May, 1991. ICARDA, Aleppo, Syria.
20. Giller, K. E. 2004. Emerging technologies to increase the efficiency of use of fertilizer nitrogen. In: A. R. Mosier, J. K., Syers and J. R., Freney (eds). Agriculture and the nitrogen Cycle. Scope 65. Island.
21. Giambavo, D., Ruisi, P., Giuseppe D, M., Frenda, A, S., and, G, Amato. 2010. Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotype as affected by interspecific competition. Agronomy Journal. 102: issue 2.707-715.
22. Halvorson A. D., D. C. Nielsen and C.A., Reule. 2004. Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. Agron J. 96: 1196-1201.
23. Hayanes, R. J. 1999. Fate and recovery of ^{15}N-labelled fertilizer urea applied to winter wheat in spring in the Canteebury region of New Zealand. Jounal of Agricutural Science: 133. 125-130.
24. Hirel B, J., Le Gouis, B. Ney, and A. Gallais. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: toward a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. J. Exp Bot. 58(9): 2369-2387.

25. Huggins, D. R., and W. L., Pan. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agron J. 85: 898-905.
26. IAEA. 1974. Isotope Studies on wheat fertilization tech. Report Series No. 157. Int. Atomic Energy Agency, Vienna.
27. Ichir, L. L., M. Ismaili, and G. Hofman. 2003. Recovery of ^{15}N labeled wheat residue and residual effects of N fertilization in a wheat–wheat cropping system under Mediterranean conditions. Nutr. Cycling Agroecosyst. 66:201–207.
28. Johnston, A. M., and D. B. Fowler. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogenfertilization and drought stress. Can. J. Plant Sci. 72: 1075-1089.
29. López-Bellido, Luis., Rafael J. López-Bellido and Francisco J. López-Bellido. 2006. Fertilizer Nitrogen Efficiency in Durum Wheat under Rainfed Mediterranean Conditions: Effect of Split Application. Agron J. 98:55-62.
30. Macdonald, A.J., P.R. Poulton, E.A. Stockdale, D.S. Powlson, and D.S. Jenkinson. 2002. The fate of residual N-15-labelled fertilizer in arable soils: Its availability to subsequent crops and retention in soil. Plant Soil. 246:123–137.
31. Mahler, R.L., F.E. Koehler, and L. K. Lutcher. 1994. Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agron J. 86: 637-642.
32. Mariana, A. Melaj, Hernán E. Echeverría, Silvia C. López, Guillermo Studdert, Fernando Andrade and Néstor O. Bárbaro. 2003. Timing of Nitrogen Fertilization in Wheat under Conventional and No-Tillage System. Agron. J. 95: 1525-1531.
33. Nielsen, N. E., J. K. Schjorring and H. E. Jensen. 1988. Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by spring barley. pp. 62-72. In: D. S., Jenkinson, and k. A., Smith (eds.). Nitrogen efficiency in agricultural soils. Elsevier Applied Science, Amsterdam, Holland.
34. Papastylianou, I.1992. Plant analysis for diagnosing nitrogen fertilizer requirements of wheat and barley. p. 193-200. In: J. Ryan, and A. Matar (eds.). Fertilizer Use Efficiency under Rain-fed. Agriculture in West Asia and North Africa .ICARDA, Aleppo, Syria.
35. Prihar, S, S., Sandhu K, S., Singh M, Verma H, N., Singh R. 1989. Response of dryland wheat to small supplemental irrigation and fertilize nitrogen in Submontane Punjab. Fertilizer Research. 21: 23-28.
36. Ryan, J., N. Nsarellah, and M, Mergoum. 1997. N fertilization of durum wheat in the rainfed area of Morocco: biomass, yield. Cereal Res Communications. 25: 85-90
37. Ryan, J., M. Pala, S. Masri, M. Singh, and H. Harris. 2008. Rainfed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. European Journal of Agronomy. 28: 112–118.
38. Schepers, J. S., M. G. Moravek, E. E. Alberts, and K. D. Frank. 1991. Maize production impacts on groundwater quality. J. Environ. Qual. 20:12–16.
39. Simonis, A. D. 1988. Studies on nitrogen use efficiency in cereals. p. 110-124. In: D. S. Jenkinson, and K. A. Smith (ed.). Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils. Elsevier Applied Science, Amsterdam, Holland (1988).
40. Sowers, K. E., W. L., Pan, B. C., Miller, and J. L., Smith. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. Agron J. 86: 942-948.
41. Koenig, R. T., C. G., Cogger, and A. I., Bary. 2011. Dryland winter wheat yield, grain protein, and soil nitrogen responses to fertilizer and biosolids applications. Applied and Environmental Soil Science. 2011: 1- 9.
42. Yazdani, A., Ghadiri, H. and S. Kazemaini. 2012. Interaction effect of weed, seed density and nitrogen splitting on yield of rainfed wheat. Journal of plant protection: 26. No 2. 152-161.

Effect of Nitrogen Application Management on Nitrogen Use Efficiency in Rainfed Wheat Using ^{15}N Isotope

M. H. Sedri[1], A. Golchin, R. Mirkhani, V. Fieziasl, and A. Sioseh-mardeh

Associate Professor of Soil and Water Research Department of Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran;
E-mail: sedri_mh@yahoo.com
Professor of Soil Science Department of Agricultural Faculty of Zanjan University;
E-mail: agolchin2011@yahoo.com
Researcher in Atomic Agricultural Research Institute (Atomic Energy Organization of Iran);
E-mail: rayehemir@gmail.com
Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran; E-mail: vfeiziasl@yahoo.com
Associate Professor of Plant Breeding Department of Agricultural Faculty, University of Kurdistan;
E-mail: a33@uok.ac.ir

Received: June, 2016, & Accepted: November, 2016

Abstract

In order to study the effects of nitrogen application management on nitrogen use efficiency (NUE) in rainfed wheat, a field experiment was conducted as split plot experiment, based on randomized complete block design, included five rates of nitrogen (0, 30, 60, 90 and 120 kgN ha^{-1}) using urea (labeled with 8% and 6% atom excess ^{15}N) as the main plot in Kurdistan province during 2012-13. The sub-plots were consisted of three application times such as T1: Total nitrogen in the fall, T2: 2/3 nitrogen in the fall + 1/3 nitrogen in the spring, and T3 :1/2 nitrogen in the fall + 1/2 nitrogen in the spring (at tillering stage). The isotopic (^{15}N) technique was applied to estimate fertilizer N recovery efficiency based on recovery of labeled urea-^{15}N in the aboveground portion of wheat (grain and straw). Results showed that the effects of nitrogen timing on grain yield and total N uptake were significant at 5% level. The effect of nitrogen rates were significant on grain yield, total N uptake, fertilizer N uptake, fraction of N in the plant derived from the ^{15}N-labeled fertilizer (Ndff%), and NUE of ^{15}N ($p<0.05$), and grain protein content ($p<0.05$). Compared with the check, nitrogen timing increased grain yield and grain protein content by 35% and 33%, respectively. By increasing nitrogen from 30 to 120 $kg.ha^{-1}$, fraction of Ndff % was increased from 11% to 39%, corresponding to NUE range from 21% to 28%. The maximum NUE (33%) was obtained in 90 kg $N.ha^{-1}$. About 70% of nitrogen uptake in the aboveground portion of wheat was belonged to grain wheat. Optimum grain yield with maximum NUE in different nitrogen application timings of T_1, T_2 and T_3 were estimated at 69, 60, and 51 kg $N.ha^{-1}$, respectively.

Keywords: Nitrogen uptake, Labelled urea, N application timing, wheat

[1] Corresponding author: Sanandaj, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center