Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۴۹۰-۴۷۱) DOI: 10.22059/ijfcs.2016.60128

تأثیر نیتروژن بر کارایی استفاده از آب باران، کارایی زراعی نیتروژن و تخلیهٔ رطوبت خاک تحت کشت گندم دیم

محمدحسین سدری[۱]، احمد گلچین[۲*]، ولی فیضی اصل[۳] و عادل سی‌وسه مرده[۴]

۱. مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان و دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

۲. استاد، گروه خاکشناسی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

۳. استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۴. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کردستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۲- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر میزان و زمان کاربرد نیتروژن بر عملکرد دانه، کارایی استفاده از آب باران، کارایی زراعی نیتروژن و تخلیهٔ رطوبت خاک تحت کشت گندم دیم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) در ایستگاه تحقیقاتی دیم قاملو در استان کردستان اجرا شد. عامل اصلی آزمایش سه زمان کاربرد نیتروژن کل در پاییز، ۲/۳ در پاییز + ۱/۳ در بهار و ۱/۲ در پاییز + ۱/۲ در بهار و عامل فرعی پنج سطح نیتروژن شامل ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بودند. رطوبت وزنی خاک در پنج مرحله از رشد گندم دیم از اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و۶۰-۴۰ سانتی‌متری تعیین شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل زمان و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر سطوح نیتروژن بر کارایی استفاده از آب، کارایی زراعی نیتروژن و تخلیهٔ رطوبت از خاک معنی‌دار بود. کاربرد کل ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در پاییز با افزایش۸۲ درصدی عملکرد دانه و با کارایی استفاده از آب ۱۵/۴۴کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار و کارایی زراعی نیتروژن ۲۵ کیلوگرم بر کیلوگرم، بهترین ترکیب تیماری بود. با کاربرد نیتروژن، تخلیهٔ رطوبت از خاک در پنجه‌دهی، از سطح تا عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک آغاز و در ساقه‌دهی به عمق ۶۰ سانتی‌متری گسترش و در ظهور سنبله و گلدهی، تداوم و در رسیدگی فیزیولوژیک پایان یافت. تخلیهٔ رطوبت ناشی از کاربرد نیتروژن از دو عمق۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب ۱۲/۳۶ و ۲۷/۸۵ درصد از افزایش عملکرد دانه را توجیه کرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تخلیهٔ رطوبت خاک، شرایط دیم.

Effect of nitrogen on water use efficiency of rain, nitrogen agronomic efficiency and soil moisture depletion under rainfed wheat

Mohammad Hossein Sedri[1], Ahmad Golchin[2*], Vali Fieziasl[3] and Adel Sioseh-Mardeh[4]

1. Instructor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center and Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
3. Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Research Center of Education and Agricultural Extension, Maragheh, Iran
4. Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

(Received: 2015.11.2 - Accepted: 2016.1.29)

ABSTRACT

In order to study the effects of rate and application time of nitrogen on grain yield of rainfed wheat, water use efficiency of rain (WUE), nitrogen agronomic efficiency (NAE) and soil moisture depletion (SMD), one experimental farm was carried out in Kurdistan province during 2012-2014. Tratments were five rates of nitrogen (N0, N30, N60, N90 and N120) kg.ha^{-1} as Urea with three application times, consist of T_1 (Total in the fall), T_2 (2/3 in the fall+2/3 in the spring), T_3 (1/2 in the fall+1/2 in the spring) with three replications as split plot arrangments, based on randomized complete block design. Annual precipitations were 256.1 and 294 mm respectively. Soil moisture measured in 0-20, 20-40 and 40-60 cm depths in five growth stages of wheat. Results shown interaction effects of timing and nitrogen rates on grain yield was significantly.The effect of nitrogen rates were significantly on WUE, NAE and SMD at ($P<0.01$). Fall application of 60 kg.ha^{-1} nitrogen with increseing grain yield realative check (82%), WUE (15.44 kg.mm^{-1}.ha^{-1}) and NAE (25 kg.kg^{-1}) was the best treatment. Soil moisture depletion was effected by nitrogen, so SMD started initially from tillering to stem extention from soil surface to 40 cm depth, then SMD continued to head visible and flowering of rainfed wheat in 60 cm soil depth, at last in physiological ripening stage, soil moisture was completly depleted in throuought of 0-60 cm soil depth. Nitrogen promoted the synergistic effect between nitrogen uptake and absortion of soil water. Soil mouisture depletion due to nitrogen application in 20-40 and 40-60 cm depth explained increasing of grain yield 12.36% and 27.85% respectively.

Keywords: efficiency of water, soil moisture depletion, rainfed condition.

* Corresponding author E-mail: agolchin2011@yahoo.com Tel: +98 912 141 7490

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

افزایش جهانی تقاضا برای غذا و کاهش آب در بسیاری از مناطق جهان تولید محصولات کشاورزی، توجه به افزایش کارایی استفاده از آب را جدی ساخته به‌طوری‌که ارتقاء کارایی استفاده از آب در تولید محصولات کشاورزی از اصلی‌ترین زمینه‌های تحقیق در جهان به شمار می‌آید (Holger Brueck, 2008). کاهش منابع آب و بارش‌های آسمانی، از جمله چالش‌های مهم جهانی بوده و پدیدهٔ خشکسالی در کشاورزی، پدیده‌ای بسیار آشکار و محدودکننده است. تنش آبی گیاه از اهم چالش‌هایی است که سامانهٔ فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در محدودیت آب، شناخت از رفتار گیاه و مدیریت بهینهٔ بهزراعی که منجر به افزایش کارایی آب مصرفی و ارتقاء تحمل به تنش خشکی شود و درک بهتری از ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در حفظ ذخیرهٔ آب را ارائه دهد، مهم و ضروری است (Ejaz *et al*., 2011). آب قابل استفاده و نیتروژن خاک از عامل‌های اصلی و محدودکنندهٔ تولید گندم در مناطق دیم به شمار می‌آیند. این دو عامل، به‌طور هم‌افزا، حرکت ریشهٔ گندم دیم را به سمت بخش‌های عمیق‌تر خاک تحریک کرده و بدین‌وسیله، با توسعهٔ ریشه‌دهی، جذب آب از خاک افزایش و در نتیجه، پتانسیل تنش خشکی در گیاه کاهش می‌یابد (Brown, 1971). برخی از محققان بر این باورند که اهمیت آب خاک در تولید گندم دیم بیش از نیتروژن موجود در خاک است، زیرا با مدیریت کاربرد نیتروژن، وابستگی عملکرد به عامل نیتروژن به‌شدت کاهش می‌یابد. اما این وابستگی به عامل آب از گندمزاری به گندمزار دیگر و از سالی به سال دیگر متفاوت است و به همین دلیل نزدیک شدن عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل در شرایط دیم در عمل غیرممکن است (Pala *et al*., 2007; Avci, 2005). امروزه در کشاورزی و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود نیتروژن بیش از هر عنصر غذایی دیگر، عامل محدودکنندهٔ رشد گیاه است. نیتروژن به میزان زیادی توسط گیاهان از خاک جذب می‌شود و تأمین نیتروژن قابل استفادهٔ کافی در خاک، برای رشد بهینهٔ گیاه اهمیت ویژه‌ای دارد. تأثیر مثبت کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی آب مصرفی به‌وسیلهٔ محققان زیادی گزارش شده است (Holger Brueck, 2008). تحقیقات زیادی تأثیر مثبت نیتروژن بر کارایی استفاده از آب را تأیید کرده‌اند. محتوای آب خاک، سهم مؤثری در توجیه تغییر عملکرد دانه دارد و یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکنندهٔ رشد در شرایط دیم به شمار می‌آید، زیرا اثر متقابل این عنصر کلیدی در شرایط دیم با عامل‌های محیطی و ژنتیکی گیاه بسیار آشکار و شناخته شده است و در بین عامل‌های محیطی میزان آب موجود در خاک بیشترین نقش را در قابلیت دسترسی نیتروژن از راه جریان توده‌ای برای گیاه دارد (Benbbi *et al*., 1993; Subhani *et al*., 2012). پژوهشگران زیادی اثر متقابل نیتروژن و آب را در خاک‌رخ و محدودهٔ ریشهٔ گیاه بر میزان جذب نیتروژن و تولید عملکرد دانهٔ گندم دیم گزارش کرده‌اند (Subhani *et al*., 2012; Miranzadeh *et al*., 2011). از سوی دیگر کنترل تأثیر تنش خشکی در اغلب موارد غیرممکن است، اما می‌توان با کاربرد بهینهٔ کودهای نیتروژنی و اعمال نظام‌های تناوبی مناسب، ضمن رفع نیاز نیتروژنی گیاه، از تأثیر تنش‌های محیطی واردشده بر گیاه کاست (Pala *et al*., 2007; Ryan *et al*., 2008). هر دو تنش حاکم (رطوبتی و دمایی)، میزان کاربرد آب و آب نسبی گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد و در شرایط دیم، جذب و سوخت‌وساز (متابولیسم) نیتروژن در گیاه با دشواری روبه‌رو است و در نتیجهٔ آن، کاربرد نیتروژن وابستگی بیشتری به این تنش‌ها دارد و در مدیریت کاربرد آن باید به عامل‌های محدودکننده و اثر متقابل آن با این عنصر توجه کرد (Fowler *et al*., 1989). برای تولید اقتصادی گندم در مناطق خشک و نیمه خشک، مدیریت نیتروژن اولویت ویژه‌ای دارد و میزان تولید این محصول افزون بر میزان بارندگی سالیانه به کاربرد کودهای نیتروژنی بستگی دارد (Fatima *et al*., 1992). عناصر غذایی و به‌ویژه نیتروژن با چهار سازوکار افزایش ریشه‌دهی گیاه (کاهش زه‌آب در خاک)، افزایش شاخص برداشت، افزایش زیست‌تودهٔ گیاه و کاهش تبخیر از خاک به روش افزایش رشد و گسترش پوشش گیاهی، موجب افزایش کارایی استفاده از آب می‌شود (Holger Brueck, 2008). برخی از محققان بر این باورند، کوددهی نه تنها رشد اندام‌های هوایی، بلکه رشد ریشهٔ گیاهان را افزایش می‌دهد (Brown, 1971). اما برخی از محققان معتقدند

www.SID.ir

Archive of SID

که تبخیر و تعریق در گیاه، از راه افزایش ریشه‌دهی و استخراج آب ذخیره‌شده از خاک افزایش می‌یابد (Cooper *et al*., 1987). در شرایط تنش خشکی حاکم بر زراعت دیم، مدیریت کاربرد بهینهٔ نیتروژن در تولید گندم دیم اهمیت ویژه‌ای دارد و با شرایط رطوبتی بدون تنش (کشت آبی)، تفاوت اساسی دارد. زیرا که در شرایط دیم، رشد رویشی و الگوی گسترش ریشه در خاک، بیشتر تحت تأثیر مدیریت نیتروژن و وضعیت رطوبتی خاک قرار دارد و گسترش ریشه بر جذب آب از خاک، کارایی آب مصرفی و تحمل به تنش خشکی در این شرایط تأثیر می‌گذارد. هدف از انجام این تحقیق، تعیین بهترین میزان، سهم تقسیط و زمان کاربرد نیتروژن در تولید گندم دیم و دستیابی به بالاترین کارایی استفاده از آب باران با بیشترین کارایی کاربرد نیتروژن بود. در ضمن تحقیق الگوی تغییر رطوبت خاک در منطقهٔ گسترش ریشه از آغاز رشد رویشی در بهار تا رسیدگی فیزیولوژیک گندم دیم نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح و زمان کاربرد نیتروژن بر عملکرد دانه، کارایی استفاده از آب باران، کارایی زراعی نیتروژن و تخلیهٔ رطوبت خاک تحت کشت گندم دیم، آزمایش مزرعه‌ای با پنج سطح نیتروژن شامل ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و سه زمان کاربرد شامل ۱- همهٔ نیتروژن در پاییز همزمان با کاشت، ۲- ۲/۳ نیتروژن در پاییز همزمان با کاشت + ۱/۳ در بهار در مرحلهٔ پنجه‌دهی و ۳- ۱/۲ در پاییز همزمان با کاشت + ۱/۲ در بهار در مرحلهٔ پنجه‌دهی با سه تکرار به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به مدت دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم قاملو استان کردستان (با مختصات جغرافیایی ۳۵° ۹′ شمالی و ۴۷° ۲۹′ شرقی و ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. در این آزمایش زمان کاربرد نیتروژن به کرت اصلی و میزان نیتروژن کاربردی به کرت فرعی اختصاص یافت. این تحقیق در نظام تناوبی آیش- گندم با عملیات خاک‌ورزی گاوآهن قلمی به همراه دیسک انجام شد. پیش از کوددهی، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری، سه نمونه خاک مرکب از هر تکرار تهیه و اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بر پایهٔ روش‌های توصیه‌شدهٔ مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب انجام شد (Ali-Ehyaei & Behbehani-Zadeh, 1993). خاک محل آزمایش، آهکی با بافت لومی رسی و واکنش قلیایی داشت (جدول۱).

جدول۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) - سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location (0-30 cm) during 2012-2013 and 2013-2014

Year	T.N.V	OC	Total Nitrogen	EC	pH	P.ava	K.ava	NO_3^-	NH_4^+
	(%)			($dS.m^{-1}$)		$mg.kg^{-1}$		$kg.ha^{-1}$	
2012-2013	34.75	0.76	0.06	0.67	7.63	8.18	205	17.8	7.65
2013-2014	33.00	0.96	0.09	0.48	7.61	11.78	224	21.21	5.40

میانگین بارندگی در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به ترتیب ۲۵۶ و ۲۹۴ میلی‌متر بود. میزان بارندگی، میانگین بیشترین دما و میانگین کمترین دمای ماهانه در محل اجرای آزمایش، در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در شکل (a-۱) و ۹۳-۱۳۹۲ و در شکل (b-۱) آمده است.

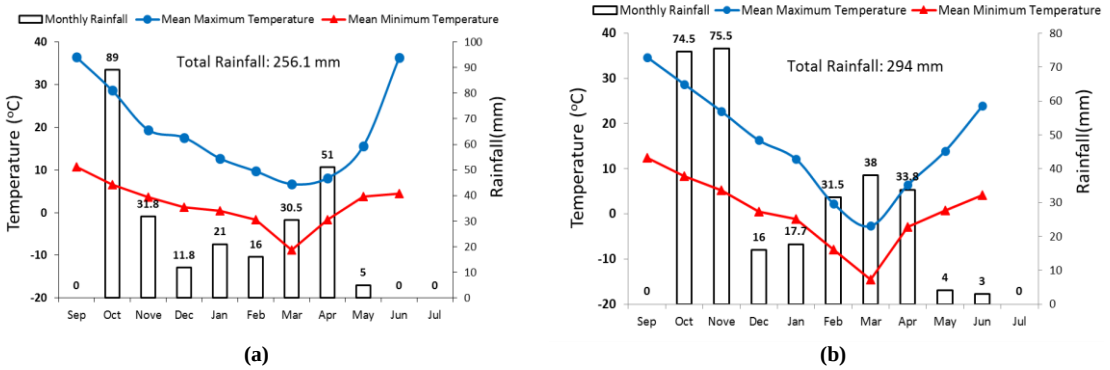
گندم رقم آذر ۲ به میزان ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت ۲ در هزار، به کمک دستگاه بذرکار آزمایشی وینتراشنایگر در عمق ۵ سانتی‌متر خاک کشت شد. میزان‌های مختلف نیتروژن مصرفی در تیمارهای مختلف از منبع کود اوره (با درصد خلوص ۴۶ درصد) محاسبه و کاربرد شد. میزان‌های ثابت کود فسفره و پتاسیمی و روی بر پایهٔ آزمون خاک[1] به ترتیب از منابع کودی سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی، همزمان با کاشت به‌طور یکنواخت در همهٔ کرت‌های آزمایش کاربرد شد. در بهار در مرحلهٔ پنجه‌دهی، بقیهٔ نیتروژن از منبع اوره، پیش از آغاز

۱. حد بحرانی فسفر پتاسیم و روی درخاک برای گندم به ترتیب ۱۰، ۲۵۰ و ۰/۶۷میلی‌گرم در کیلوگرم در نظر گرفته شد (Malakouti & Gheibi, 1997).

www.SID.ir

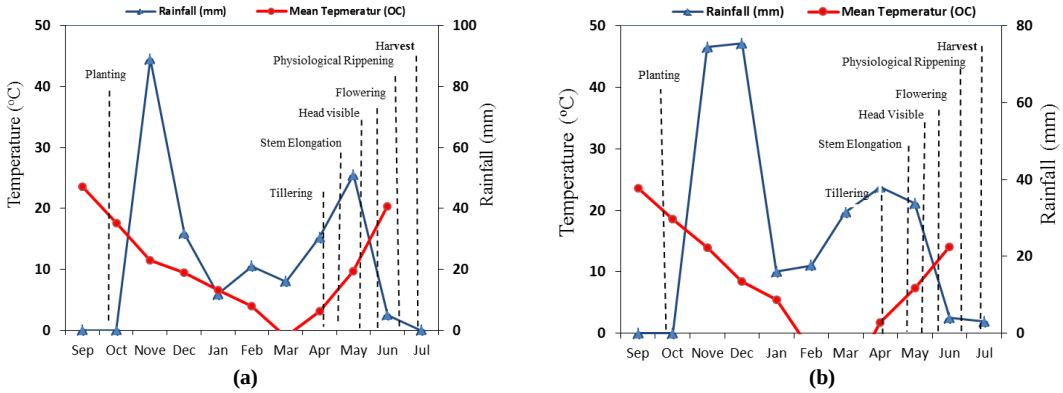
Archive of SID

بارندگی به‌صورت سرک در سطح کرت‌ها به‌طور یکنواخت توزیع شد. برابر کدبندی (Zadoks *et al.*, 1974) تنها در سال اول آزمایش، در پنج مرحلهٔ پنجه‌دهی (GS_{21})، ساقه‌رفتن (GS_{32})، ظهور سنبله (GS_{54})، گلدهی (GS_{64}) و رسیدگی فیزیولوژیک (GS_{87}) از رشد گندم دیم در کرت‌های فرعی، به کمک متهٔ نمونه‌برداری[1] از اعماق ۲۰-۰، ۴۰ -۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه و درصد رطوبت وزنی خاک تعیین شد. میزان تخلیهٔ رطوبت خاک در تیمارهای آزمایش در هر مرحله، بر مبنای اختلاف رطوبت نسبت به رطوبت حد ظرفیت زراعی خاک محاسبه و مقایسه شد. بر پایهٔ داده‌های ایستگاه هواشناسی مستقر در محل اجرای آزمایش، منحنی امبریوترمیک سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ ترسیم و به ترتیب در شکل (a-۲) و (b-۲) آمده است. در هنگام برداشت محصول، ۰/۵ متر از دو انتهای کرت فرعی، حذف و بقیهٔ کرت به‌صورت دستی و کف‌بر برداشت و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) و عملکرد دانه (با رطوبت دانه حدود ۱۳ درصد) تعیین شد. در هر کرت با برداشت بیست خوشه به‌صورت تصادفی، شمار دانه و وزن هزاردانه تعیین و با توجه به عملکرد دانه در مترمربع، وزن هزاردانه، وزن دانه در خوشه، شمار خوشه در مترمربع و شمار دانه در مترمربع تعیین شد. از نسبت عملکرد دانه بر عملکرد زیست‌توده در هر تیمار، شاخص برداشت محاسبه شد. از اختلاف عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه، عملکرد کلش محاسبه شد.



شکل ۱. (a) و (b) به ترتیب میزان بارندگی، میانگین بیشترین دما و کمترین دمای ماهانهٔ محل آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Figure 1. Annual rainfall and maximum and minimum temperature means respectively at experimental location: a) 2012-2013 and b) 2013-2014.



شکل ۲. (a) و (b) به ترتیب منحنی امبریوترمیک محل اجرای آزمایش در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Figure 2. The emberiothermic curve of experimental location a) 2012-2013 and b) 2013-2014 respectively

1. Auger

www.SID.ir

Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۴۹۰-۴۷۱)
DOI: 10.22059/ijfcs.2016.60128

بر پایهٔ مشتق‌گیری معادلهٔ به‌دست‌آمده از رابطهٔ میزان‌های مختلف نیتروژن و عملکرد دانه، بهترین میزان کاربرد نیتروژن برای دستیابی به تولید بیشترین عملکرد دانهٔ گندم تعیین شد. اثر میزان‌های مختلف و زمان کاربرد نیتروژن بر کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم (WUE)[1] با روش (French &Schultz, 1984) و با استفاده از رابطهٔ (۱) ارزیابی شد.

$$WUE = \frac{GY}{RF} \quad (۱)$$

کارایی زراعی نیتروژن (NAE)[2] برای تیمارهای کودی از رابطهٔ (۲) محاسبه شد (Lopez-Bellido *et al.*, 2005).

$$NAE = \frac{(Gy(N) - Gy(Chech))}{NF} \quad (۲)$$

در این رابطه NAE، کارایی زراعی نیتروژن ($kg.kg^{-1}$)، $G_Y(N)$، عملکرد دانه در تیمار کودی ($kg.ha^{-1}$)، $G_Y(Check)$، عملکرد دانه در تیمار شاهد (بدون نیتروژن) ($kg.ha^{-1}$) و NF، کود نیتروژنی کاربردی در هر تیمار کودی ($kg.ha^{-1}$).

پس از گردآوری داده‌های آزمایش، تجزیهٔ واریانس ساده و مرکب آزمایش‌ها توسط رویهٔ PROC MIXED برنامهٔ SAS (SAS Institute, 2002) انجام شد. در تجزیهٔ مرکب، اثر سال تصادفی و اثر دیگر عامل‌ها ثابت در نظر گرفته شد. تجزیه‌های آماری برای تأثیر اصلی تیمار و اثر متقابل آن‌ها در هر سال و مجموع دو سال با استفاده از رویهٔ PROC GLM صورت گرفت و اثر متقابل معنی‌دار با گزارهٔ LSMEANS در رویهٔ PROC GLM برش‌دهی شدند.

نتایج و بحث

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر سال، میزان کاربرد نیتروژن و همچنین اثر متقابل سال × روش کاربرد نیتروژن میزان کاربرد نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) بود (جدول۲). میانگین عملکرد زیست‌توده در سال اول نسبت به سال دوم به میزان ۳۲ درصد افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) نشان داد. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد زیست‌توده در سال اول به‌رغم بارندگی کمتر (کاهش ۱۳ درصدی)، به دلیل خنک‌تر بودن هوا در بهار و پراکندگی بهتر بارش نسبت به سال دوم بوده باشد. با افزایش میزان نیتروژن، میانگین عملکرد زیست‌توده به‌طور معنی‌دار افزایش نشان داد. عملکرد بیوژیک در دو تیمار N60 و N90 به‌صورت کل در پاییز و $^1/_2$ در پاییز + $^1/_2$ در بهار و تیمار N120 به‌صورت $^2/_3$ در پاییز + $^1/_3$ در بهار در سال اول، بیشترین بود که به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند و به‌طور میانگین، نسبت به شاهد ۶۷ درصد افزایش داشتند (جدول۳).

جدول ۲. میانگین مربعات تأثیر زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر عملکردهای زیست‌توده، دانه و کلش، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، شمار دانه در واحد سطح، کارایی زراعی نیتروژن و کارایی استفاده از آب باران

Table 2. Mean squares the effect of application times and nitrogen rates on biological, grain and straw yields, Harvest Index (HI), Thousand Kernel Weight (TKW), Number of Seed per Area (NSA), Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE) and Water Use Efficiency of rain (WUE.r)

SOV	df	Mean Square							
		WUE.r	NAE	NSA	TKW	HI	Straw Yield	Grain Yield	Biological Yield
Year	1	249.21*	12.98 n.s	662204.44 n.s	5.501 n.s	0.0734 *	84113533.9 **	7545238.68 *	142046072.1 **
R.Y (Error)	4	14.12	37.33	1620039.12	35.54	0.0037	1243025.94	940218.71	3756971.7 n.s
Time	2	15.69 n.s	204.11 n.s	625806.3 n.s	18.11 n.s	0.0041 n.s	227897.68 n.s	1023772.58 n.s	189103.74 n.s
Year × Time	2	16.59 n.s	123.17 n.s	328640.81n.s	8.49 n.s	0.0023 *	622039.88 n.s	1093187.78 n.s	2849888.70 n.s
Error (1)	8	4.56	59.39	560500.86	4.48	0.0005	1706283.01	355146.18	3525033.7
Nitrogen Rate	4	46.05 **	847.20 **	8345784.82 **	134.13 *	0.0077 **	16265379.1 **	3494677.91 **	34574775.2 **
Year × Nitrogen rate	4	0.98	15.83 n.s	264177.6 n.s	9.13 *	0.0002 n.s	321107.10 n.s	103993.76 n.s	537688.63 n.s
Time × Nitrogen rate	8	3.45 **	61.47	380636.80 n.s	6.69 *	0.0034 n.s	971775.12 n.s	243500.98 *	1459309.84
Year × Time × Nitrogen rate	8	1.25 n.s	44.66 *	235728.06 n.s	2.109 n.s	0.0017 n.s	803895.7 **	77813.57 n.s	1113528.5 **
Error	48	37.09	893.72	307674.35	301.28	0.0008	241992.0	58178.62	362334.8
C.V(%)		9.92	41.91	16.79	6.75	7.93	11.90	10.04	9.21

n.s، * و ** به ترتیب نامعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

n.s, *, ** is non-significant and significant at 5% and 1% probability level respectively.

1. Water Use Efficiency
2. Nitrogen Agronomic Efficiency

* Corresponding author E-mail: agolchin2011@yahoo.com Tel: +98 912 141 7490

www.SID.ir

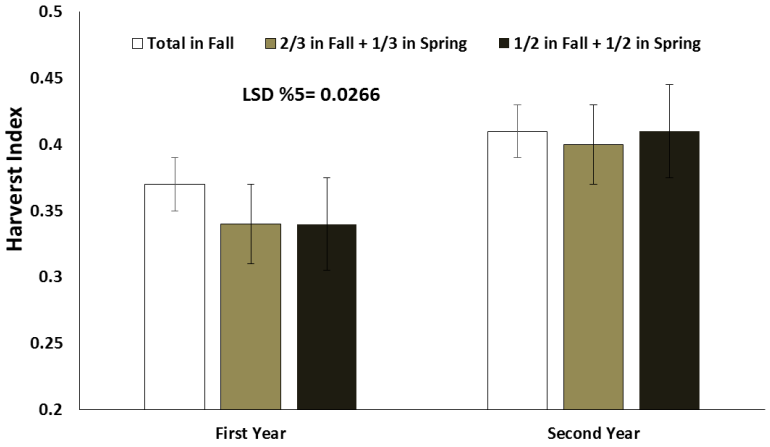
Archive of SID

عملکرد کلش

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر سال، میزان نیتروژن و همچنین اثر متقابل سال × زمان کاربرد نیتروژن × میزان نیتروژن بر عملکرد کلش معنی‌دار (p<۰/۰۱) بود (جدول۲). مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سال × زمان کاربرد نیتروژن × میزان نیتروژن بر عملکرد کلش در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین عملکرد کلش با کاربرد ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۳۹، ۷۱، ۷۶ و ۶۹ درصد افزایش نشان داد (جدول۳).

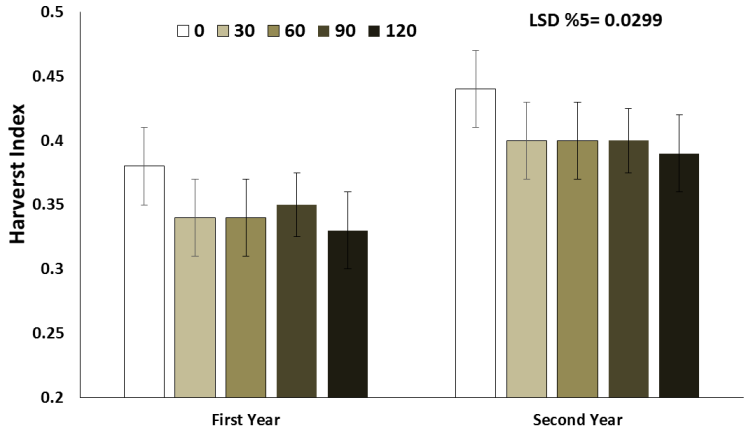
شاخص برداشت

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر سال، میزان نیتروژن و اثر متقابل سال×زمان کاربرد نیتروژن بر شاخص برداشت (p<۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول۲). میانگین شاخص برداشت در سال دوم نسبت به سال اول به میزان ۱۵ درصد افزایش معنی‌دار (p<۰/۰۵) نشان داد. میانگین شاخص برداشت، با کاربرد کل نیتروژن در پاییز نسبت به دو زمان دیگر کاربرد در سال اول به میزان ۹درصد افزایش معنی‌دار (p<۰/۰۵) داشت اما این تأثیر در سال دوم بین زمان کاربرد نیتروژن معنی‌دار نبود (شکل۳). میانگین شاخص برداشت در همهٔ میزان‌های کاربرد نیتروژن نسبت به شاهد (بدون کاربرد کود نیتروژن) در هر دو سال به میزان ۱۰ درصد کاهش معنی‌دار (p<۰/۰۵) نشان داد به‌طوری‌که همهٔ میزان‌های کاربرد نیتروژن در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل۴).



شکل۳. اثر زمان کاربرد نیتروژن بر میانگین شاخص برداشت گندم دیم در سال اول و سال دوم

Figure 3. The effect of nitrogen application times on means of rainfed wheat harvest index in the first and second year



شکل۴. تأثیر میزان نیتروژن بر میانگین شاخص برداشت گندم دیم در سال اول و سال دوم

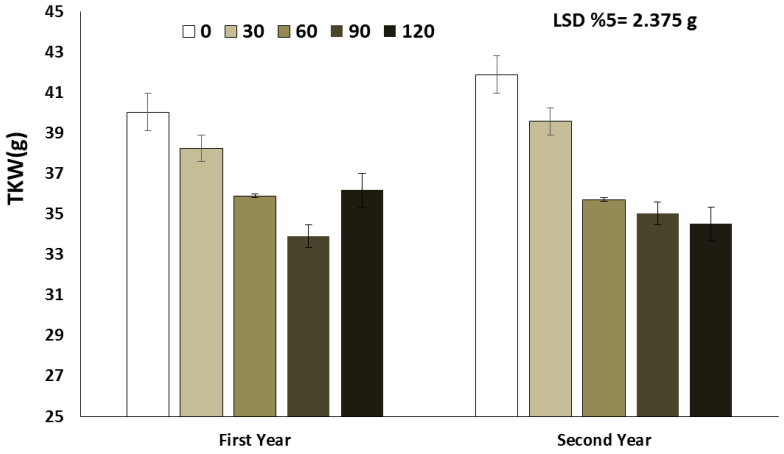
www.SID.ir

Archive of SID

Figure 4. The effect of nitrogen rates on means of rainfed wheat harvest index in the first and second year

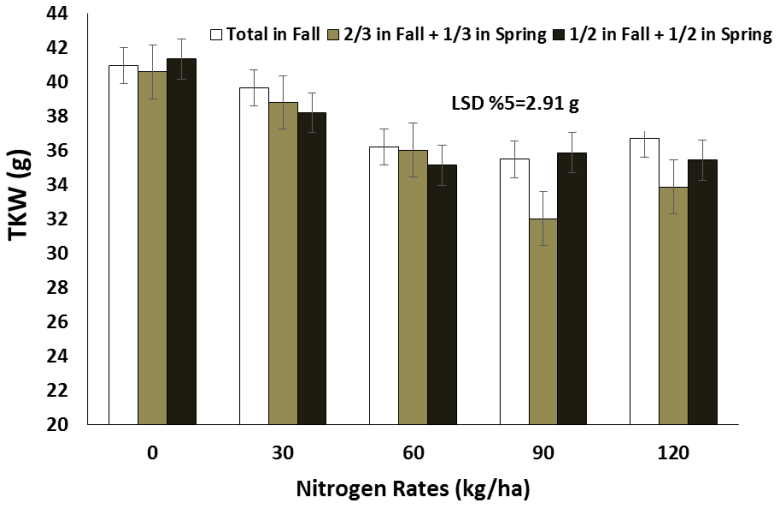
وزن هزاردانه

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر میزان نیتروژن، اثر متقابل سال × میزان نیتروژن و اثر متقابل زمان کاربرد × میزان نیتروژن بر وزن هزاردانه ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سال و میزان نیتروژن بر وزن هزاردانهٔ گندم و اثر متقابل زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر میانگین وزن هزاردانه به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. با افزایش میزان نیتروژن، میانگین وزن هزاردانه کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) داشت (شکل۷).



شکل۵. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان نیتروژن بر وزن هزاردانهٔ گندم دیم در سال اول و دوم

Figure 5. Mean comparsion the effect of nitrogen rates on thousand kernel weight of rainfed wheat in the first and second year



شکل۶. اثر متقابل زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر میانگین وزن هزاردانهٔ گندم دیم

Figure 6. The interaction effects of application times and nitrogen rates on thousand kernel weight of rainfed wheat

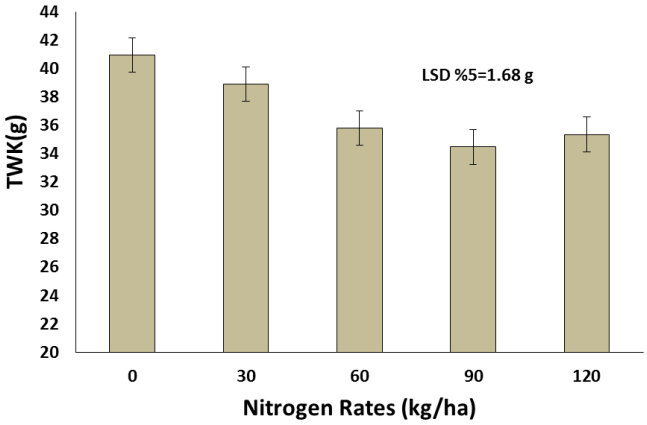
شمار دانه در واحد سطح

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر میزان نیتروژن بر شمار دانه در واحد سطح معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) بود (جدول۲). با افزایش میزان نیتروژن، میانگین شمار دانه در واحد سطح افزایش یافت و تیمارهای N60، N90 و N120 در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل۸). رابطهٔ رگرسیونی بین عملکرد دانهٔ گندم (Y) و شمار دانه در واحد سطح (X) با رابطهٔ $Y= 0.6374X+295.31$, $R^2=0.97$, $SE=88.67$ نشان داد که ۹۷ درصد از افزایش عملکرد دانه ناشی از

www.SID.ir

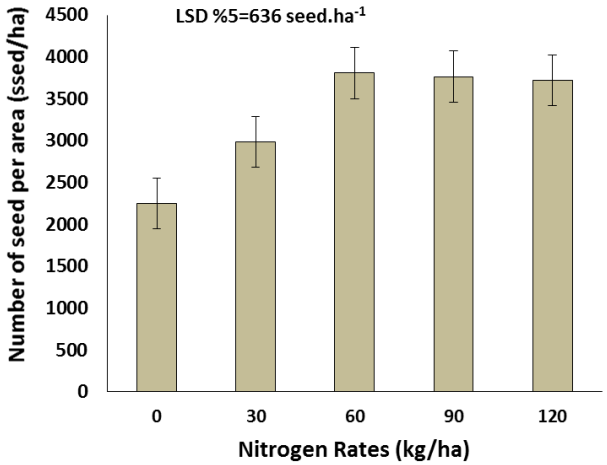
Archive of SID

کاربرد نیتروژن، با افزایش شمار دانه در واحد سطح توجیه می‌شود.



شکل۷. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان نیتروژن بر وزن هزاردانه در گندم دیم

Figure 7. Mean comparsion the effect of nitrogen rates on thousand kernel weight of rainfed wheat



شکل۸. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان نیتروژن بر شمار دانه در واحد سطح در گندم دیم

Figure 8. Mean comparsion the effect of nitrogen rates on number of seed per area in rainfed wheat

عملکرد دانه

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر سال و اثر میزان نیتروژن بر عملکرد دانه به ترتیب در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان کاربرد × میزان نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود (جدول۲). میانگین عملکرد دانه در سال اول نسبت به سال دوم به میزان ۲۷ درصد افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) نشان داد (شکل۱۰). کمترین عملکرد دانه مربوط به شاهد با میانگین ۱۷۲۷ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۱۹۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار N90 به‌صورت کل نیتروژن در پاییز بود که به میزان ۷۵ درصد افزایش نشان داد. در هر سه زمان کاربرد نیتروژن، با افزایش میزان کاربرد نیتروژن در هر دو سال، عملکرد دانه تا کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، افزایش یافت اما با رسیدن به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، افزایش عملکرد دانه، روند کاهشی پیدا کرده و کاهش نشان داد (شکل a,b-۹). عملکرد دانه در دو تیمار N60 و N90 در سال اول و تیمارهای N60، N90 و N120 در سال دوم، نسبت به شاهد به‌طور میانگین به ترتیب به میزان ۴۵ و ۸۰ درصد افزایش نشان دادند (شکل۱۰). میانگین عملکرد دانه در تیمارهای N60، N90 و N120 نسبت به شاهد، به ترتیب به میزان ۲۸، ۵۶، ۶۳ و ۴۹ درصد افزایش داشتند و دو تیمار N60، N90 با بیشترین عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

دانه، در یک کلاس آماری قرار گرفتند (شکل۱۰). عملکرد دانه در تیمارهای N60 و N90 در کاربرد کل در پاییز، به ترتیب نسبت به شاهد، ۸۲ و ۸۸ درصد افزایش نشان دادند (شکل۱۱).

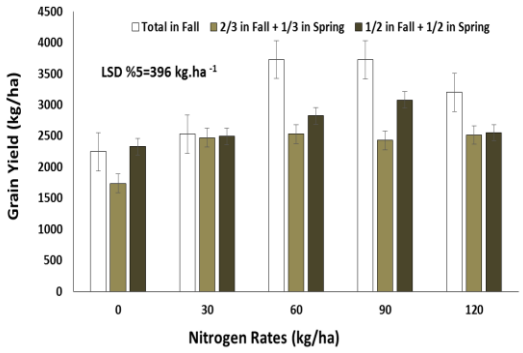
جدول۳. اثر متقابل سال، زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر میانگین عملکردهای زیست‌توده، عملکرد کلش و کارایی زراعی نیتروژن و مقایسهٔ تغییر میانگین‌ها نسبت به شاهد

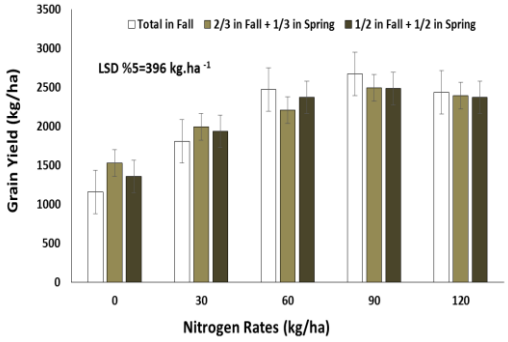
Table 3. Interaction effects of year, application times and nitrogen rates on means of biological, grain and straw yields, nitrogen agronomic efficiency (NAE) and comparsion mean change of tratments with check

Year	Application time	Nitrogen rate (kg.ha^{-1})	Biological Yield (kg.ha^{-1})	Biological yield increasing (%)	Straw Yeild (kg.ha^{-1})	Straw yield increasing (%)	NAE (kg.kg^{-1})	NAE incresing (%)
2012-13	Total nitrogen in the fall	0	5854	0	3611	0	0	0
		30	7515	28	4986	38	10.67	11
		60	9603	64	5876	62	25.00	25
		90	9655	65	5933	64	16.33	16
		120	8691	48	5492	52	8.00	8
	2/3 i the fall + 1/3 in the spring	0	4080	0	2344	0	0	0
		30	7154	75	4685	100	24.67	25
		60	7969	95	5447	132	13.00	13
		90	7606	86	5176	121	7.67	8
		120	9058	122	6543	179	6.33	6
	1/2 in the fall + 1/2 in the spring	0	6787	0	4457	0	0	0
		30	7136	5	4644	4	5.33	5
		60	9255	36	6431	44	8.33	8
		90	9053	33	5974	34	8.33	8
		120	7446	10	4895	10	1.67	2
	Mean		7791		5099		9.02	
2013-14	Total nitrogen in the fall	0	2555	0	1395	0	0	0
		30	4958	94	3151	126	21.67	22
		60	6251	145	3776	171	22.00	22
		90	6644	160	3973	185	16.67	17
		120	5880	130	3443	147	10.67	11
	2/3 in the fall + 1/3 in the spring	0	3412	0	1881	0	0	0
		30	4900	44	2904	54	15.67	16
		60	5594	64	3389	80	11.33	11
		90	6409	88	3917	108	10.67	11
		120	6451	89	4059	116	9.00	9
	1/2 in the fall + 1/2 in the spring	0	3227	0	1867	0	0	0
		30	4498	39	2562	37	9.00	9
		60	5753	78	3382	81	17.00	17
		90	6258	94	3775	102	12.67	13
		120	6389	98	4018	115	8.33	8
	Mean		5278		3166		11.64	
	LSD 5%		988.3		807.6		7.49	
	Mean of year and application time	0	4319	0	2593	0	0	0
		30	6027	39	2822	9	16.17	16
		60	7405	71	4117	82	16.11	16
		90	7604	76	4791	85	12.06	12
		120	7319	69	4742	83	7.33	7
	Mean		6534		3933		10.33	
	LSD 5%		403.4		329.7		3.06	

میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف یکسان در هر ستون تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Different letters within a column indicates significant difference (P<0.05).





www.SID.ir

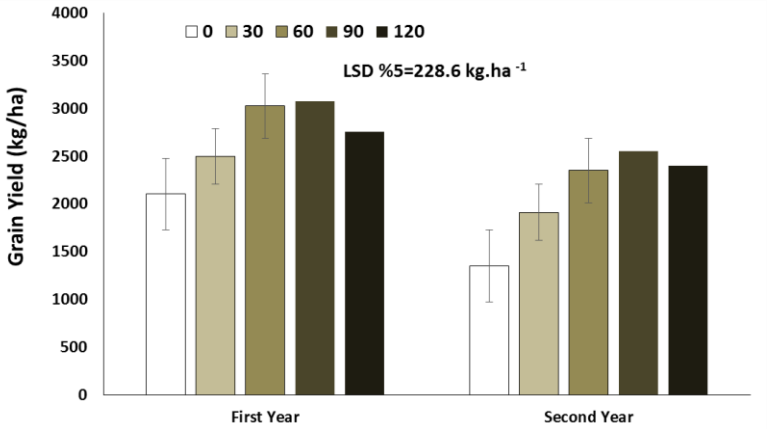
Archive of SID

(a) **(b)**

شکل ۹. (a) و (b) به ترتیب مقایسهٔ میانگین اثر متقابل زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر عملکرد دانه در سال اول و سال دوم

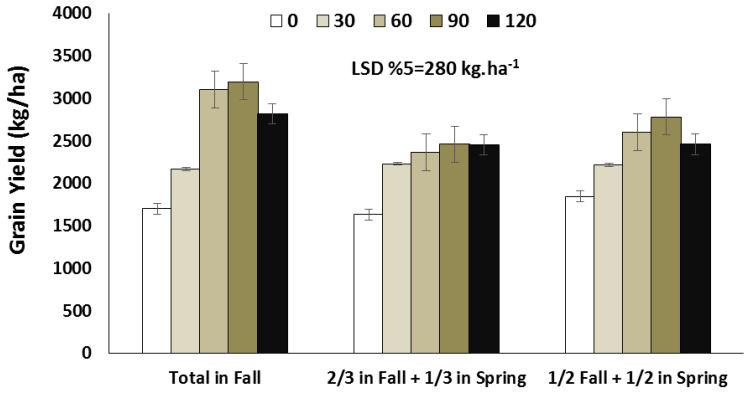
Figure 9. (a) and (b) respectively is mean comparsion the interaction effects of application times and nitrogen rates on grain yield in the first and second year

رابطهٔ درجهٔ دوم بین میزان‌های مختلف نیتروژن کاربردی و عملکرد دانه ($Y= -01417N^2 + 2402N + 1685.3$; $R^2 = 0.98$) نشان داد که ۹۸ درصد از تغییرپذیری عملکرد دانه توسط تغییر نیتروژن کاربردی توجیه می‌شود و بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۸۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست می‌آید.



شکل ۱۰. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان نیتروژن بر عملکرد دانه در سال اول و سال دوم

Figure 10. Mean comparsion the effect of nitrogen rates on grain yield in the first and second year



شکل ۱۱. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر عملکرد دانه

Figure 11. Mean comparsion the interaction effects of application times and nitrogen rates on grain yield

کارایی زراعی نیتروژن

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر میزان نیترون و اثر متقابل سال × زمان کاربرد × میزان نیتروژن بر کارایی زراعی به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۲). میانگین کارایی زراعی نیتروژن به میزان ۱۲/۹ کیلوگرم در کیلوگرم بود. بیشترین کارایی زراعی نیتروژن در دو تیمار N60 و N90 به‌ترتیب به میزان ۱۶/۲ و ۱۶/۱ کیلوگرم در کیلوگرم و کمترین کارایی زراعی نیتروژن در دو تیمار N90 و N120 به‌ترتیب به میزان ۱۲/۱ و ۷/۳ کیلوگرم در کیلوگرم ($p<۰/۰۱$) به دست آمد. بیشترین کارایی زراعی نیتروژن در سال اول در تیمار N30 به‌صورت دوسوم در پاییز و یک‌سوم در بهار و تیمار N60 به‌طور کامل در پاییز به میزان ۲۵ کیلوگرم در کیلوگرم به دست آمد.

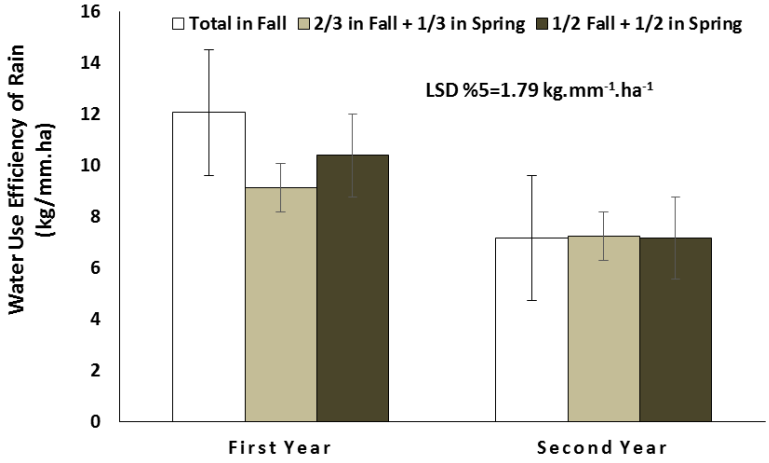
کارایی استفاده از آب باران

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر سال و میزان

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن بر کارایی استفاده از آب باران در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۲). اثر متقابل سال و زمان کاربرد بر کارایی استفاده از آب باران ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول۲). کارایی استفاده از آب در سال اول با میانگین ۱۰/۵۱ $kg.mm^{-1}.ha^{-1}$ نسبت به سال دوم، به میزان ۳/۳۳ $kg.mm^{-1}.ha^{-1}$ افزایش داشت. به نظر می‌رسد این افزایش در سال اول به دلیل، خنک‌تر بودن هوا و پراکنش نسبی و خوب باران نسبت به سال دوم بوده باشد. با افزایش میزان کاربرد نیتروژن، میانگین کارایی استفاده از آب باران افزایش معنی‌داری نشان داد. میانگین کارایی استفاده از آب باران در تیمارهای N30، N60، N90 و N120 نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۲۶، ۵۴، ۶۲ و ۴۸ درصد افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) نشان دادند. میانگین کارایی استفاده از آب باران در کاربرد کل نیتروژن در سال اول نسبت به زمان دیگر کاربرد به میزان ۳۲ درصد افزایش نشان داد اما میانگین کارایی استفاده از آب باران در هر سه زمان کاربرد نیتروژن در سال دوم باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل۱۲). با افزایش کاربرد میزان نیتروژن در هر دو سال تا سطح N90، کارایی استفاده از آب باران به‌طور صعودی افزایش و در سطح N120 کاهش پیدا کرد (شکل۱۳). دو تیمار N60 و N90 در کاربرد کل در پاییز، با بالاترین میزان کارایی استفاده از آب باران در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). رابطهٔ رگرسیونی بین کارایی استفاده از آب باران و میزان‌های مختلف نیتروژن $WUE = 7.178N + 0.028$, $SE=1.05$, $R^2=67.82$ بود و کاربرد نیتروژن، ۶۷درصد از افزایش کارایی استفاده از آب باران را توجیه کرد.

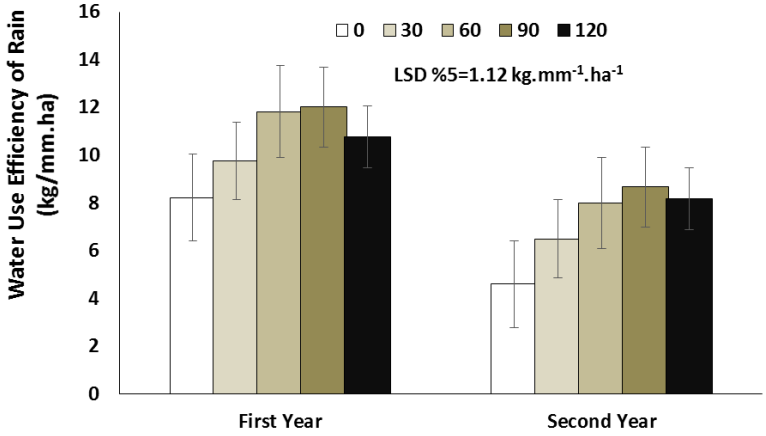


شکل۱۲. تأثیر زمان کاربرد نیتروژن بر میانگین کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم در سال اول و سال دوم

Figure 12. The effect of application times on water use efficiency of rain means in rainfed wheat in the first and second year

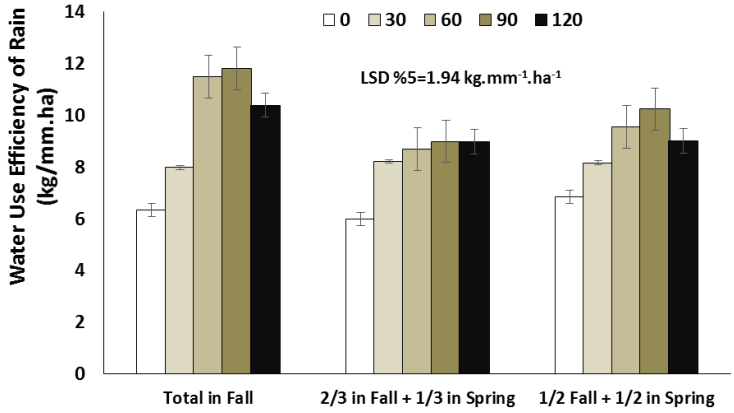
www.SID.ir

Archive of SID



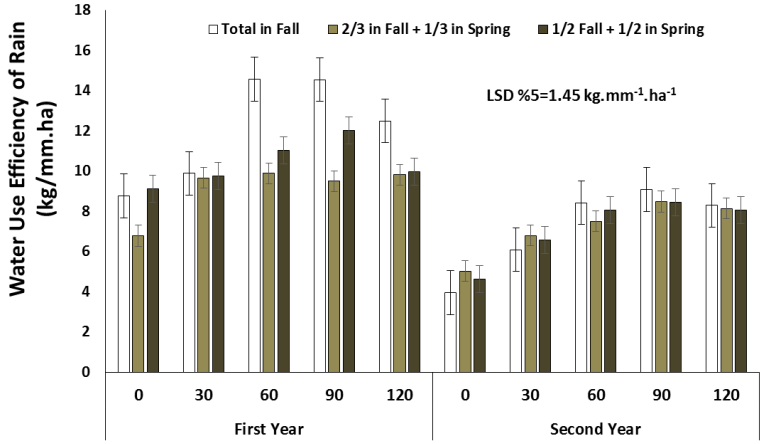
شکل۱۳. تأثیر میزان نیتروژن بر میانگین کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم در سال اول و سال دوم

Figure 13. The effect of nitrogen rates on water use efficiency of rain means in rainfed wheat in the first and second year



شکل۱۴. اثر متقابل زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر میانگین کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم

Figure 14. The intetraction effect of application times and nitrogen rates on water use efficiency of rain means in rainfed wheat in the first and second year



شکل۱۵. اثر متقابل سال، زمان کاربرد و میزان نیتروژن بر میانگین کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم

Figure 15. The intetraction effect of year, application times and nitrogen rates on water use efficiency of rain means in rainfed wheat

تغییر رطوبت خاک

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر میزان کاربرد نیتروژن بر رطوبت وزنی خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در مراحل پنجه‌دهی و ظهور سنبله

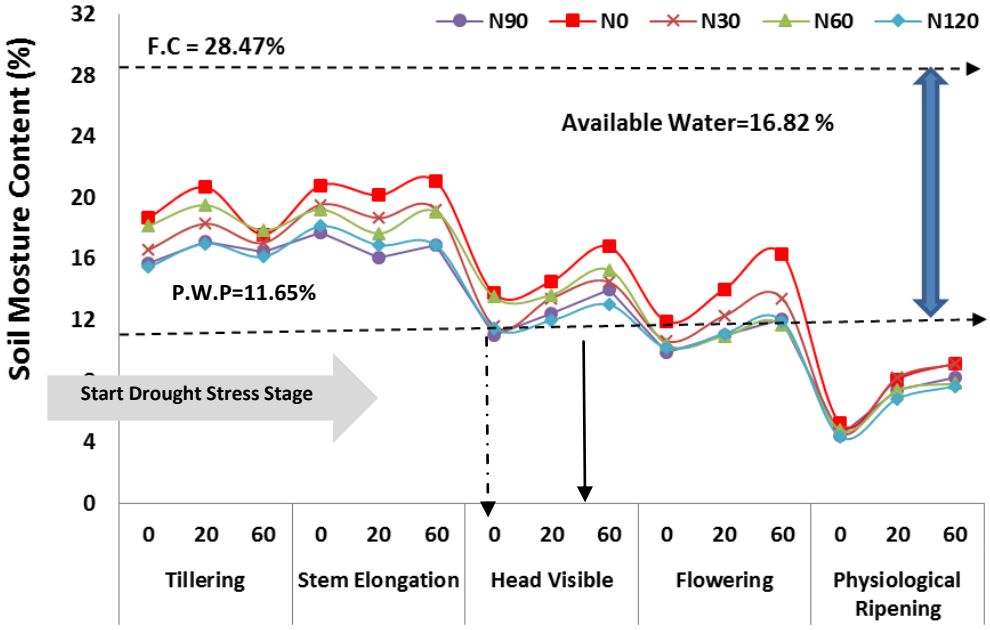
www.SID.ir

Archive of SID

($p<۰/۰۱$) و در مراحل ساقه‌دهی و گلدهی ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود. میزان کاربرد نیتروژن همچنین بر رطوبت خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری در مراحل پنجه‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک ($p<۰/۰۵$) و در مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی ($p<۰/۰۱$) اثر معنی‌داری داشت. تأثیر میزان‌های نیتروژن بر رطوبت خاک در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متری در مراحل ساقه‌دهی و گلدهی به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۴).

تغییر رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد گندم دیم

تأثیر میزان‌های مختلف نیتروژن بر تغییر رطوبت خاک در پنج مرحلهٔ پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک از رشد گندم دیم در سه عمق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری خاک در شکل ۱۶ نشان داده شده است. آنچه از شکل مشخص می‌شود این نکته است که در پنج مرحله از رشد گندم، درصد رطوبت خاک در هر سه عمق خاک و در همهٔ میزان‌های نیتروژن، کاهش داشته و تخلیهٔ رطوبتی در خاک رخ داده است. رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در مرحلهٔ پنجه‌دهی در شاهد (بدون کاربرد نیتروژن) از ۱۸/۶۶ درصد آغاز و با رخداد بارش در اردیبهشت ماه، در مرحلهٔ ساقه‌دهی به ۲۰/۸۰ درصد افزایش یافت. سپس در مرحلهٔ ظهور سنبله با کاهش بارش‌ها و افزایش دما و در پی آن افزایش تبخیر و تعریق از گیاه، رطوبت خاک به ۱۳/۷۲ درصد کاهش و در مرحلهٔ گلدهی به ۱۱/۸۷ درصد کاهش یافته و به نقطهٔ پژمردگی دائم (تقاطع خط منفصل عمودی و خط منفصل افقی) رسید. با قطع بارش‌ها و افزایش میانگین دما در تیر و مردادماه (۳۶درجهٔ سلسیوس)، در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک، رطوبت خاک به زیر این نقطه رسید.



شکل ۱۶. تغییر رطوبت در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری خاک در میزان‌های مختلف نیتروژن از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا برداشت فیزیولوژیکی گندم دیم

Figure 16. Moisture content changes in soil depth 0-20, 20-40 and 40-60 cm in different nitrogen rates from tillering to physiological harvest stage in rainfed wheat

نکتهٔ شایان‌توجه این است که رطوبت خاک در میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن، با روندی یکسان و معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد نیتروژن، کاهش داشته و یک مرحله زودتر (در مرحلهٔ ظهور

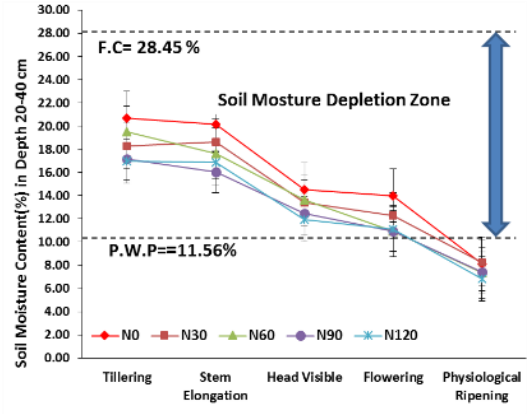
www.SID.ir

Archive of SID

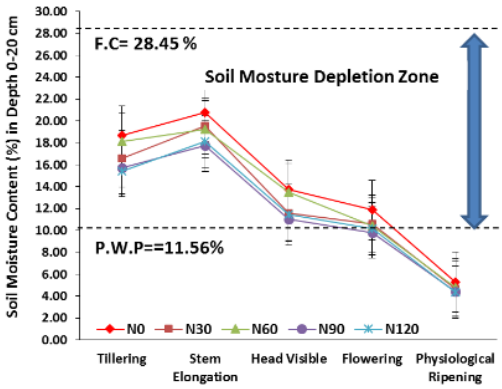
سنبله) به حد نقطهٔ پژمردگی دائم (تقاطع خط متصل عمودی و خط منفصل افقی) رسیده بودند. شکل‌های (۱۷-b) و (۱۷-c) نشان می‌دهند که با کاربرد نیتروژن از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک گندم دیم، به‌ترتیب در دو عمق ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری خاک، رطوبت با روند همسان با عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری (شکل ۱۷-a)، اما با میزان‌های نسبی بیشتر، تغییر و تخلیهٔ رطوبتی در خاک رخ داده و با افزایش میزان‌های کاربرد نیتروژن، تخلیهٔ رطوبت از خاک، بیشتر شده است.

رطوبت خاک در مرحلهٔ پنجه‌دهی

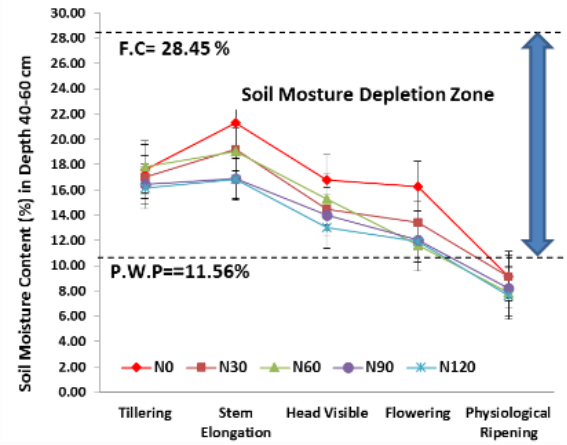
میانگین رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در مرحلهٔ پنجه‌دهی و در همهٔ میزان‌های کاربرد نیتروژن کاهش یافت اما این کاهش، تنها برای دو تیمار N90 و N120 معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بود. میانگین رطوبت خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری نیز در همهٔ میزان‌های کاربرد نیتروژن، کاهش داشت و بیشترین کاهش، به میزان ۳/۷ درصد، به تیمار N120 اختصاص یافت که با تیمار N90 در کلاس همسان قرار گرفتند. اما میانگین رطوبت خاک در میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متر با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول۵). از تفاوت میزان رطوبت در مرحلهٔ پنجه‌دهی بین میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری، چنین استنباط می‌شود که در این مرحله از رشد گندم، نخست ریشه تنها از سطح تا عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک گسترش داشته، دوم همهٔ میزان‌های نیتروژن بر گسترش ریشه در خاک مؤثر بوده، سوم با افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، تخلیهٔ رطوبت از خاک، به‌طور صعودی افزایش یافت (شکل ۱۹-a).



(a)



(b)



z(c)

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۷. (a)، (b) و (c) به ترتیب مقایسهٔ میانگین رطوبت خاک از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا برداشت فیزیولوژیک گندم دیم در میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن به ترتیب در اعماق۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک

Figure 17. (a), (b) and (c) are mean comparsion moisture in soil depth 0-20, 20-40 and 40-60 cm from tillering to physiological harvest stage in rainfed wheat in different nitrogen rates respectively.

رطوبت خاک در مرحلهٔ ساقه‌دهی

میانگین رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری با کاربرد نیتروژن در مرحلهٔ ساقه‌دهی به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش با ۳/۱ درصد، مربوط به تیمار N90 بود. وضعیت یکسانی در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری مشاهده شد که در آن، کاهش میزان رطوبت در تیمار N90 به میزان ۴/۱ درصد بود. تنها تفاوت در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متری، اختصاص بیشترین کاهش رطوبت به میزان ۴/۵ درصد مربوط به تیمار N120 بود (جدول۵). از اختلاف میزان رطوبت بین تیمارهای کاربرد نیتروژن در مرحلهٔ ساقه‌دهی، چنین استنباط می‌شود که ریشه، برای جذب آب در هر سه عمق مورد بررسی، فعالیت داشته و به تعبیری ریشهٔ گندم در مرحلهٔ ساقه‌دهی، به موازات افزایش رشد رویشی اندام‌های هوایی و تولید ساقه، نسبت به مرحلهٔ پنجه‌دهی، گسترش بیشتری داشته و تحت تأثیر افزایش کاربرد نیتروژن، برای جذب آب خاک، فعالیت بیشتری پیدا کرده بود (شکل b-۱۹).

رطوبت خاک در مرحلهٔ ظهور سنبله

میانگین رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در مرحلهٔ ظهور سنبله، به‌طور معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت و بیشترین کاهش به میزان ۲/۷ درصد مربوط به تیمار N60 بود که با تیمارهای N30، N90 و N120 در کلاس آماری همسان قرار گرفتند. در عمق۴۰-۲۰ سانتی‌متری، بیشترین کاهش رطوبت به میزان ۲/۶ درصد به آخرین میزان کاربرد نیتروژن اختصاص داشت که با تیمار N90 در کلاس همسان قرار گرفت. میزان کاهش رطوبت خاک در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متری، بیشتر از عمق‌های اول و دوم بود و در این میان N120، بیشترین تخلیهٔ رطوبتی (۳/۸درصد) را نشان داد که با تیمار N90 در یک کلاس آماری قرار گرفت (جدول۵). با آغاز تنش خشکی (قطع بارندگی و افزایش دما) در مرحلهٔ ظهور سنبله، تیمارهای N90 و N120 و دیگر میزان‌های نیتروژن در هر سه عمق، تخلیهٔ رطوبتی بیشتری از خاک داشته‌اند. تخلیهٔ رطوبت بیشتر از عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متری، مؤید نفوذ و تمرکز ریشه‌های گندم در این عمق برای استفاده از رطوبت اعماق پائین خاک است (شکل c-۱۹).

رطوبت خاک در مرحلهٔ گل‌دهی

میانگین رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در مرحلهٔ گل‌دهی، با کاربرد نیتروژن به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت و بیشترین کاهش، به میزان ۲ درصد به تیمار N90 اختصاص داشت. در عمق۴۰-۲۰ سانتی‌متری، کاهش رطوبت خاک بیشتر بود و بیشترین آن به میزان ۳ درصد به‌طور مشترک به دو تیمار N60 و N90 اختصاص داشت. همانند دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و ظهور سنبلهٔ گندم، کاهش میزان رطوبت در عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متر، بیشتر از عمق‌های دیگر بود و در این میان بیشترین آن، به میزان ۴/۷ درصد، به تیمار N60 اختصاص یافت (جدول۵). در تداوم تنش خشکی از مرحلهٔ ظهور سنبله تا این مرحله (گل‌دهی)، همهٔ میزان‌های نیتروژن در پایین‌ترین عمق مورد بررسی (۶۰-۴۰ سانتی‌متری)، آب بیشتری از خاک تخلیه کرده بودند (شکل d-۱۹).

رطوبت خاک در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک

اگرچه رطوبت خاک در هر سه عمق در میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن در مرحلهٔ رسیدگی کاهش (کمتر از مراحل پیشین) یافت، اما این کاهش، تنها برای تیمار N120 معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود (جدول۵). در این مرحله کاهش رطوبت خاک از سطح تا عمق ۶۰ سانتی‌متری، تنها برای تیمار N120 معنی‌دار بود که این نتیجه مؤید جذب نکردن آب توسط گیاه، به لحاظ فیزیولوژیک است (شکل e-۱۹). معادلهٔ رگرسیونی در جدول ۶ نشان می‌دهد که تخلیهٔ رطوبت در دو عمق ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک، به ترتیب ۱۲/۳۶ و ۲۷/۸۵ درصد از افزایش

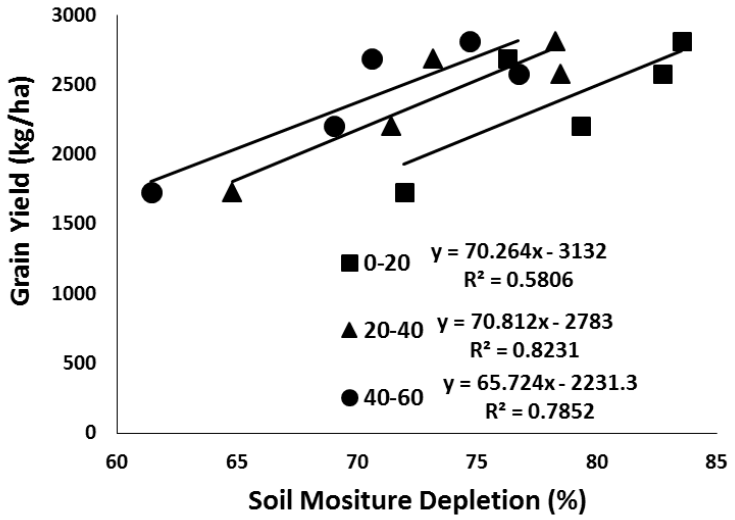
www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه را به دلیل کاربرد کود نیتروژنی، توجیه می‌کند.

تخلیهٔ رطوبت خاک

تأثیر میزان نیتروژن بر تخلیهٔ رطوبت خاک از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک گندم دیم نشان داد که این تأثیر در هر سه عمق خاک، شایان‌توجه بود (شکل f-۱۹). شکل‌های شمارهٔ ۱۹ نشانگر تخلیهٔ رطوبت خاک در هر سه عمق و در هر پنج مرحلهٔ رشد فیزیولوژیک گندم و در میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن است. از تحلیل این شکل‌ها و شکل ۱۶ مشخص می‌شود که از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا مرحلهٔ گل‌دهی گندم، تخلیهٔ رطوبت خاک در همهٔ میزان‌های نیتروژن، به‌طور کامل بارز و آشکار بوده و در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک، نیمرخ خاک در محدودهٔ سطح تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک، به کمتر از نقطهٔ پژمردگی دائم می‌رسد و اختلاف رطوبت خاک بین میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن به کمترین می‌رسد. همچنین با افزایش میزان کاربرد نیتروژن، تخلیهٔ رطوبتی در هر سه عمق، به‌طور صعودی افزایش‌یافته و در تیمار N120 به بیشترین رسیده است. رابطه‌های خطی بین عملکرد دانهٔ گندم دیم و تخلیهٔ رطوبتی از خاک در سه عمق ۲۰-۴، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری، از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸. رابطه‌های خطی بین عملکرد دانه و تخلیهٔ رطوبتی از خاک در سه عمق ۲۰-۴۰،۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری از مرحلهٔ پنجه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در گندم دیم

Figure 18. Linear equations between grain yield with moisture depletion of soil depth 0-20, 20-40 and 40-60 cm from tillering to physiological harvest stage in rainfed wheat

جدول ۴. میانگین مربعات تأثیر زمان کاربرد و میزان‌های مختلف نیتروژن بر محتوای رطوبت خاک در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱

Table 4. Mean squares the effect of application times and nitrogen rates on soil moisture content 0-20, 20-40 and 40-60 cm depth (2012-2013)

sov	df	Mean square														
		Tillering			Stem Elongation			Head visible			Flowering			Physiological Ripening		
Soil depth		0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Replication	2	8.93	12.61	54.33	4.02	7.77	6.66	25.72	2.65	4.30	9.44	13.97	20.03	1.89	5.71	2.44
Application time	2	0.84 n.s	2.30 n.s	18.51 n.s	5.15 n.s	0.66 n.s	1.33 n.s	0.46 n.s	0.84 n.s	1.08 n.s	0.09 n.s	0.53 n.s	1.02 n.s	0.11 n.s	1.14 n.s	1.47 n.s
Error	4	3.56	4.39	35.32	18.07	2.63	5.75	3.28	5.29	1.13	0.68	0.72	1.58	1.20	0.30	2.50
Nitrogen Rate	4	18.83**	22.33*	4.80 n.s	13.30*	22.94**	31.33*	14.19**	9.23 n.s	18.27 n.s	5.24*	15.76**	33.65**	1.25 n.s	2.92*	4.47 n.s

www.SID.ir

Archive of SID

Apllication Time × Nitrogen Rate	8	2.59 n.s	4.22 n.s	2.97 n.s	1.56 n.s	1.12 n.s	1.02 n.s	0.71 n.s	3.09 n.s	1.09 n.s	0.35	0.90 n.s	0.99 n.s	0.07 n.s	0.36 n.s	1.31 n.s
Error	24	4.36	6.86	7.57	3.83	4.76	7.73	3.21	3.42	6.89	1.32	3.40	3.91	0.072	0.98	1.78
CV (%)		12.36	14.14	16.18	10.25	12.21	14.90	14.61	14.02	17.86	10.84	15.56	15.15	18.03	13.03	15.87

n.s، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

n.s, *, **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability level respectively.

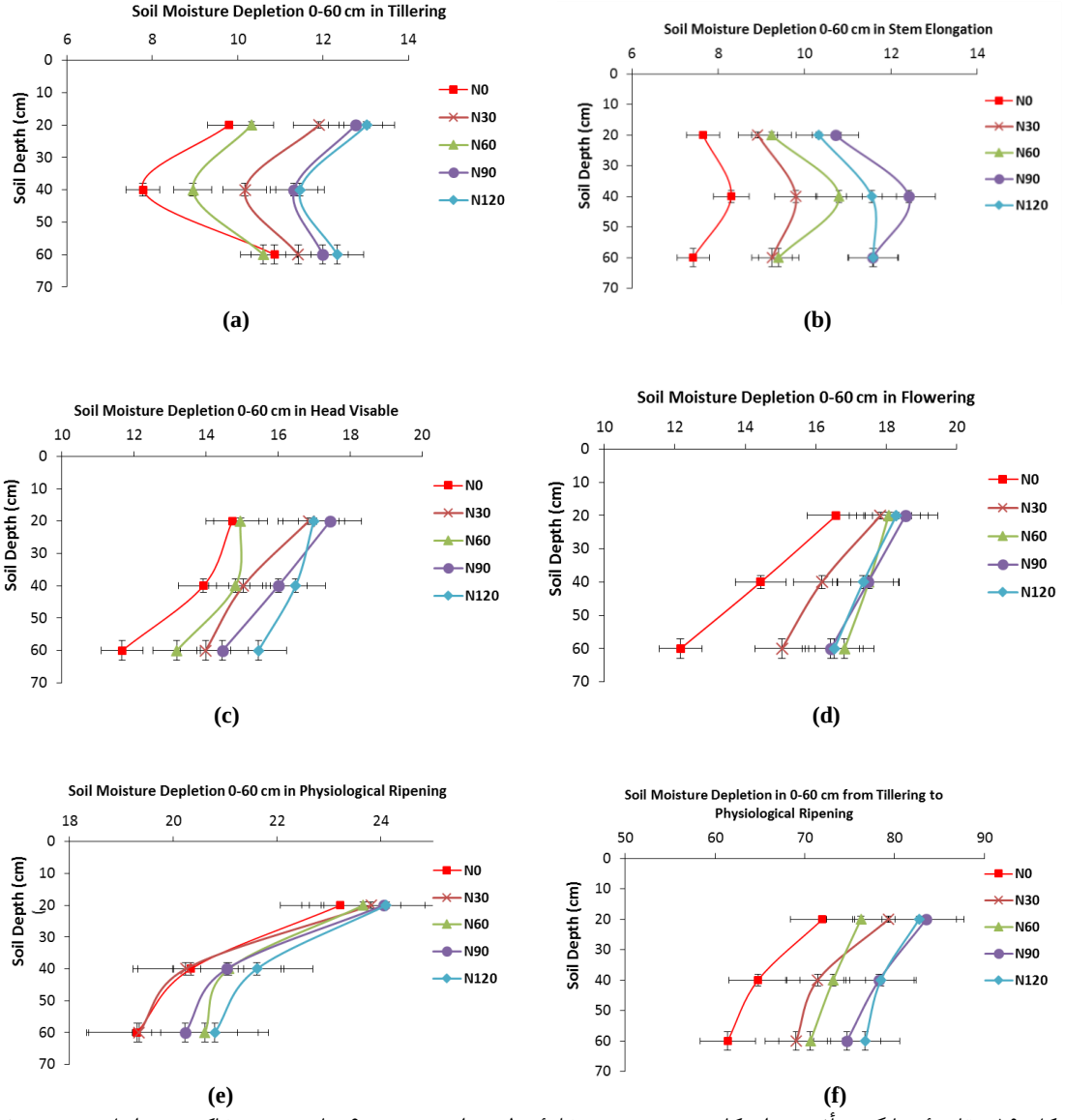
جدول ۵. مقایسهٔ میانگین تأثیر زمان کاربرد و میزان‌های مختلف نیتروژن بر محتوای رطوبت وزنی خاک در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱

Table 5. Mean comparsion the effect of application times and nitrogen rates on soil moisture content 0-20, 20-40 and 40-60 cm depth (2012-2013)

Nitrogen Rate kg.ha^{-1}	Tillering			Stem Elongation			Head visible			Flowering			Physiological Ripening		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	18.66 a	20.67 a	17.59 a	20.80 a	20.15 a	21.30 a	13.72 a	14.52 a	16.78 a	11.87 a	14.01 a	16.29 a	5.28 a	8.11 a	9.15 a
30	16.55 ab	18.28 ab	17.03 a	19.53 ab	18.65 ab	19.20 ab	11.60 b	13.41 ab	14.46 ab	10.61 b	12.23 ab	13.43 b	4.64 ab	8.21 a	9.11 a
60	18.13 a	19.50 ab	17.85 a	19.21 ab	17.65 bc	19.05 ab	13.49 a	13.63 ab	15.26 ab	10.38 b	10.94 b	11.63 b	4.79 ab	7.38 ab	7.84 ab
90	15.69 b	17.13 b	16.46 a	17.73 b	16.03 c	16.87 b	11.00 b	12.44 b	13.99 b	9.90 b	10.96 b	12.03 b	4.39 ab	7.42 ab	8.22 ab
120	15.43 b	17.99 b	16.12 a	18.12 b	16.89 bc	16.85 b	11.46 b	11.96 b	12.99 b	10.16 b	10.11 b	11.92 b	4.35 b	6.84 b	7.65 b
$LSD_{5\%}$	2.03	2.55	2.68	1.90	2.0	2.70	1.74	1.80	2.55	1.12	1.79	1.92	0.82	0.96	1.30

حرف همسان در هر ستون تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Different letters within a column indicates significant difference (P < 0.05).



شکل ۱۹. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان کاربرد نیتروژن بر تخلیهٔ رطوبت از عمق ۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در مراحل پنجه‌زنی (a)،

www.SID.ir

Archive of SID

ساقه‌دهی(b)، ظهور خوشه (c)، گل‌دهی (d)، رسیدگی فیزیولوژیک (e) و از پنجه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (f).
Figure 19. Mean copmarsion the effect of nitrogen rates on moisture depletion 0-60 cm soil depth (a) Tillering; (b) Stem elongation; (c) Head visible; (d) Flowering; (e) Seed Ripening and (f) From Tillering to Seed Ripening.

جدول ۶. روابط رگرسیونی بین عملکرد دانه (Y) و تخلیهٔ رطوبت در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر خاک در میزان کاربرد نیتروژن
Table 6. Regression equations betweern grain yield and moisture depletion 0-20, 20-40 and 40-60 cm soil depth in different rates of nitrogen

Soil Depth (cm)	Equation	R^2	SE
0-20	Y=6468.44 - 54.72 M	31.46	462
20-40	*Y=5284.63 – 40.84 M	12.36	523
40-60	*Y= 6153.93 – 48.21 M	27.85	474

با کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه در گندم دیم نسبت به شاهد در هر دو سال به ترتیب، به‌طور میانگین به میزان ۳۵ و ۷۰ درصد افزایش نشان داد. با افزایش میزان کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه تا میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار، به‌طور صعودی افزایش و با رسیدن به سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، روند کاهشی پیدا کرد. بر پایهٔ رابطهٔ پلی نومیال موجود بین میزان مختلف کاربرد نیتروژن و عملکرد دانه برای رسیدن به بیشترین تولید گندم دیم با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی در هر دو سال (سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ با ۱۳ درصد کاهش بارندگی اما با توزیع نسبی مناسب‌تر از سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲) نیاز نیتروژنی گندم دیم به ترتیب ۸۰ و ۹۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. با کاربرد کل ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در پاییز، عملکرد دانه به ترتیب نسبت به شاهد به میزان ۸۲ و ۸۸ درصد افزایش نشان داد. بر پایهٔ روابط معادلهٔ درجهٔ دو، بین عملکرد دانه با میزان‌های مختلف کاربرد نیتروژن، برای رسیدن به بیشترین عملکرد دانه در سه زمان کاربرد کل در پاییز، ۲/۳ در پاییز + ۱/۳ در بهار و ۱/۲ در پاییز + ۱/۲ در بهار، به ترتیب نیاز نیتروژن برای سال اول به میزان ۸۳، ۷۵ و ۸۱ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به ترتیب به میزان ۹۲، ۹۲ و ۱۰۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. بر این پایه، مشخص شد که میزان مورد نیاز کود نیتروژنی برای تولید بیشینهٔ گندم دیم، تابع زمان کاربرد آن است. در هر دو سال تحقیق، بیشترین عملکرد دانه با کاربرد پاییزی کل نیتروژن به دست آمد. این نتیجه، با نتایج Feiziasl (2014)، Ryan *et al.* (2008) و Halvorson *et al.* (2004) همخوانی دارد. کارایی زراعی نیتروژن با کاربرد نیتروژن، به‌طور صعودی تا سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش و با افزایش میزان کاربرد تا ۱۲۰ کیلوگرم، کاهش یافت. میانگین کارایی زراعی نیتروژن در سال دوم نسبت به سال اول به میزان ۲۷ درصد افزایش نشان داد. بر پایهٔ معادله درجه دوم بین کارایی زراعی نیتروژن و میزان‌های مختلف نیتروژن، بیشترین کارایی برای سال اول و دوم، به ترتیب با کاربرد ۶۴ و ۶۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برآورد شد. بیشترین کارایی زراعی در گندم دیم، با کاربرد پاییزهٔ کل ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان ۲۳/۵ کیلوگرم در کیلوگرم به دست آمد. کارایی زراعی نیتروژن برای گندم دیم در ترکیه ۲۸-۱۱، مراکش ۳، ایتالیا ۲۴-۵، یونان ۵-۰ و آمریکا ۴۶-۲۴ کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Fageria, 1992). کارایی زراعی نیتروژن برای گندم دیم در مراغه به میزان ۲۶ کیلوگرم بر کیلوگرم برای کود اوره و ۱۸ کیلوگرم بر کیلوگرم برای نیترات آمونیوم در محدودهٔ نیاز نیتروژنی گندم دیم گزارش شد (Feiziasl, 2007). کارایی استفاده از آب باران، با افزایش کاربرد نیتروژن، افزایش یافت. کارایی استفاده از آب باران در سال اول نسبت به سال دوم به میزان ۳۱ درصد افزایش نشان داد که این افزایش، مرتبط با پراکنش به نسبت مناسبت‌تر بارش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بود. بر پایهٔ معادلهٔ درجهٔ دوم بین کارایی استفاده از آب باران و میزان نیتروژن، بیشترین کارایی استفاده از آب باران، در سال اول و دوم به ترتیب با کاربرد ۷۹ و ۱۰۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برآورد شد. بر پایهٔ روابط معادلهٔ درجهٔ دو بین کارایی استفاده از آب باران با میزان مختلف نیتروژن در سه زمان کاربرد کل در پاییز، ۲/۳ در پاییز + ۱/۳ در بهار و ۱/۲ در پاییز + ۱/۲ در بهار، برای رسیدن به بیشترین کارایی استفاده از آب باران، به ترتیب برای سال اول با کاربرد ۸۰، ۷۴ و ۶۸ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به ترتیب با کاربرد ۹۲، ۹۹ و ۸۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. کارایی استفاده از آب باران با کاربرد ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، به ترتیب نسبت به شاهد به

www.SID.ir

Archive of SID

میزان ۵۴ و ۶۲ درصد افزایش نشان داد. کودهای نیتروژنی در شرایط دیم از راه افزایش عمق گسترش ریشه، افزون بر افزایش کارایی زراعی نیتروژن، باعث افزایش کارایی آب و در نهایت کاهش تأثیر تنش خشکی و دستیابی به عملکردهای بهینه می‌شود (Brown, 1971; Nielson & Halvorson, 1991). اگر نیتروژن عامل محدودکنندهٔ عملکرد باشد با افزایش کود نیتروژنی، کارایی استفاده از آب به میزان ۴۱ درصد افزایش می‌یابد (Rhods, 1984). نیتروژن و آب خاک اثر متقابل مثبت شدیدی در خاک‌رخ و محدودهٔ رشد و گسترش ریشهٔ گیاه برجذب نیتروژن و تولید گندم دیم دارد (Van Harwaarden *et al*., 2006; Miranzadeh *et al*., 2011; Subhani *et al*., 2012). با افزایش کاربرد نیتروژن، میزان تخلیهٔ رطوبت از خاک به‌طور صعودی افزایش یافت. با کاربرد نیتروژن، تخلیهٔ رطوبت از خاک از سطح تا عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک در مرحلهٔ پنجه‌دهی آغاز و در مرحلهٔ ساقه‌دهی به عمق ۶۰ سانتی‌متری گسترش و در مراحل ظهور سنبله و گلدهی، تداوم و در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک گندم دیم، پایان یافت. نیتروژن با افزایش عملکرد دانه و تخلیه رطوبت از خاک، موجب افزایش کارایی استفاده از آب باران شد که به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل اثر متقابل مثبت هم‌افزایی (سینرژیستی) بین نیتروژن و آب خاک بوده باشد. برخی از محققان بر این باورند که کوددهی نه تنها رشد اندام‌های هوایی، بلکه رشد ریشه را در گیاهان افزایش می‌دهد (Brown, 1971). بر این پایه در این آزمایش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با کاربرد کود نیتروژنی، رشد ریشه در گندم افزایش داشته و در پی آن استخراج آب از خاک، بیشتر صورت گرفته و با جذب بیشتر آب، مواد غذایی موجود در خاک و از جمله نیتروژن، توسط گندم دیم، بیشتر جذب شده است. این نتیجه با نتایج Feiziasl (2014) که معتقد بود کاربرد نیتروژن به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش تخلیهٔ رطوبتی از محدودهٔ ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک و تولید بیشتر عملکرد دانه می‌شود همخوانی دارد. نتایج تحقیقات بلندمدت در کشور چین نشان داد که کاربرد نیتروژن باعث تخلیهٔ بیشتر آب از خاک‌رخ، افزایش کارایی استفاده از آب و افزایش عملکرد دانهٔ گندم دیم شده بود (Wang *et al*., 2013). در شرایط دیم، تأثیر آب، قابل مقایسه با هیچ عامل دیگری نیست. با توجه به افزایش کاربرد نیتروژن و رخداد تخلیهٔ رطوبتی در خاک از آغاز پنجه‌دهی تا مرحلهٔ گلدهی گندم دیم، به نظر می‌رسد افزایش کارایی استفاده از آب باران، به دلیل افزایش گسترش ریشه بوده باشد که این موضوع به‌گونه‌ای، مؤید تقویت اثر متقابل مثبت بین نیتروژن و آب خاک است.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشخص شد که نیاز نیتروژنی و زمان کاربرد کود نیتروژنی در گندم دیم، تابع میزان بارندگی و پراکنش مناسب و میانگین دما در مراحل حساس رشد (ظهور سنبله و خوشه‌دهی) است. افزایش عملکرد گندم دیم، ارتقاء کارایی زراعی نیتروژن و افزایش کارایی استفاده از آب باران ناشی از کاربرد نیتروژن تا سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار، ضرورت توجه به کاربرد بهینهٔ کودهای نیتروژنی در شرایط تنش خشکی حاکم بر مناطق دیم غرب کشور را آشکار می‌سازد. با توجه به همبستگی بالا و مثبت تخلیهٔ رطوبتی خاک با عملکرد دانهٔ گندم در اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن، به نظر می‌رسد، کاربرد نیتروژن تا سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار، افزون بر تأمین نیاز نیتروژنی گندم، از راه افزایش جذب و استخراج آب از عمق خاک، موجب افزایش عملکرد دانه شده بود. اما کاهش عملکرد و تقلیل کارایی استفاده از آب، با افزایش سطح کاربرد نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، احتمال دارد به دلیل تأثیر منفی بر افزایش شدت تبخیر و تعریق و بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای و اختلال در روابط آبی گیاه بوده باشد. کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پاییز با بیشترین عملکرد دانه، بالاترین کارایی زراعی نیتروژن و بیشترین کارایی استفاده از آب باران، بهترین تیمار بود. با توجه به کاهش بارش نسبت به آمار بلندمدت بارندگی، به نظر می‌رسد در مناطق تحت کشت گندم دیم، حرکت نیتروژن به سمت اعماق خاک با جریان آب و هدررفت نیتروژن از این روش، در کمترین میزان باشد. بنابراین با توجه به این

www.SID.ir

Archive of SID

موضوع مهم، ممکن است، علت برتری کاربرد کل کود نیتروژنی در پاییز، نسبت به دو زمان کاربرد (تقسیط زمانی نیتروژن)، به دلیل کاهش تلفات ناشی از تصعید نیتروژن یا احتمال کاهش جذب نیتروژن به دلیل کمبود رطوبت در زمان کاربرد سرک بهاره بوده باشد. در این تحقیق و در شرایط رطوبتی آزمایش (تنش خشکی در بهار)، با کاهش سهم تقسیط نیتروژن در بهار و گرایش به کاربرد میزان‌های بیشتر نیتروژن در هنگام کاشت و حتی بر خلاف تصور پیشین، برای تقسیط کود نیتروژنی، کارایی زراعی نیتروژن به موازات افزایش کارایی استفاده از آب باران در گندم دیم، روند افزایشی داشت و در سطح ۶۰ کیلوگرم در هکتار به بیشترین میزان خود رسید.

سپاسگزاری

از زحمات آقایان مهندس محمدکوهسار بستانی و مهندس فرهنگ خالدیان کارشناسان محترم بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان به پاس همکاری صمیمانه در انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای و تجزیه‌های خاک و گیاه و همچنین از زحمات گرانقدر جناب آقای دکتر همایون کانونی رئیس و عضو محترم هیئت علمی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز کردستان به پاس مشاورهٔ آماری و تجزیهٔ داده‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Ali-Ehyaei, M. V. & Behbehani-Zadeh, A. A. (1993). *Methods of soil analysis (Volume I)*. Soil and Water Research Institute, Publication No. 893, 129. (in Farsi)
2. Avci, M. (2005). *New decision support tool: farmer survey for optimizing soil water use in the Anatolian plateau in management for improved water use efficiency in the dry areas of Africa and West Asia*. In: Proceedings of *a workshop organized by the Optimizing Soil Water Use (OSWU) Consortium*, 22–26 April 2002. Ankara, Turkey, 101-109.
3. Benbi, D.K., Singh, R., Singh, G., Sandhu, K. S. & Saggar, S. (1993). Response of dryland wheat to fertilizer nitrogen in relation to stored water, rainfall and residual farm yard manure. *Fertilizer Research*, 36, 63-70.
4. Brown, P. L. (1971). Water use and soil water depletion by dryland winter wheat as affected by nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 63, 43-46.
5. Copper, P. J. M., Gregory, P. J., Tully, D. & Harris, H. C. (1987). Improving water use efficiency of annual crops in the rainfed farming systems of West Asia and North Africa. *Experimental Agriculture*, 23, 113-158.
6. Ejaz, A., Waraich, R., Saifullah, A. & Ahmad, A. (2011). Water Stress Nitrogen Management Effects on Gas Exchange; Water Relation, and Water Use Efficiency in Wheat. *Journal of Plant Nitrition. Science*, 34, 1867-2011.
7. Feiziasl, V. (2007). *Study on the effects of different sources and rates of soil nitrogen on quality and quantities of rainfed wheat.* Dry Land Agriculture Research Institute. Registerd number 86/317, 146. (in Farsi)
8. Feiziasl, V. (2014). *Nitrogen optimum management for different dryland wheat genotypes using ^{15}N.* Ph.D. thesis. Soil Scienc Department. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi)
9. Fageria, N. K. (1992). *Maximizing crop yields*. Marcel Dekker, Inc, 274.
10. Fatima, M., Bedhiaf, M. & Rhomari, Y. (1992). *Fertilization of cereals*: *Soil-nitrogen test calibration in Morocco, Gharb area*, 212-224. In: Ryan, J. & Matar, A. (ed.). Fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria
11. French, R. J. & Schultz, J. E. (1984). Water use efficiency of wheat in a Mediterranean- type environment. I. The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35, 743-764.
12. Fowler, D. B., Brydon, J. & Buker, R. J. (1989). Nitrogen fertilization of no-till winter wheat and rye. II. Influence on grain protein. *Agronomy Journal*, 81, 72-77.
13. Halvorson, A. D., Nielsen, D. C. & Reule, C. A. (2004). Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. *Agronomy Journal*, 96, 1196-1201.
14. Holger Brueck. (2008). Effect of nitrogen on water-use efficiency of higher plants. *J. Plant Nutrition*. Soil Science, 171, 210-219.
15. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J. & Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean condition as affected by split nitrpgen application. *Field Crops Research*, 94, 86-97.
16. Malakouti, M. J. & Gheibi, M. N. (1997). *Determination of the critical level of nutrients in soil, plant and fruit for the quality and yield improvements of Iran's strategic crops*. Agricultural minestry. Agricultural research, education and extension organization. (in Farsi)
17. Miranzadeh, H., Emam, Y., Pilesjö, P. & Seyyedi, H. (2011). Water use efficiency of four dryland wheat cultivars under different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science and*

www.SID.ir

Archive of SID

Technology, 13, 843-854.
18. Nielsen, D. C. & Halvorson, A. D. (1991). Nitrogen fertility influence on wheat stress and yield of winter wheat. *Agronomy Journal*, 83, 1065-1070.
19. Pala M., Ryan, J., Zhang, H., Singh, M. & Harris, H. C. (2007). Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *Agricultural water management*, 93, 36-144.
20. Pala, M., Oweis, T., Benli, B., De Pauw, E., El Mourid, M., Karrou, M., Jamal, M. & Zencirci, N. (2011). *Assessment of wheat yield gap in the Mediterranean: case studies from Morocco, Syria and Turkey*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
21. Rhoads, R. M. (1984). *Nitrogen or water stress: their interrelationships*. 207-317. In: R. D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
22. Ryan, J., Pala, M., Masri, S., Singh, M. & Harris, H. (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.
23. Subhani, A., Tariq, M., Sulaman, J. M., Latif, R., Khan, M., Sajid, I. M. & Shahid, I. M. (2012). Role of soil moisture in fertilizer use efficiency for rainfed areas. A review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(11), 1-10.
24. Van Harwaarden, A. F., Farquhar, G. D., Angus, J. F. & Richards, R. A. (2006). Physiological responses of six spring wheat varieties to nitrogen fertilizer (project report). In: Proceeding of *the Australian agronomy conference*, Australian Society of Agronomy.
25. Wang, J., Liu, W., Dang, T. & Sainju, U. M. (2013). Nitrogen fertilization effect on soil water and wheat yield in the Chinese loess plateau. *Agronomy, Soils and Environmental Quality*, 105(1), 143-149.
26. Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.

www.SID.ir