نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۶، ص. ۵۰۸-۴۹۰

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 2, May.-Jun. 2017, p. 490-508

ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های جو (*Hordum vulgare*) دیم به مقادیر و زمان‌های مصرف نیتروژن

ولی فیضی اصل[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۳

چکیده

نیتروژن پس از آب دومین عامل محدودکننده رشد گیاهان در شرایط دیم بشمار می‌آید، لذا برای تولید اقتصادی جو در این مناطق، استفاده مناسب از آنبسیار ضروری است. به‌منظور ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های جو دیم به مصرف نیتروژن، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خردشده با زمان مصرف نیتروژن در کرت‌های اصلی (کل نیتروژن درپائیز، $\frac{۱}{۲}$ در پائیز + $\frac{۱}{۲}$ در بهار و $\frac{۲}{۳}$ در پائیز + $\frac{۱}{۳}$ در بهار)، مقادیر نیتروژن (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی و ژنوتیپ‌های جو (سهند، آبیدر، Dayton/Ranny، Alpha/Gumhuriyet/Sonja و B-C-74-2) در کرت‌های فرعی در فرعی در ۴ بلوک و به مدت ۳ سال زراعی (۸۹-۸۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم به اجرا درآمد. نتایج نشان داد، مصرف نیتروژن از طریق افزایش معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) تعداد سنبله در واحد سطح (۲۴۳-۱۱۲) و ارتفاع بوته (۱۷/۶-۶/۳ سانتی‌متر) به عنوان سطح اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه، طول (۰/۲-۱ سانتی‌متر بر بوته) و وزن (۰/۲-۰/۱ گرم بر بوته) ریشه در مرحله پنجه‌زنی گیاه و کارایی استفاده از آب (۲/۵-۱/۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه ($P\leq ۰/۰۱$) شد. نیاز نیتروژنی جو در شرایط خشکسالی حدود ۴۰ کیلوگرم در هکتار و در سال‌های نرمال ۴۳ کیلوگرم در هکتار در منطقه مورد مطالعه تعیین شد که این مقادیر به ترتیب برای دستیابی به عملکردهای دانه ۱۷۸۴ و ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در سال‌های نرمال ۳۰ کیلوگرم در هکتار آن در پائیز و ۱۳ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک همرا بارندگی‌های اوایل بهار مصرف می‌شود. در نهایت، اثر بارندگی در افزایش عملکرد دانه جو دیم ۲/۱ برابر بیشتر از مصرف نیتروژن بود و این موضوع اهمیت بیشتر آب را نسبت به نیتروژن در دیمزارهای ایران به اثبات می‌رساند.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، نیاز نیتروژنی، کارایی استفاده از نیتروژن

مقدمه

امروزه به منظور تولید محصولات کشاورزی، استفاده کارآمد از منابع محدود به عنوان یک اصل استراتژیک شناخته شده است. از اینرو، اصلاح مدیریت منابع از طریق درک صحیح روابط زیست-فیزیولوژیک سیستم‌های کشاورزی در دهه گذشته به طور فزآینده‌ای اهمیت پیدا کرده است (۶۲). آب به عنوان یکی از مهمترین این منابع، از عوامل محدودکننده در تعیین الگوی استفاده از زمین درمناطق مدیترانه‌ای به رسمیت شناخته شده است.از سوی دیگر، ذخایر نیتروژن در توجیه عملکرد دانه در شرایط دیم، بسیار مهم بوده و استفاده از کودهای نیتروژنی علت اصلی افزایش عملکرد غلات دیم از طریق بهبود وضعیت کارایی استفاده از آب و اثرات آن بر تقویت اجزای عملکرد دانه بوده است (۱۴).

جو (*Hordum vulgare*) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در جهان است که به عنوان یک منبع غذایی و تغذیه از آغاز کشاورزی کشت شده و به طور گسترده‌ای با محیط‌های مختلف به ویژه شرایط کم باران سازگار است. این گیاه مقاومت به تنش‌های خشکی و گرمای بسیار بالایی دارد و این ویژگی، جو را به عنوان یکی از محصولات سازگار و موفق برای مناطق نیمه خشک درآورده است. آب مورد نیاز برای تولید واحد بذر در گیاه جو به دلیل پائین بودن میزان تعرق آن، کمتر از سایر غلات است (۵۳). کارایی استفاده از آب برای این گیاه در شرایط مدیترانه‌ای ۱۴/۶ الی ۲۷/۸ کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر گزارش شده است (۳۹). بر این اساس، جو به طور گسترده‌ای در دیمزارهای مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین در مناطق خشک مدیترانه‌ای که آب و نیتروژن از عوامل اصلی محدودکننده رشد گیاهان بشمار می‌آید، به خوبی رشد می‌کند. این

۱- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: vfeiziasl@yahoo.com
DOI: 10.22067/jsw.v31i2.53350

گیاه در شرایط مختلف محیطی و حتی در مناطق خشک و نیمه خشک با بارندگی‌های سالیانه بین ۲۰۰ الی ۳۵۰ میلی‌متر قادر به رشد است (۴۹).

تنش‌های غیرزیستی مانند تنش رطوبتی، دما و عناصر غذایی از عوامل مهم کاهش عملکرد جو در شرایط دیم محسوب می‌شوند که این عوامل باعث افزایش فاصله بین عملکرد تولیدی نسبت به عملکرد پتانسیل می‌شوند (۴۵). نیتروژن بعد از تنش آبی دومین فاکتور محدود کننده رشد غلات در مناطق دیم بشمار می‌آید. کمبود نیتروژن اثرات تنش رطوبتی را روی گیاه در این شرایط افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، مدیریت کودهای نیتروژنی در شرایط دیم به دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن وضعیت رطوبتی خاک و اثرات آن بر رشد و توسعه گیاه مشکل است (۱۰).سینبو و همکاران (۵۹) معتقدند، ۶۵ درصد تغییرات عملکرد دانه جو دیم به دلیل تنش نیتروژن می‌باشد. در گزارش دیگری، عملکرد جو دیم در شرایط تنش نیتروژن و فسفر به میزان ۵۰ درصد در مقایسه با شرایط ایده‌آل در منطقه مدیترانه‌ای اسپانیا کاهش یافته است (۱۳). مک‌کنزی و جکسون (۴۳) معتقدند، عملکرد جو دیم اغلب تحت تأثیر سه عامل تاریخ کاشت، آب قابل استفاده در خاک و نیاز نیتروژنی این محصول قرار دارد. نتایج این پژوهشگران در مونتانا نشان داد که ۵۱ تا ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه ارقام جو از میزان کاربرد نیتروژن به علاوه میزان نیترات موجود در خاک تبعیت نمود. جکسون (۳۵) نیز گزارش داد که جو دیم به کاربرد نیتروژن پاسخ معنی‌داری می‌دهد و با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (معادله درجه دوم)، عملکرد دانه افزایش یافت، اما رابطه بین نیتروژن مصرفی تا آخرین سطح مصرف با میزان پروتئین دانه از نوع خطی افزایشی بود. لور و پارتیج (۴۱) گزارش کردند که نیتروژن به طور معنی‌داری عملکرد دانه و پروتئین جو دیم را در شرایط تنش خشکی افزایش داد. مصرف نیتروژن تا ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار، وزن دانه، تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله را افزایش داد و نیتروژن ناکافی عملکرد و کیفیت دانه جو دیم را کاهش داد. این در حالی است که زیادی نیتروژن نیز با تولید پروتئین بیشتر در دانه جو صفت نامطلوبی برای این گیاه بشمار می‌آید. در تحقیقات کوکی (۴۰) افزایش نیتروژن، عملکرد دانه و میزان پروتئین جو دیم را افزایش داد. معمولاً مصرف بیش از حد نیتروژن برای غلات دانه ریز باعث تجمع نیتروژن در دانه‌های آنها شده و ممکن است این موضوع با کاهش محصول همراه باشد.

مدیریت مصرف نیتروژن یکی از عوامل مؤثر در فرآیند تجمع و توزیع ماده خشک و همچنین نیتروژن در اندام‌های مختلف جو در شرایط دیم می‌باشد. این فرآیند متقابلاً بستگی به کنترل اندازه و غلظت نیتروژن دانه جو دارد. تأمین نیتروژن قبل از مرحله ظهور پرچم، گسترش برگ و پنجه‌ها و از این طریق پتانسیل تجمع کربن و تشکیل تعداد دانه را در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). این در حالی است که کاربرد نیتروژن پس از ظهور پرچم‌ها، طول عمر و بقای برگ‌ها را افزایش داده و از این طریق در تأمین کربن و نیتروژن دانه تأثیرگذار است (۲۹). گندم تا مرحله ظهور سنبله ۶۹ درصد نیتروژن بیشتری در مقایسه با جو جذب می‌کند، شاید این به دلیل طولانی بودن دوره رشد گندم در مقایسه با جو باشد (۱۰). در طول مدت بعد از دوره ظهور پرچم‌ها، هر دو منبع کربن و نیتروژن برای رشد دانه به شدت به وضعیت نیتروژن گیاه بستگی دارد. نتایج تحقیقات انجام گرفته در نیوزلند نشان داد که ۶۳ درصد از نیتروژن جذب شده در اندام‌های هوایی جو از ذخایر نیتروژنی خاک بوده و ۸۷ درصد از کل نیتروژن جذب شده قبل از مرحله ظهور پرچم‌ها (گرده افشانی) بوده است. در این پژوهش سطح نیتروژن گیاه در مرحله قبل از ظهور پرچم‌ها به عنوان شاخص مناسبی برای انتقال بخشی از نیتروژن اندام‌های دیگر گیاه به دانه شناخته شد (۱۵). نتایج تحقیقات انجام گرفته توسط درویتر و همکاران (۱۶) نشان داد، به منظور دسترسی به عملکردهای بالا با کیفیت مناسب بذر جو در شرایط دیم، مدیریت نیتروژن در مرحله تشکیل پنجه‌ها از مهم‌ترین و بحرانی‌ترین مراحل رشد این گیاه است (۱۶). جذب نیتروژن و تامین آن در شرایط دیم، به طور مستقیم به زمان و روش مصرف کود، شرایط فیزیکی خاک، آب و هوا و ویژگی‌های ژنتیکی گیاه بستگی دارد. در نتیجه، پاسخ به مدیریت مصرف کود از لحاظ میزان و زمان مصرف آن، از محلی به محل دیگر متفاوت خواهد بود (۲).بنابراین پس از شناخت ضرورت مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید بهینه ارقام مختلف جو دیم، شناخت نیاز نیتروژنی این ارقام و زمان مناسب مصرف کودهای نیتروژنی موجب افزایش کارآیی استفاده از این کودها شده و در نتیجه تولید عملکردهای مطلوب را در این مناطق در پی خواهد داشت که بررسی موارد یادشده از اهداف اصلی پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مقادیر و زمان مصرف نیتروژن بر نیاز نیتروژنی، کارآیی استفاده از آب و نیتروژن و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو دیم، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده،با زمان مصرف نیتروژن در کرت‌های اصلی (کل نیتروژن درپائیز، $\frac{۱}{۲}$ در پائیز + $\frac{۱}{۲}$ در بهار و $\frac{۲}{۳}$ در پائیز + $\frac{۱}{۳}$ در بهار)، مقادیر نیتروژن در کرت‌های فرعی (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و ارقام و ژنوتیپ‌های جو در کرت‌های فرعی فرعی (سهند، آبیدر، Dayton/Ranny، Alpha/Gumhuriyet/Sonja و B-C-74-2) به ابعاد ۲/۲×۸ مترمربع (۱۱ ردیف به فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر) در ۴ تکرار و

به مدت ۳ سال زراعی (۸۹-۱۳۸۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۲۰ متری از سطح دریا) با اقلیم نیمه خشک سرد هم‌مرز با فراسرد و سری خاک رجل آباد با مشخصات Fine mixd, Mesic, Vertic Calcixerepts به اجرا درآمد.

نتایج آمار هواشناسی نشان داد که بارندگی سال زراعی اول (۸۷-۸۶) ۴۷ درصد (۱۵۹/۵ میلی‌متر) کمتر از بارندگی بلند مدت بود، به طوری که در فصل بهار برای اعمال تیمارهای سرک بارندگی موثر وجود نداشت (۵/۹، ۶/۶ و ۱/۳ میلی‌متر به ترتیب در ماه‌های فروردین تا خرداد) و آزمایش با تیمارهای مصرف پائیزی نیتروژن تا پایان ادامه یافت. در این سال ۳۴/۷ درصد بارش‌ها در پاییز، ۵۵/۳ درصد در زمستان و ۱۰/۰ درصد آن در بهار به وقوع پیوست. متوسط دمای سال زراعی تقریبا مشابه با بلند مدت بود. بنابراین سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ سالی غیرنرمال از لحاظ بارندگی و عدم بارندگی‌های موثر در فصل بهار بود، زیرا مطالعات ۴۳ ساله زاهدی قره‌آغاج و قویدل رحیمی (۶۵) از حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داد که بارندگی‌های کمتر از ۲۵۹/۲ میلی‌متر برای منطقه مراغه خشکسالی محسوب می‌شود. بارندگی سال دوم زراعی (۸۸-۸۷) مشابه میانگین بلند مدت بود و ۳۶/۴ درصد بارش‌ها در پاییز، ۲۹/۳ درصد در زمستان و ۳۴/۳ درصد در بهار به وقوع پیوست. متوسط دمای سال زراعی ۰/۶ درجه سانتی‌گراد کمتر از میانگین بلند مدت (۹/۴ سانتی‌گراد) بود. بارندگی سال زراعی آخر (۸۹-۸۸) ۴۸ درصد (۱۶۱ میلی‌متر) بیش از میانگین بارندگی بلند مدت بود. متوسط دمای سال زراعی همانند سال پیش ۰/۶ درجه سانتی‌گراد کمتر از میانگین بلند بود اما تعداد روزهای یخبندان آن ۴۹ روز کمتر از میانگین بلند مدت بود (جدول ۱).

از محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری به روش مرکب نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بافت به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود، کربن آلی به روش اکسایش تر (والکلی بلک)، pH در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، درصد اشباع به روش وزنی، فسفر قابل جذب با عصاره‌گیر اولسن و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم اندازه‌گیری شد (۳). با توجه به بالا بودن میزان فسفر و پتاسیم از حد بحرانی گزارش شده (حد بحرانی فسفر ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) نیازی به مصرف کودهای فسفری و پتاسیمی در سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش نبود، اما در سال سوم زراعی کود سوپرفسفات تریپل برای کل آزمایش به صورت یکنواخت و به صورت جایگذاری مصرف شد (۲۶) (جدول ۲).

مقادیر نیتروژن کرت‌ها در مصرف پائیزی به کمک دستگاه وینتراشتایگر پشت تراکتوری مجهز به سیستم جایگذاری کود (۱۱ ردیف به فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متری) از منبع اوره همزمان با کاشت، ۷-۵ سانتی‌متر زیر بستر بذر جایگذاری شد (۱۹). بذور جو با تراکم ۴۰۰ دانه در مترمربع، پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام به نسبت ۲ در هزار و به کمک بذرکار مذکور همزمان با مصرف تیمارهای پائیزی نیتروژنی در عمق ۷-۵ سانتی‌متری کشت شد. در مرحله گلدهی (ZGS54) جو، نمونه خاک با استفاده از مته از هر کرت فرعی فرعی از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری (به فواصل ۲۰ سانتی متر) تهیه و آمونیوم آن با استفاده از محلول کلرید پتاسیم یک مولار عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (طول موج ۶۵۵ نانومتر) اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات در این عصاره بر اساس جذب پرتو ماوراء بنفش (UV) توسط نیترات موجود در عصاره در طول موج ۲۱۰ نانومتر قبل و بعد از احیای نیترات اندازه‌گیری شد که تفاوت این دو مرحله نشانگر غلظت نیترات در عصاره بود (۴۷). داده‌های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار GenStat14 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده تجزیه شد و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج سال اول (خشکسالی)

با توجه به اینکه در سال اول اجرای آزمایش بارندگی موثر بهاری برای مصرف بخش سرک در تیمارهای نیتروژنی وجود نداشت (جدول ۱)، لذا آزمایش با مصرف بخش پائیزی تیمارهای نیتروژنی ادامه یافت. در این سال، بیشترین (۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار کلاس a) و کمترین (۱۲۳۳ کیلوگرم در هکتار کلاس c) عملکرد دانه به ترتیب از مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پائیز و تیمار شاهد به دست آمد اما برای مقادیر ۴۰ الی ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری (کلاسa وab) مشاهده نگردید. در صورتی که بین دو تیمار اول یعنی ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (کلاس b) و شاهد (کلاس c) از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با کاربرد نیتروژن به طور متوسط عملکرد دانه ۵۵۶ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۴). رابطه رگرسیونی بین میزان نیتروژن مصرفی و عملکرد دانه نشان داد که نیتروژن مصرفی توانست ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید. همچنین مطابق این رابطه، نیاز نیتروژنی جو دیم برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه (۱۷۴۴ کیلوگرم در هکتار) برای شرایط بدون بارندگی بهاری حدود ۴۰ کیلوگرم در هکتار با سیستم جایگذاری کود در زیر بستر بذر تعیین شد (شکل a۱).

جدول ۲–خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال کاشتدر عمق ۰ الی ۲۵ سانتی‌متری در سه سال اجرای آزمایش.

Table 2–Soil physical and chemical characteristics before sowing (0-25 cm depth)in three cropping years

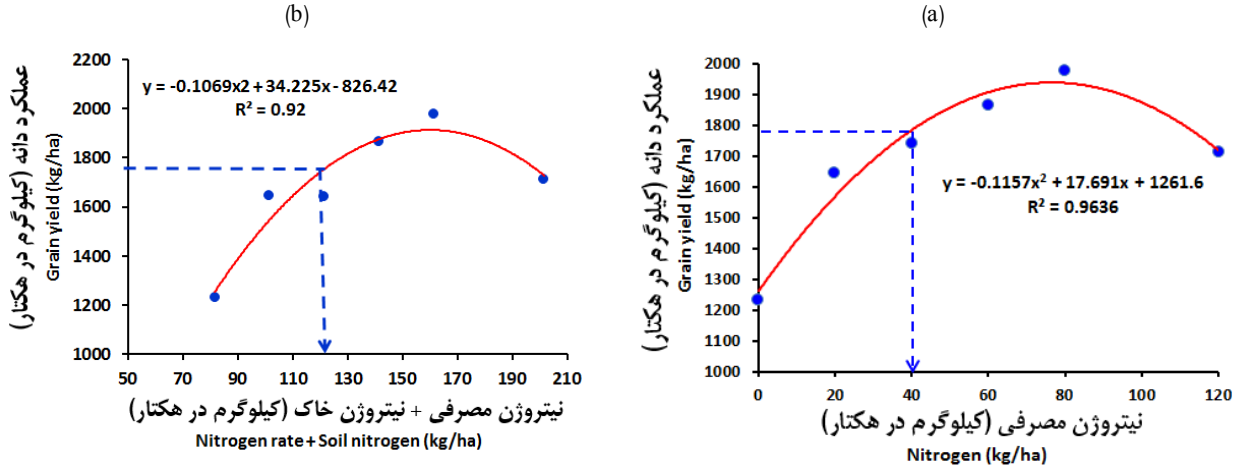
سال Year	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	درصد اشباع SP (%)	کربنات کلسیم معادل CaCO3 (%)	کربن آلی OC (%)	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	Soil texture
2007-2008	8.1	0.71	49	4.8	0.56	14.3	510	30	47	23	Loam
2008-2009	7.5	0.46	53	1.8	0.41	18.1	460	31	46	23	Loam
2009-2010	7.7	0.48	47	5.1	0.41	5.8	480	35	40	25	Loam
Mean	7.8	0.55	50	3.9	0.46	22.7	483	32	44	24	Loam

جدول ۱ – آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم در سه سال اجرای آزمایش و بلند مدت (۹۰-۱۳۷۰).

Table 1- Maragheh dryland agriculture research station climate data in three cropping years2007-2010 and long term (20 years)

سال Year	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	میانگین دما (سانتی‌گراد) Mean Temperature (°C)	تعداد روزهای زیر صفر Days of blow zero	رطوبت نسبی هوا (٪) Relative humidity (%)	تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)	میانگین دمای کمینه (سانتی‌گراد) Mean Min. Temperature (°C)	میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Mean Max. Temperature (°C)
2007-2008	177	9.3	118	40.9	2075	3.9	14.7
2008-2009	332	8.8	130	50.0	1735	4.0	13.8
2009-2010	498	8.8	79	58.2	1062	4.0	13.0
1991-2011	365	9.4	128	53.0	1757	4.2	14.6

بررسی رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی به صورت کود بعلاوه نیترات موجود در خاک (عمق ۶۰-۰ سانتی‌متر) در مرحله گلدهی (ZGS54) با پاسخ جو دیم نشان داد که این ارتباط از نوع درجه دوم می‌باشد و در مقدار ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار متغیر مستقل به حداکثر مقدار خود (۱۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) می‌رسد (شکل b۱). بنابراین به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد جو دیم در شرایط مشابه با سال زراعی ۸۷-۸۶ (خشکسالی) وجود ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرفی بعلاوه نیترات موجود در خاک مورد نیاز می‌باشد که از این مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار آن سهم میزان کود مصرفی (شکل a۱) و ۸۲ کیلوگرم در هکتار سهم نیترات موجود در خاک می‌باشد. در حالی که تامین این مقدار نیتروژن برای تولید حداکثر عملکرد دانه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و نیاز کودی را می‌توان برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه محاسبه نمود که بر این اساس باید حدود ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرفی بعلاوه نیترات موجود در خاک وجود داشته باشد که از این مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار آن سهم نیتروژنی مصرفی به صورت کود (شکل a۱) و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سهم نیترات موجود در خاک خواهد بود (شکل b۱). ذکر این نکته ضروری است که صحت این نتایج به دلیل یکساله بودن آن نمی‌تواند قطعی باشد. بنابر این به منظور توصیه این نتایج در شرایط مزرعه‌ای، ابتدا باید صحت آن در شرایط مختلف (اقلیم، نوع خاک و ارقام) مورد ارزیابی قرار گیرد. در پژوهش مک‌کنزی و جکسون (۴۳) با انجام ۱۴ آزمایش این رابطه از نوع درجه دوم بود و بیشترین عملکرد دانه جو دیم در آنها از مقادیر ۱۴۰ الی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرفی بعلاوه نیترات موجود در خاک به دست آمد که توانست ۵۱ الی ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد جو دیم را توجیه نماید. جکسون (۳۵) مقدار نیتروژن مصرفی بعلاوه نیترات موجود در خاک را برای تولید بهینه عملکرد دانه جودیم حدود۱۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمود. این نتایج با نتایج پژوهش حاضر در خصوص نوع رابطه و مقدار نیتروژن مصرفی بعلاوه نیتروژن موجود در خاک مطابقت دارد، اما حداکثر عملکرد گزارش شده توسط این پژوهشگران بسیار بیشتر (۳۹۰۰ الی ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) از عملکرد پژوهش حاضر بود و دلیل آن می‌تواند تفاوت در شرایط خاک، منطقه و رقم و همچنین عدم پاسخ مناسب جو دیم به نیتروژن مصرفی و نیتروژن موجود در خاک در اثر خشکسالی حاکم بر این آزمایش باشد.



شکل ۱- رابطه بین نیتروژن مصرفی (a) و نیتروژن مصرفی + نیترات خاک (b) با عملکرد دانه جو دیم

Figure 1- The relationship between nitrogen application (a) and nitrogen application + soil nitrate with dryland barley grain yield (b)

نتایج سال‌های دوم و سوم

نتایج تجزیه مرکب دو سال نهایی اجرای آزمایش پس از آزمون یکنواختی واریانس‌ها نشان داد، اثر سال روی عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته و کارایی استفاده از نیتروژن و آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه در سطح احتمال یک درصد و بر کارایی استفاده از آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی میزان نیتروژن بر عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته و کارایی استفاده از نیتروژن و آب در سطح احتمال یک درصد و بر شاخص برداشت و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی ژنوتیپ بر صفات عملکرد بیولوژیک و کاه و تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد و کارایی استفاده از آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول۳- میانگین‌مربعاتوسطحمعنی‌داریتیمارهابرعملکرد و اجزای عملکرد

Table 3- Mean square and significance probability of treatments effect on yield and yield components

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Gain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest Index	تعداد سنبله در واحد سطح No. spike/m^2	تعداد دانه در سنبله No. seed/spike	وزن هزاردانه T.K.W	ارتفاع بوته Plant Height	کارایی استفاده از نیتروژن N use efficiency	کارایی استفاده از آب Water use efficiency
سال Year	1	1089000000**	6149000000**	2063000000**	0.0003ns	48928269**	404.1*	530.7ns	315861.1**	28834.6*	2013.5**
خطای سال $Error_a$	6	3127000	18040000	7232000	0.0056	428804	19.3	54.2	1716.2	2665.7	25.7
زمان Time	2	5491000**	47120000**	20690000**	0.0024ns	68838ns	15.9ns	23.ns	381.4 ns	1119.1ns	27.1*
سال×زمان Year×Time	2	1853000ns	28600000ns	15910000ns	0.0280ns	57802ns	0.5ns	35.9ns	262 ns	5729.4ns	5.1ns
خطای کرت اصلی $Error_b$	12	799600	7790000	4740000	0.0094	76035	23.5	8.9	507.9	2450.6	5.1
نیتروژنNitrogen	4	23870000**	264300000**	131500000**	0.1060*	1035574**	2.4ns	64.2*	4958.5**	2794.2**	124.3**
سال×نیتروژن Year×Niterogen	4	6065000**	63670000**	33130000**	0.0073ns	75839ns	1.0ns	16.9ns	3503.6**	2107.8*	16.6*
زمان×نیتروژن Time×Niteogen	8	1715000ns	6263000ns	2346000ns	0.0075ns	97999ns	6.2ns	7.8ns	495.6 ns	1580.3*	7.9ns
سال×زمان×نیتروژن Year×Time×Nitrogen	8	2520000*	8247000ns	2903000ns	0.0176ns	65933ns	3.4ns	7.4ns	424.7 ns	2563.9**	12.7*
خطای کرت فرعی $Error_c$	72	1043000	5267000	3441000	0.0120	56404	4.9	16.8	562.8	534.6	5.8
ژنوتیپ Genotype	4	525600ns	4277000**	2074000**	0.0061ns	27779**	3.0ns	32.5**	690.7 ns	371.9ns	3.3*
سال×ژنوتیپ Year×Genotype	4	139600ns	2918000**	2056000**	0.0067ns	11315ns	0.2ns	1.6ns	351.6 ns	116.9ns	1.0ns
زمان×ژنوتیپ Time×Genotype	8	230400ns	515700ns	491400ns	0.0042ns	9270ns	1.2ns	6.9ns	473.8 ns	154.9ns	1.4ns
نیتروژن×ژنوتیپ Nitrogen×Genotype	16	237600ns	1103000*	840300ns	0.0068ns	6791ns	6.4**	5.4ns	301.4 ns	242.5ns	1.2ns
سال×زمان×ژنوتیپ Year×Time×Genotype	8	159200ns	587600ns	554600ns	0.0055ns	13693*	2.3ns	4.2ns	445.7 ns	880.8**	0.9ns
سال×نیتروژن×ژنوتیپ Year×Nitrogen×Genotype	16	291800ns	839000ns	367300ns	0.0057ns	7198ns	1.4ns	2.5ns	342.6 ns	120.6ns	1.5ns
زمان×نیتروژن×ژنوتیپ Time×Nitrogen×Genotype	32	133700ns	438100ns	312700ns	0.0074ns	4749ns	2.7ns	3.9ns	470.2 ns	81.0ns	0.8ns
سال×زمان×نیتروژن×ژنوتیپ Year×Time×Nitrogen×Genotype	32	310900ns	539600ns	385300ns	0.0092ns	5236ns	1.6ns	2.1ns	505.2 ns	245.1ns	1.9ns
خطای کل Error	360	274000	662200	565800	0.0093	6324	2.2	3.5	434.7	299.2	1.4
ضریب تغییرات (%) cv	-	17	11.1	17.7	22.4	12.4	8.9	4.6	26.5	74.1	16.7

ns، * ،** به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, * and **: non-significant, significant at the 5 and 1%

اثرات متقابل سال در میزان نیتروژن بر عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و بر کارایی استفاده از نیتروژن و آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل سال در ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک و کاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل میزان مصرف نیتروژن در ژنوتیپ بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد و اثرات متقابل سال در زمان مصرف نیتروژن در ژنوتیپ بر کارایی استفاده از نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. کمترین ضریب تغییرات با ۵ درصد به وزن هزاردانه و بیشترین آن با ۷۴ درصد به کارایی استفاده از نیتروژن تعلق داشت. به تعبیر دیگر، داده‌های کارایی استفاده از نیتروژن ۱۶ برابر پراکنده‌تر از داده‌های وزن هزاردانه می‌باشد (جدول ۳).

اثر سال بر صفات مورد بررسی

نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۴۳۳ کیلوگرم در هکتار از سال سوم زراعی با ۴۹۸ میلی‌متر بارندگی سالیانه به دست آمد که در مقایسه با سال زراعی پیشین ۲۶۹۴ کیلوگرم در هکتار (۱۵۵ درصد) افزایش ($P\leq ۰/۰۱$) داشت. همچنین بیشترین عملکردهای بیولوژیک و کاه به ترتیب به میزان ۱۰۵۴۴ و ۶۱۱۰ کیلوگرم در هکتار از سال سوم زراعی به دست آمد که نسبت به سال زراعی پیشین به ترتیب ۶۴۰۳ و ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار (۱۵۵ و ۱۲۸ درصد) افزایش ($P\leq ۰/۰۱$) داشت (جدول ۵). این نتایج نشان داد، با افزایش میزان بارندگی سال زراعی سوم به میزان ۱۹۴ میلی‌متر (۶۴ درصد)، عملکردهای دانه، بیولوژیک و کاه به طور میانگین ۱۵۵ درصد افزایش یافت. این موضوع نقش بسیار مهم میزان بارندگی را در تولید جو دیم نشان می‌دهد. اگرچه جو مقاوم به تنش‌های محیطی و به ویژه تنش آبی است اما توزیع بارندگی در فصول خاص نقش بسیار موثری در افزایش میزان تولید این محصول دارد (۵۶). اوستین و همکاران (۹) به نقش حیاتی بارندگی در تولید جو دیم تاکید دارند. آنها گزارش کردند، جو دیم ۶۰ درصد بیشتر از گندم دیم به بارش‌های فصلی به ویژه اواخر پائیز و اواخر بهار (اردیبهشت - خرداد) پاسخ می‌دهد و به شرایط تنش خشکی نیز مقاومت‌تر از گندم دیم می‌باشد. عیشی رضایی و بنایان (۲۰) نیز بر اهمیت بارش‌های آخر فصل در شمال شرق ایران برای افزایش عملکرد جو دیم تاکید کرده‌اند.

با افزایش میزان بارندگی سال زراعی تعداد سنبله در واحد سطح نیز به طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) افزایش یافت، به طوری که با افزایش ۶۴ درصدی میزان بارندگی سال زراعی، تعداد سنبله در واحد سطح ۱۶۰ درصد (۵۷۱ سنبله در متر مربع) افزایش یافت که این مقدار افزایش با افزایش ۱۵۵ درصدی عملکردهای دانه، بیولوژیک و کاه همخوانی زیادی دارد، زیرا افزایش بارندگی در سال سوم تنها توانسته است ۱۲/۵ درصد جزء تعداد دانه در سنبله را افزایش دهد و روی جزء سوم (وزن هزار دانه) اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بنابراین می‌توان استنباط نمود، فاکتور تعیین کننده در عملکرد دانه جو دیم، جزء تعداد سنبله در واحد سطح بوده است. ستوتاو و همکاران (۵۷) با استفاده از تجزیه مسیر گزارش کردند، تعداد سنبله در واحد سطح از بین سه جزء عملکرد دانه، بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه جو دیم در اتیوپی داشت. نتیجه مشابهی را دنیز و همکاران (۱۷) از ترکیه گزارش کرده‌اند. البته در شرایط آزمایش حاضر، وابستگی عملکرد دانه به جزء تعداد سنبله در واحد سطح در گندم دیم نیز گزارش شده است (۲۴). برخی اصلی‌ترین دلیل این موضوع را افزایش میزان ماده خشک گیاهی، میزان کلروفیل و سطح فتوسنتز و تعرق کننده جو دیم در اثر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح می‌دانند (۵۱).

ارتفاع بوته در سال زراعی سوم به میزان ۵۶ سانتی‌متر نسبت به سال زراعی دوم افزایش ($P\leq ۰/۰۱$) یافت (جدول ۵). افزایش ارتفاع بوته نیز عاملی در جهت افزایش درصد پوشش سبز و اندام‌های فتوسنتز کننده می‌باشد که در صورت تامین آب کافی می‌تواند در تولید عملکرد دانه موثر واقع شود (۳۸). پژوهشگران دیگری نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه جو را در شرایط تنش آبی گزارش کرده‌اند (۵۰ و ۶۴) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در حالی که در تنش‌های رطوبتی خیلی شدید مانند خشکسالی ۹۳-۱۳۹۲ در خراسان جنوبی بین ارتفاع بوته جو دیم با عملکرد دانه آن همبستگی منفی مشاهده شد (۳۷).

بیشترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن با ۲۱/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم مربوط به سال سوم زراعی بود که در مقایسه با سال دوم ۱۳۶ درصد (۱۲/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) افزایش ($P\leq ۰/۰۵$) داشت. به تعبیر دیگر، به طور متوسط با افزایش هر میلی‌متر بارندگی در سال سوم، کارایی استفاده از نیتروژن به میزان ۰/۰۶کیلوگرم بر کیلوگرم بهبود یافته و این امر نیز موجب افزایش عملکرد دانه جو دیم شده است (جدول ۵). سدراس و مک دونالد (۵۴) با بررسی کارایی استفاده از آب باران در غلات دانه ریز در استرالیا به این نتیجه رسیدند که بین میزان بارندگی و مصرف نیتروژن اثرات متقابل وجود دارد و با افزایش آب قابل استفاده در خاک اولا کارایی استفاده از نیتروژن افزایش می‌یابد و ثانیا مقدار نیتروژن مورد نیاز برای تولید اقتصادی غلات به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. با استفاده از این اثرات متقابل در اسپانیا توانستند کارایی استفاده از نیتروژن و عملکرد دانه را برای سه رقم جو در شرایط تنش آبی بهبود بخشند (۱۴).

متوسط کارایی استفاده از آب باران برای سال اول، دوم و سوم

زراعی به ترتیب ۵/۹،۲/۶ و ۸/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر بود. مطابق این نتایج، به طور متوسط با افزایش هر میلی‌متر بارندگی در سال سوم زراعی نسبت به سال دوم، میزان عملکرد دانه ۳/۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۵). از سوی دیگر، با افزایش میزان بارندگی (سه سال) کارایی استفاده از آب به صورت خطی کاهش یافت. مطابق این نتیجه، با افزایش هر ۱۰ میلی‌متر بارندگی، کارایی استفاده از آب برای جو دیم به میزان ۰/۲۷ کیلوگرم در هکتار کاهش پیدا کرد (شکل a۲). فنشولت و همکاران (۲۸) با بررسی ۲۸ ساله داده‌های زمینی مربوط به سواحل آفریقا با تصاویر ماهواره‌ای،گزارش کردند که با افزایش میزان بارندگی سالیانه در دامنه ۷۵۰–۲۰۰ میلی‌متر، کارایی استفاده از آب باران در شرایط دیم به صورت خطی کاهش می‌یابد. پژوهشگران دیگری نیز وابستگی کارایی استفاده از آب باران را به میزان بارندگی سالیانه و وجود رابطه منفی بین آنها را در اندازه‌گیری‌های زمینی تائید نموده‌اند (۳۳ و ۳۴) که با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

اثر زمان مصرف نیتروژن بر صفات مورد بررسی

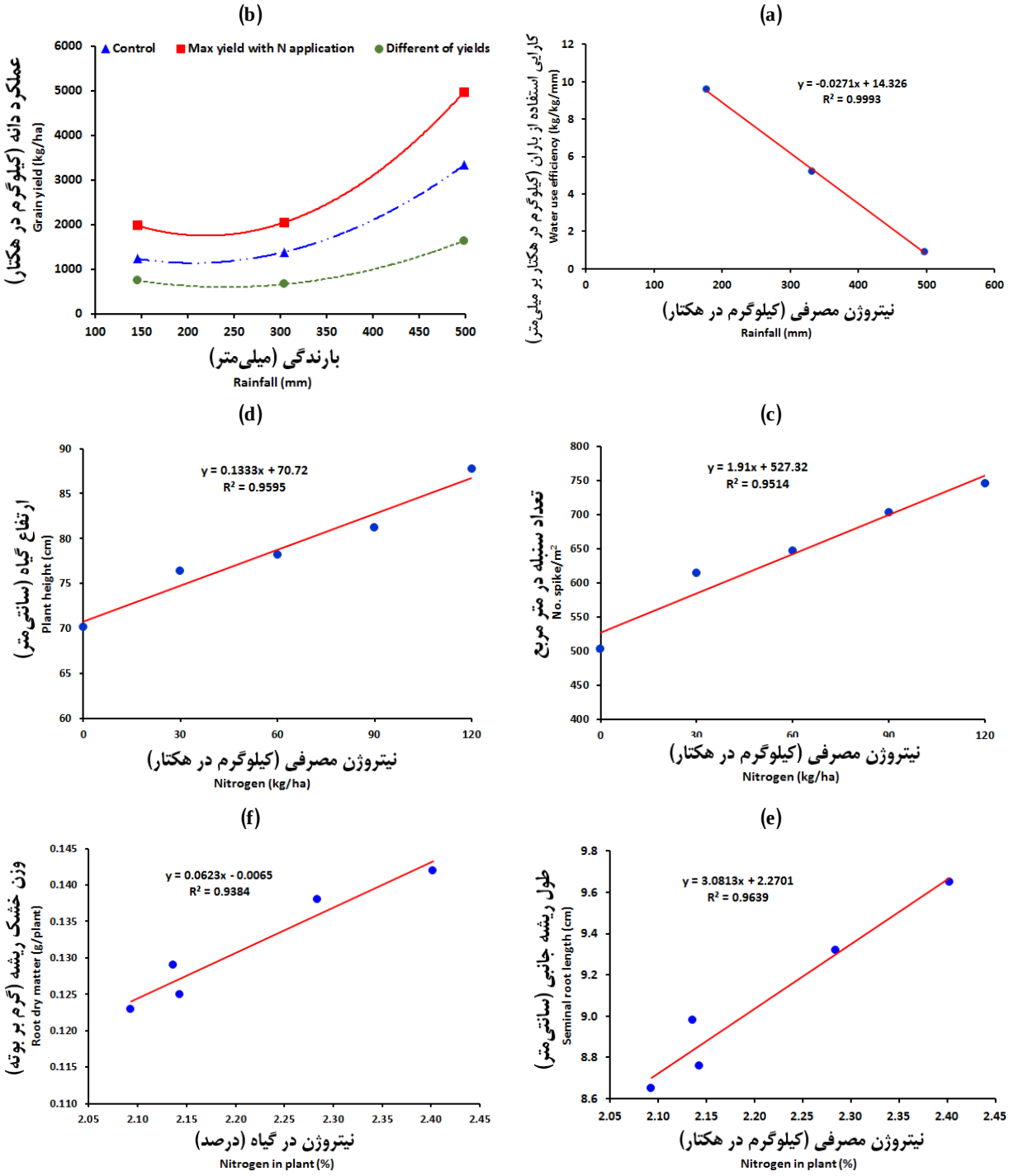
نتایج میانگین داده‌ها نشان داد، مصرف تقسیطی نیتروژن به صورت $\frac{۱}{۲}$ در پائیز همزمان با کاشت و $\frac{۱}{۲}$ دیگر در بهار بیشترین عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه را تولید نمود. هر دو روش تقسیطی مصرف نیتروژن ($\frac{۱}{۲}$ در پائیز و $\frac{۱}{۲}$ دیگر در بهار و $\frac{۲}{۳}$ در پائیز و $\frac{۱}{۳}$ در بهار) در تولید عملکرد دانه از لحاظ آماری در کلاس برتر (a) قرار گرفتند اما مصرف پائیزی کمترین عملکردهای یاد شده را تولید نمود و در کلاس پائین‌تری قرار گرفت. مصرف تقسیطی نیتروژن عملکردهای دانه، بیولوژیک و کاه را به طور متوسط به ترتیب ۲۵۸، ۷۹۶ و ۵۳۸ کیلوم در هکتار در مقایسه با مصرف پائیزی افزایش داد. مطابق این نتایج زمان مصرف نیتروژن به استثنای کارایی استفاده از آبر سایر صفات مورد مطالعه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود اما تا حدودی تعداد سنبله در واحد سطح بیشتری (به طور متوسط ۳۲ سنبله) در مصرف تقسیطی در مقایسه با مصرف پائیزی تولید شد (جدول ۵). بیشترین کارایی استفاده از آب به میزان ۷/۴ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر از مصرف تقسیطی $\frac{۱}{۲}$ نیتروژن در پائیز همزمان با کاشت و $\frac{۱}{۲}$ دیگر در بهار به دست آمد. اگرچه تیمار تقسیطی دیگر ($\frac{۲}{۳}$ در پائیز و $\frac{۱}{۳}$ در بهار) دارای کارایی استفاده از آب بیشتری در مقایسه با مصرف پائیزی بود اما هر دوی این تیمار در کلاس مشابه آماری (b) قرار گرفتند. اگرچه بین تیمارهای مورد بررسی از لحاظ کارایی استفاده از نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما بیشترین این صفت به میزان ۱۷/۰ کیلوگرم بر کیلوگرم از مصرف تقسیطی $\frac{۱}{۲}$ نیتروژن در پائیز و $\frac{۱}{۲}$ دیگر در بهار به دست آمد (جدول ۵). علی (۴) معتقد است مصرف تقسیطی نیتروژن برای جو از طریق کاهش تلفات آن، باعث افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌دهد. از سوی دیگر، مهیا بودن شرایط انحلال و انتقال نیتروژن به طرف ریشه گیاه از اولویت‌های اصلی در تعیین زمان مصرف کودهای نیتروژنی در شرایط دیم به شمار می‌آید و بر این اساس نتایج پاسخ گیاه به کاربرد پاییزی و یا تقسیطی کودهای نیتروژنی اغلب به شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارد و با افزایش میزان بارندگی‌ها به ویژه بارندگی‌های بهاری، امکان پاسخ غلات دیم به مصرف تقسیطی نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (۲۱)، لذا در پژوهش حاضر به دلیل افزایش چشمگیر میزان بارندگی سال زراعی سوم (۸۹–۸۸) جزء تعداد سنبله در واحد سطح از اجزای عملکرد (جدول ۵) و همچنین پاسخ جو دیم به مصرف نیتروژن افزایش یافته است (شکل b۲) و اثر سال زراعی یاد شده بر میانگین داده‌ها موثر بوده است. بورد (۱۲) نیز معتقد است با وجود آب در مناطق نیمه خشک، جو به مصرف نیتروژن پاسخ می‌دهد و بهترین زمان مصرف نیتروژن برای جو پائیزی در چنین شرایطی تقسیط آن در پائیز و بهار می‌باشد. جونز و همکاران (۳۶) مناسب‌ترین زمان مصرف نیتروژن را برای جو دیم در مونتانای آمریکا، اواخر پائیز تا اوایل بهار توصیه نمودند. آنها مصرف نیتروژن را در اوایل پائیز به دلیل رخداد بارندگی‌های زیاد در اوایل پائیز در این منطقه و احتمال شستشوی نیتروژن از محدوده ریشه و همچنین توقف نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌ها مناسب نمی‌دانند. مک‌وی و همکاران (۴۵) نیز مصرف نیتروژن را برای جو دیم در مونتانا به دلیل افزایش تبخیر آب از سطح خاک و یا افزایش بیش از حد پروتئین دانه جو (مالت) در اواخر بهار تا تابستان توصیه نمی‌کنند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج گزارش سایرین در خصوص مصرف تقسیطی کودهای نیتروژنی برای جو دیم در پائیز و اوایل بهار کاملا مطابقت دارد .این در حالی است که فیضی اصل و همکاران (۲۵) برای گندم دیم توصیه کاملا متفاوت با نتیجه پژوهش حاضر (جو دیم) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) گزارش کرده‌اند.

اثر میزان مصرف نیتروژن بر صفات مورد بررسی

مصرف نیتروژن عملکردهای دانه، بیولوژیک و کاه را افزایش ($P\leq ۰/۰۱$) داد. با افزایش نیتروژن تا آخرین سطح مصرف آن، عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه نیز افزایش یافت اما عملکرد دانه سه سطح آخر مصرف نیتروژن از لحاظ آماری در کلاس برتر a قرار گرفتند و این تیمارها با سطح اول مصرف نیتروژن (۳۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) داشتند. دو سطح

آخر مصرف نیتروژن در عملکردهای بیولوژیک و کاه در کلاس برتر aقرار گرفتند و تیمارهای بعدی هرکدام در کلاس‌های متفاوتی قرار داشتند. مطابق این نتایج، مصرف نیتروژن به طور متوسط ۹۰۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، ۲۸۰۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک و ۱۹۰۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد کاه را بهبود بخشید. کاربرد نیتروژن بر خلاف عملکردهای دانه، بیولوژیک و کاه باعث کاهش ($P\leq ۰/۰۵$) شاخص برداشت و وزن هزاردانه شد. به تعبیر دیگر، از هر واحد مواد فتوسنتزی موجود در زیست توده در تیمارهای نیتروژنی به طور متوسط ۰/۴۲ آن (۴۲ درصد) به بخش اقتصادی گیاه (دانه) انتقال یافته است. در حالی که این انتقال در تیمار بدون مصرف نیتروژن ۰/۴۷ (۴۷ درصد) بود (جدول ۵). بنابراین با افزایش مصرف نیتروژن سهم مواد فتوسنتزی انتقال یافته به سنبله به طور معنی‌دار کاهش و بر عکس سهم مواد انتقال یافته به بخش غیراقتصادی گیاه (اندام‌های رویشی) افزایش یافت که در شرایط تنش‌های رطوبتی شدید این موضوع به نفع تولید بهینه نخواهد بود. در نتیجه مصرف نیتروژن تا حدی که به تولید بخش اقتصادی جو دیم (دانه) آسیب وارد ننماید، از اهداف اصلی بهبود تولید این محصول بشمار می‌آید. سایرین نیز بر این باورند که مصرف نیتروژن باعث کاهش شاخص برداشت در غلات دیم شده و شرایط تنش خشکی این موضوع را تشدید می‌کند (۷ و ۱۸).

مصرف نیتروژن، تعداد سنبله در واحد سطح (به طور متوسط ۱۷۵ سنبله در واحد سطح) و ارتفاع بوته (به طور متوسط ۱۱ سانتی‌متر) را به صورت خطی و معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) افزایش داد (شکل c۲ و e). شاید بتوان گفت علت اصلی پاسخ جو دیم به مصرف نیتروژن، افزایش منطقی سطح فتوسنتزکننده آن از طریق افزایش ارتفاع بوته و تعداد سنبله در واحد سطح بوده است که از این طریق یکی از موثرترین اجزای عملکرد (تعداد سنبله در واحد سطح) نیز تقویت شده و به نفع افزایش عملکرد دانه تغییر یافته است. فاتیما و فاریهان (۲۲) بیان داشتند، مصرف نیتروژن در زمان کاشت تا پنجه‌زدنی جو در مناطق خشک، اثر منفی و معنی‌داری بر وزن هزار دانه دارد و از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد. چنین نتیجه‌ای در شرایط آزمایش حاضر برای گندم دیم نیز گزارش شده است (۲۵) که کاملا با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. مطالعه روابط بین میزان بارندگی سال زراعی با عملکرد دانه در شرایط مصرف و عدم مصرف نیتروژن نشان داد، در بارندگی‌های بین ۱۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر، مصرف نیتروژن توانسته است عملکرد دانه جو دیم را حداکثر ۵۰۰ الی ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد، این در حالی است که در بارندگی‌های بین ۳۰۰ الی ۵۰۰ میلی‌متر حداکثر افزایش عملکرد با مصرف نیتروژن ۸۰۰ الی ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. به تعبیر دیگر، با افزایش میزان بارندگی سال زراعی، اثرات کاربرد نیتروژن در افزایش عملکرد دانه جو دیم ۱/۶ الی ۲/۱ برابر شده است. از سوی دیگر، تفاوت متوسط منحنی عملکرد با مصرف و بدون مصرف نیتروژن، ۱۰۱۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که این توان افزایش عملکرد دانه جو دیم را در مصرف کود نیتروژنی مشخص می‌نماید. در حالی که بدون مصرف نیتروژن، افزایش بارندگی سال زراعی توانسته است ۲۱۰۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه جو دیم را بهبود بخشد. با مقایسه این ارقام مشخص می‌شود، حداکثر اثر بارندگی در افزایش عملکرد دانه جو دیم۲/۱ برابر مصرف نیتروژن است (شکل b۲). مک‌کنزی و جکسون (۴۳) با مطالعه اثرات متقابل بارندگی و کودهای نیتروژنی روی جو در دشت‌های نیمه خشک کانادا گزارش کردند، پاسخ جو به کودهای نیتروژنی به شدت به میزان بارندگی بستگی دارد. به نحوی که امکان تولید عملکرد دانه جو با مصرف نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی بالا، متوسط و بدون تنش به ترتیب ۳۲۰۰، ۴۶۰۰ و ۵۹۰۰ کیلوگرم در هکتارمی‌باشد. سایرین نیز اثرات متقابل بارندگی و مدیریت کودهای نیتروژنی را در تولید گندم و جو دیم در مناطق مختلف مورد تائید قرار داده‌اند (۵۲ و ۶۳). بر این اساس برخی مقادیر نیتروژن مورد نیاز جو دیم را بر اساس میزان بارندگی و رطوبت موجود در خاک توصیه کرده‌اند (۴۸). البته پژوهشگران زیادی بارندگی و تامین رطوبت کافی را اولین و نیتروژن را دومین عامل محدود کننده تولید غلات دیم در شرایط خشک و نیمه خشک معرفی کرده‌اند (۵۸ و ۶۰). فیضی اصل (۲۷) با بررسی اثرات متقابل کود نیتروژنی (^{15}N) و آب در تولید گندم دیم گزارش کرد، اثر آب در این خصوص ۲/۳ برابر بیشتر از نیتروژن است که این عدد با عدد به دست آمده برای جو دیم در پژوهش حاضر (۲/۱) مطابقت دارد. ذکر این نکته ضروری است که در این میان نقش ریشه را در تاثیرپذیری از آب و نیتروژن نمی‌توان نادیده گرفت، زیرا اغلب صفات موثر بر افزایش عملکرد جو (تعداد سنبله در واحد سطح و ارتفاع بوته به عنوان سطح سبز و فتوسنتز کننده) به ویژه در شرایط دیم با بهبود وضعیت ریشه‌ای گیاه و جذب آب و عناصر غذایی امکان پذیر است. این موضوع در پژوهش حاضر نیز مورد تائید بوده است، زیرا که مصرف نیتروژن توانسته است طول ($P\leq ۰/۰۱$) و وزن ($P\leq ۰/۰۵$) ریشه‌های جانبی را در جو دیم در مرحله پنجه‌زنی افزایش دهد (شکل e۲ و f). فیضی اصل و همکاران (۲۵) وزن و تعداد ریشه‌ها را در مرحله پنجه‌زنی گندم دیم در شرایط آزمایش حاضر به عنوان صفات مقاومت به خشکی و تولید عملکردهای مطلوب مطرح نمودند که تحت تاثیر نوع گیاه، مدیریت‌های مختلف زراعی از جمله مصرف کودهای نیتروژن، شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد.



شکل ۲- رابطه بین میزان بارندگی با کارایی استفاده از آب باران (a)، بارندگی با عملکرد دانه در شرایط مصرف و عدم مصرف نیتروژن (b)، نیتروژن با تعداد سنبله در واحد سطح (c)، نیتروژن با ارتفاع بوته (d)، غلظت نیتروژن در گیاه با طول ریشه‌های جانبی (e) و غلظت نیتروژن در گیاه با وزن خشک ریشه در مرحله پنجه‌زنی (f) جو دیم.

Figure 2- The relationship between rainfall and water use efficiency (a), rainfall and grain yield in nitrogen application and no application conditions (b), nitrogen and number of spike per m^2 (c), nitrogen and plant height (d) , nitrogen concentration in plant and length of lateral roots (e) and nitrogen concentration in plant and dry matter of root in tillering stage (f) in dryland barley

رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه جو نشان داد، این رابطه از نوع درجه دوم بوده و بیشترین میزان عملکرد با ۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار از ۹۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مطابق این رابطه مصرف هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دامنه‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه را به ترتیب به طور متوسط ۱۹/۵، ۱۵/۲، ۱۰/۸، ۶/۴ و ۲/۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به ۲۰ کیلوگرم در هکتار پیشین افزایش و در دامنه ۱۲۰-۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۲/۳ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (شکل a۳)، زیرا که کاربرد سطوح بالای نیتروژن به دلیل ایجاد شرایط تنش آبی شدید، زیان‌آور شناخته شده است و این اثرات با نوع محصول، فصل رشد و نوع کود تغییر می‌کند (۸). نیاز نیتروژنی جو دیم برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه در شرایط آزمایش و مناطق مشابه ۴۳ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید (شکل a۳) که مناسب‌ترین زمان مصرف آن با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر تقسیطی است (جدول ۵). از سوی دیگر با در نظر گرفتن خطرپذیری مصرف بالای کودهای نیتروژنی به صورت سرک در شرایط خشکسالی، عدم تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار تقسیطی در تولید دانهو همچنین تاکید بر مصرف حدود ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پائیز همزمان با کاشت برای تولید پوشش سبز مناسب و انجام فتوسنتز در جو دیم (۳۲)، توصیه می‌شود ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۶۵ کیلوگرم اوره در هکتار) همزمان با کاشت به صورت جایگذاری (۵ الی ۹ سانتی‌متر در بذر) و حدود ۱۳ کیلوگرم در هکتار (۲۸ کیلوگرم اوره در هکتار) به صورت سرک در اوایل بهار همزمان با بارندگی‌های این فصل مصرف شود. مطابق این نتایج نیاز نیتروژنی جو دیم در هر دو شرایط خشکسالی (شکل a۱) و سال‌های نرمال و ترسالی (شکل a۳)، تقریبا نزدیک به هم تعیین گردید اما باید توجه نمود که این مقدار در شرایط مختلف اقلیمی برای دستیابی به عملکردهای متفاوت می‌باشد. بورد (۱۲) معتقد است با وجود بارندگی در مناطق نیمه خشک، جو به مصرف نیتروژن پاسخ می‌دهد و مصرف آن تا ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه و کیفیت دانه را بهبود می‌بخشد ولی مقادیر بیش از آن منجر به افت کمی و کیفی عملکرد می‌شود. سانیجیو و همکاران (۵۵) در مونتانای آمریکا کودپذیری جو دیم را تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت درجه دوم مطرح نمودند. پژوهشگران دیگری نیز افزایش عملکرد جو دیم را با افزایش مصرف نیتروژن در شرایط تامین آب مورد نیاز این گیاه از طریق بارندگی گزارش کرده‌اند (۱ و ۳۰). نتایج پژوهش حاضر در خصوص کودپذیری جو دیم حداکثر تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با نتایج سایرین مطابقت دارد. در خصوص حد بهینه مصرف نیتروژن برای جو دیم طلیعی (۶۱) مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را در دیمزارهایی با مقدار نیتروژن کل و کربن آلی به ترتیب کمتر از ۰/۱۲ و ۱/۱۲ درصد برای جو دیم توصیه کرده است. فاتیما و فاریهان (۲۲) مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را در زمان کاشت تا پنجه‌زدنی جو دیم در مناطق خشک کافی تشخیص داده‌اند. مک‌کنزی و همکاران (۴۲) نیاز نیتروژنی جو دیم را در کانادا بر اساس عملکرد دانه بیان داشتند. آنها حدود ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را برای تولید هر تن دانه جو مناسب تشخیص دادند. هالورسون و رئول (۳۱) ۶۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را برای تولید حداکثر عملکرد دانه جو دیم در آمریکا توصیه کردند. شاید بتوان گفت عمده‌ترین دلایل تفاوت در نیاز نیتروژنی جو دیم در مناطق مختلف، تفاوت در ارقام و میزان پتانسیل آنها، شرایط اقلیمی منطقه (میزان بارندگی و توزیع آنو دما)، نوع خاک، خصوصیات ریشه و کارایی استفاده از آب می‌باشد.

بین مقدار نیتروژن مصرفی با کارایی استفاده از نیتروژن رابطه خطی کاهشی ($P\leq$۰/۰۱) وجود داشت. تغییرات میزان نیتروژن مصرفی توانست ۹۹ درصد از تغییرات کارایی استفاده از نیتروژن را توجیه نماید. متوسط کارایی استفاده از نیتروژن در دامنه‌های مصرف ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰، ۱۰۰-۸۰ و ۱۲۰-۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب۲۲/۰، ۱۹/۵، ۱۷/۰، ۱۴/۶، ۱۲/۱ و ۹/۶ کیلوگرم (دانه) بر کیلوگرم (نیتروژن) بود که سیر نزولی این صفت را با افزایش مصرف نیتروژن نشان می‌دهد. مطابق این نتایج با افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی استفاده از نیتروژن ۰/۱۲۴ کیلوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت. کارایی استفاده از نیتروژن در نیاز نیتروژنی تعیین شده برای جو دیم (۴۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) ۱۷/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم می‌باشد. به تعبیر دیگر، با مصرف هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره ۱۷/۹ کیلوگرم دانه جو دیم تولید می‌شود (شکل b۳). سانیجیو و همکاران (۵۵) مشاهده کردند، با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی استفاده از نیتروژن سیر نزولی داشت. آنها علت این موضوع را کارایی پائین جو در جذب نیتروژن در مقادیر بالای مصرف این عنصر و همچنین استفاده بیشتر جو از نیتروژن معدنی شده از ماده آلی در مقادیر پائین مصرف نیتروژن عنوان نمودند. محدوده کارایی استفاده از نیتروژن برای جو در منطقه مدیترانه‌ای ۱۰ تا ۸۱ کیلوگرم بر کیلوگرم بیان شده است(۵). سایرین نیز گزارش کرده‌اند بین میزان نیتروژن مصرفی با کارایی زراعی استفاده از نیتروژن رابطه کاهشی وجود دارد که در برخی موارد این رابطه کاهشی به صورت خطی و یا نمایی بوده است (۱۱ و ۵۵). فیضی اصل (۲۳) کارایی زراعی استفاده از نیتروژن را برای گندم دیم در نیاز نیتروژنی آن ۲۶/۰ کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش نمود. این نشان می‌دهد میزان تولید گندم دیم در نیاز نیتروژنی این محصول با مصرف هر کیلوگرم نیتروژن ۴۲ درصد بیشتر از جو دیم در شرایط مشابه است و شاید این موضوع دلیل اصلی تمایل کشاورزان

منطقه به کشت بیشتر گندم دیم در مقایسه با جو دیم بوده است.

جدول۵- میانگین اثر سال، زمان و میزان مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد جو دیم

Table 5- Mean effect of year, nitrogen application time, nitrogen and genotype on yield and yield components of dryland barley

Treatment	تیمار	عملکرد دانه Gain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest Index	تعداد سنبله در واحد سطح No. spike/m²	تعداد دانه در سنبله No. seed/spike	وزن هزار دانه T.K.W (g)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	کارایی استفاده از نیتروژن N use efficiency (kg/kg)	کارایی استفاده از آب Water use efficiency (kg/ha.mm)
		(kg/ha)									
سال Year	2008-2009	1739b	4141b	2402b	0.431a	356.4b	16.0b	42.0a	55.8b	9.2b	5.2b
	2009-2010	4433a	10544a	6110a	0.430a	927.5a	18.0a	39.3a	101.7a	21.7a	8.9a
	LSD5%	353.3	848.6	537.3	0.015	130.8	2.2	3.7	8.3	11.5	1.0
زمان Time	1/2Fall+1/2Spring	3245a	7765a	4520a	0.428a	652.9a	17.1a	41.1a	78.1a	17.0a	7.4a
	2/3Fall+1/3Spring	3099ab	7450a	4351ab	0.428a	652.4a	17.0a	40.9a	80.3a	12.6a	7.1ab
	Fall	2914b	6812b	3898b	0.434a	620.5a	16.4a	40.1a	77.8a	12.2a	6.7b
	LSD5%	194.8	608.1	474.3	0.021	60.1	1.9	1.2	4.9	12.1	0.5
نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	0	2361c	5095d	2735d	0.468a	502.2d	16.5a	42.0a	70.1c	-	5.4c
	30	2958b	6683c	3725c	0.453ab	614.3c	16.7a	41.1ab	76.4b	19.9a	6.7b
	60	3291a	7748b	4457b	0.427bc	646.2bc	16.9a	40.9ab	78.2b	15.5ab	7.5a
	90	3403a	8459a	5056a	0.408cd	702.1ab	16.9a	39.7b	81.2b	11.6bc	7.9a
	120	3419a	8726a	5308a	0.397d	744.8ab	17.0a	39.6b	87.7a	8.8c	7.9a
	LSD5%	262.8	590.6	477.4	0.028	61.1	0.8	1.5	6.1	6.0	0.6
ژنوتیپ Genotype	Abidar	3166a	7652a	4486a	0.427a	648.6ab	16.5a	40.1bc	77.3a	13.6a	7.3a
	Alph	3018a	7176b	4159b	0.424a	628.5bc	17.0a	40.8b	81.7a	16.3a	6.9b
	B-C-74-2	3087a	7313b	4226b	0.427a	625.0c	17.1a	41.9a	80.8a	14.0a	7.1ab
	Dayton	3024a	7209b	4185b	0.432a	645.6abc	16.7a	40.5bc	76.0a	11.0a	6.9b
	Sahand	3136a	7361b	4225b	0.442a	662.0a	16.8a	40.0c	77.8a	14.9a	7.2ab
	LSD5%	132.9	206.6	191	0.024	20.2	0.5	0.7	5.3	4.9	0.3

جدول۶- میانگین اثر میزان مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد جو دیم در سال اول (۲۰۰۸-۲۰۰۷)

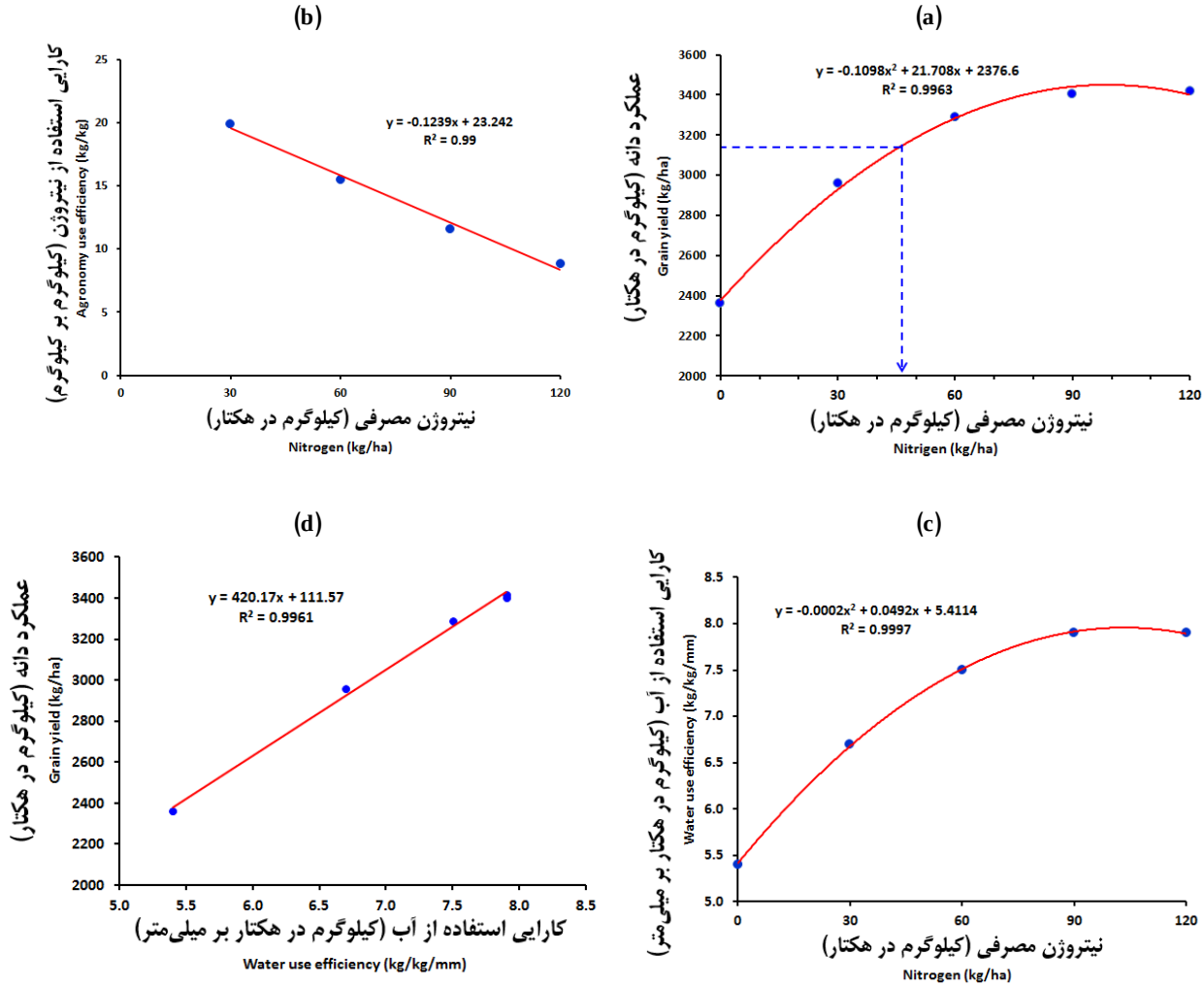
Table 4- Mean effect of, nitrogen rates on yield and yield components of dryland barley in first year (2007-2008)

نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	عملکرد دانه Gain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest Index	تعداد سنبله در واحد سطح No. spike/m²	تعداد دانه در سنبله No. seed/spike	وزن هزار دانه T.K.W (g)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	کارایی استفاده از نیتروژن N use efficiency (kg/kg)	کارایی استفاده از آب Water use efficiency (kg/ha.mm)
	(kg/ha)									
0	1233c	2672c	1439c	0.461a	229.8e	17.7bc	39.4a	52.1c	-	7.0a
20	1646b	3813b	2167b	0.457a	322.1d	17.3c	39.0a	55.3bc	20.9a	9.3a
40	1741ab	4192ab	2551ab	0.420ab	403.7bc	18.6ab	38.6a	57.1ab	10.6b	9.3a
60	1866ab	4525ab	2659ab	0.417ab	376.8c	19.2a	40.0a	58.9a	10.3b	10.5a
80	1977a	4834ca	2857a	0.409ab	448.0a	17.8bc	39.2a	57.4ab	9.4b	11.2a
120	1713ab	4579a	2866a	0.376b	427.6ab	19.1a	39.5a	54.7bc	3.2b	9.7a
LSD5%	1788.6	4388.6	2620.0	0.059	40.9	1.0	1.7	3.1	9.6	3.2

مصرف نیتروژن به صورت معنی‌دار (P≤۰/۰۵) توانست کارایی استفاده از باران را افزایش دهد اما سه سطح آخر آن در کلاس برتر (a) قرار گرفتند (جدول ۵). میانگین کارایی استفاده از باران برای تیمارهای شاهد، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۵/۴، ۶/۷، ۷/۵، ۷/۹ و ۷/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر بود. متوسط کارایی استفاده از آب باران برای تیمارهای نیتروژنی ۷/۵ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر بود که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۴ الی ۴۶ درصد (به طور متوسط ۳۹ درصد) افزایش داشت. رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با کارایی استفاده از آب باران نیز از مدل رگرسیونی درجه دوم تبعیت نمود و تغییرات نیتروژن مصرفی توانست ۹۹ درصد از تغییرات کارایی استفاده از آب باران را توجیه نماید (شکل ۳c). این در حالی است که رابطه بین کارایی استفاده از آب باران با عملکرد دانه به صورت خطی افزایشی بود و تغییرات کارایی استفاده از آب باران توانست بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید. مطابق این رابطه افزایش یک واحد از کارایی استفاده از آب باران، عملکرد دانه را به میزان ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد (شکل ۳d). سدراس و همکاران (۵۳) کمبود نیتروژن را در مناطق خشک و نیمه خشک باعث کاهش معنی‌دار کارایی استفاده از آب در غلات دیم مطرح نمودند. نتایج پژوهش‌های آنها نشان داد، مصرف نیتروژن در حد کفایت برای چهار محصول جو، گندم، یولاف و چمن کارایی استفاده از آب را در مقایسه با خاک‌های دارای کمبود نیتروژن تا ۵۰ درصد افزایش داد. این مقدار بسیار نزدیک به اثر مثبت مصرف نیتروژن بر کارایی استفاده از آب باران در پژوهش حاضر (۴۶ درصد) می‌باشد (شکل ۳c). میران زاده و همکاران (۴۶) با بررسی ارقام مختلف گندم دیم گزارش کردند، رابطه بین کارایی استفاده از آب و عملکرد گندم دیم در سال‌های مختلف خطی بود. این در حالی است که رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با کارایی استفاده از آب به صورت درجه دوم بوده و حداکثر مقدار این کارایی برای جو، گندم و ذرت در آزمایشات بلند مدت، ۸/۷الی ۹/۵ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر در شرایط دیم گزارش شده است (۳۰). مقایسه این ارقام با حداکثر مقدار کارایی مصرف آب به دست آمده در پژوهش حاضر (۷/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) اندکی کمتر از دامنه مطرح شده توسط سایرین می‌باشد و این نیز می‌تواند به دلیل وجود اختلافات در ارقام مورد استفاده، عمق ریشه‌دوانی آنها، مرحله رشد و خصوصیات فیزیکی، شیمیای و بیولوژیک خاک مورد مطالعه با پژوهش‌های حاضر باشد (۶۲).

اثر ژنوتیپ بر صفات مورد بررسی

مقایسه میانگین برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد، از لحاظ عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما رقم آبیدر بیشترین عملکرد دانه (۳۱۶۶ کیلوگرم در هکتار) را در بین پنج ژنوتیپ مورد بررسی تولید نمود. رقم آبیدر بیشترین کارایی استفاده از آب (۷/۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) را نیز به خود اختصاص دادکه تنها با رقم سهند تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۵) نداشت (جدول ۵). در صفات عملکرد بیولوژیک و کاه بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۱) مشاهده نشد. بیشترین عملکرد بیولوژیک به میزان ۷۶۵۲ کیلوگرم در هکتار از رقم آبیدر به دست آمد که با تمامی ژنوتیپ‌های دیگر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۱) داشت. چهار ژنوتیپ دیگر از لحاظ عملکرد بیولوژیک در کلاس مشابهی بعد از رقم آبیدر قرار گرفتند، این وضعیت دقیقاً در خصوص صفت عملکرد کاه نیز بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح از رقم سهند (۶۶۲) و سپس آبیدر (۶۴۹) به دست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین این دو ژنوتیپ وجود نداشت. این نتایج نشان داد، اگرچه دو جزء دیگر عملکرد (تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه) در سایر ژنوتیپ‌ها وضعیت مطلوب‌تری در مقایسه با ارقام آبیدر و سهند داشتند اما نتوانستند عملکرد دانه آنها را در حد این دو رقم ارتقاء بخشند (جدول ۵).



شکل ۳- رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه (a)، نیتروژن با کارایی استفاده از نیتروژن (b)، نیتروژن با کارایی استفاده از آب (c) و کارایی استفاده از آب با عملکرد دانه (d)

Figure 3- Relationship between nitrogen application and grain yield (a), nitrogen use efficiency (b) and water use efficiency (c) and water use efficiency grain yield (d)

منابع

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

2- Ahmed M., Aslam M.A., Ul-Hassan F., Asif M., and Hayat R. 2014. Use of APSIM to model nitrogen use efficiency of rain-fed wheat. International Journal of Agriculture and Biology, 16(3): 461-470.

3- Ali Ehyaei M., and Behbahani Zadeh A.A. 1993. Study of soil chemical analysis. Technical Soil and Water Research Institute, 893. (in Persian).

4- Ali E.A. 2011. Impact of nitrogen application time on grain and protein yields as well as nitrogen use efficiency of some two-row barley cultivars in sandy soil. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 10: 425-433.

5- Angás P., Lampurlanés J., and Cantero-Martínez C. 2006. Tillage and N fertilization effects on N dynamics and barley yield under semiarid Mediterranean conditions. Soil and Tillage Research, 87: 59–71.

6- Angus J.F., and Moncur M.W. 1985. Models of growth and development of wheat in relation to plant nitrogen. Australian Journal of Agricultural Research, 36: 537-544.

7- Arregui L.M. and Quemada M. 2008. Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under

rain fed conditions. Agronomy Journal, 100: 277-284.
8- Asfary F., and Charanek A. 1997. Nitrogen fertilizer – use efficiency. Studies by Syrian atomic energy commission using N–labelled fertilizers. p. 64-70. In: J. Ryan (ed.). Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area. ICARDA, Aleppo, Syria.
9- Austin R.B., Cantero-Martínez C., Arrúe Ugarte J.L., Playán Jubillar E., and Cano-Marcellán P. 1998. Yield–rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain. European Journal of Agronomy, 8(3-4): 239–248.
10- Ayadi S., Karmous C., Hammami Z., Trifa Y., and Rezgui S. 2014. Variation of durum wheat yield and nitrogen use efficiency under Mediterranean rainfed environment. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7 (10): 693-699.
11- Aynehband A., Asadi S., and RahnamaA. 2014. Nitrogen use efficiency assessment under Intra- and inter-specific competitions stress. Journal of Plant Physiology and Breeding, 4(2): 9-21.
12- Board NIIR. 2006. Wheat, rice, corn, oat, barley and sorghum processing handbook (Cereal Food Technology). Asia Pacific Business Press Inc, 464 pp.
13- Cantero-Martínez C., Angás P., and Lampurlanés J. 2003. Growth, yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare*, L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain. Field Crops Research, 84: 342-357.
14- Cossani C.M., Slaferand G.A.,and Savin R. 2012. Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. Field Crops Research, 128: 109–118.
15- de Ruiter J.M., and Brooking I.R. 1994. Nitrogen and dry matter partitioning of barley grown in a dryland environment. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**,** 22: 45-55.
16- de Ruiter J.M., Brooking I.R., Haslemore R.M., and Carran R.A. 1988. A survey of the variability in yield and quality of malting barley in the Rangitikei region. Proceedings of the AgronomySociety New Zealand, 18: 11-21.
17- Deniz B., Kavurmaci Z., and Topal M. 2009. Determination of ontogenetic selection criteria for grain yield in spring barley (*Hordeum vulgare*) by path-coefficient analysis. African Journal of Biotechnology, 8: 2616-2622.
18- Ercoli L., LulliL., Mariotti M., Masoni A., and Arduini I. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy, 28, 138–147.
19- Eskandar I., and Mahmoodi H. 2001. Effect of fertilizer placement on wheat yield in dryland. Seed and Plant, 17(2):203-215.
20- Eyshi Rezaei E. and BabbayanM.. 2011. Rainfed cereals response to interseasonal rainfall variability in semiarid regions of Khorasan. Pro-Environment, 4: 238 – 244.
21- Fageria N.K., Baligar V.C., and Jones C.A. 2011. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. 550 pp.
22- Fatima M. and Farihane H. 1991. Nitrogen of cereals: Soil-plant system nitrogen dynamics, fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in West Asia and North Africa: Proceedings of the Fourth Regional Workshop, 5-10 May 1991, Agadir, Morocco, pages 201-210.
23- Feiziasl V. 2007. Study on the effects of different sources and rates of soil nitrogen on quality and quantities of dryland wheat. Dryland Agriculture Research Institute (DARI). Issue No., 317. (in Persian).
24- Feiziasl V., and Pourmohammad A. 2014. Effects of nitrogen rates and application time on agronomic efficiency of nitrogen and seed yield of dryland's wheat genotypes. Soil and Water Science, 24(3):93-104. (in Persian).
25- Feiziasl V., Fotovat A., Astarae A.R., Lakzian A., and Mousavi S.B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfed bread wheat genotypes, 30(2):169-198. (in Persian).
26- Feiziasl V., Kasraei R., Moghaddam M., and Valizadeh G. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11: 23-33. (in Persian).
27- Feiziasl V. 2014. Nitrogen optimum management for different dryland wheat genotypes using ^{15}N. P.h.D. Thesis of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
28- Fensholt R., RasmussenK., Kaspersen P., Huber S., Horion S., and Swinnen E. 2013. Assessing land degradation/recovery in the African Sahel from long-term earth observation based primary productivity and precipitation relationships. Remote Sensing, 5: 664–686.
29- Gregory P.J., Marshall B., and Biscoe P.V. 1981. Nutrient relations of winter wheat 3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. The Journal of Agricultural Science, 96: 539-547.
30- Halvorson A.D., and Reule C.A. 1994. Nitrogen fertilizer requirement in an annual dryland cropping system. Agronomy Journal, 86(2): 315–318.
31- Halvorson A.D., and Reule C.A. 2007. Irrigated, no-till corn and barley response to nitrogen in northern Colorado. Agronmy Journal, 99:1521–1529.

32- HGCA. 2007. Recommended lists for cereals and oilseeds, 2007/08. HGCA, London.
33- Hu Z.M., Yu G.R., Fan J.W., Zhong H.P., Wang S.Q., and Li S.G. 2010. Precipitation-use efficiency along a 4500-km grassland transect. Global Ecol. Biogeogr, 19: 842–851.
34- Huxman T.E., Smith M.D., Fay P.A., Knapp A.K., Shaw M.R., Loik M.E., Smith S.D., Tissue D.T., Zak J.C., and Weltzin J.F. 2004. Convergence across biomes to a common rain-use efficiency. Nature, 429: 651–654.
35- Jackson G.D. 2000. Nitrogen Fertilization of dryland malt barley for yield and quality. Journal of Applied Sciences Research, 5: 79-86.
36- Jones C.A., Koenig R.T., Ellsworth J.W., Brown B.D.,and Jackson G.D. 2007. Management of urea fertilizer to minimize volatilization. Extension Publication EB 173, Montana State University.
37- Jouyban A., Sadeghi Give H., Noryanand M. 2015. Relationship between agronomic and morphological traits in barley varieties under drought stress condition. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 9(9): 1507-1511.
38- Kara B., and Mujdeci M. 2010. Influence of late-season nitrogen application on chlorophyll content and leaf area index in wheat. Scientific Research and Essays, 5(16): 2299-2303.
39- Katerji N., Mastrorilli M., and Rana G. 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: review and analysis. European Journal of Agronomy, 28: 493–507.
40- Kucey R.M.N. 1987. Nitrogen fertilizer application practices for barley production under Southwestern Canadian Prairie conditions. Communications in Soil Science and Plant, 26(17/18): 3023-3032.
41- Lauer J.G., and Partridge J.R. 1990. Planting date and nitrogen rate effects on spring malting barley. Agronomy Journal, 82: 1083- 1088.
42- McKenzie R.H., Middleton A.B., and Bremer E. 2005. Fertilization, seeding date, and seeding rate for malting barley yield and quality in southern Alberta. Canadian Journal ofPlant Science, 85: 603-614.
43- McKenzie R.M., and Jackson G. 2005. Barley production in semiarid regions—making the malting grade. Better Crops, 89(4): 10-12.
44- McVay K.A., Burrows M., Jones C., Wanner K., and Menalled F. 2009. Montana barley production guide. EB0186. Montana State University, 17 pages.
45- Mengistu D.K. and Abera F.A. 2014. Growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by nitrogen and phosphorus fertilization and water regimes in Tigray, Ethiopia. Momona Ethiopian Journal of Science (MEJS), 6(1):45-57.
46- Miranzadeh H., Emam Y., Pilesjö P., and Seyyedi H. 2011. Water use efficiency of four dryland wheat cultivars under different levels of nitrogen fertilization. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 843-854.
47- Mousavi Shalmani M. 2008. Use of ^{15}N isotope in soil fertility and plant nutrition (1 ed.). Iran: Nuclear Science & Technology Research Institute P. 394.
48- Moshiri F., Shahabi A.A., Keshavarz P., Tehrani M.M., Khogar Z. Feiziasl V., Gheibi M.N. Asadi Rahmani H., and Saadat D. 2014. Guideline for integrated soil fertility and plant nutrition management of barley. Soil and Water Research Institute. (in Persian).
49- Muni A.T. 2002. Influence of varying seeding rates and nitrogen levels on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Rum) in the semi-arid region of Jordan. Die Bodenkultur, 53 (1): 13-18.
50- Niazi-Fard A., Nouri F., Nouri A., Yoosefi B., Moradi A., and Zareei A. 2012. Investigation of the relationship between grain yield and yield components under normal and terminal drought stress conditions in advanced barley lines (*Hordeum vulgar*) using path analysis in Kermanshah province. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(24): 1885-1887.
51- Paliwal A.K., Kandalkar V.S., Paraye P.M., and Thakur S.K. 1994. Effect of planting pattern and herbicide on weed growth, grain yield and yield attributes of transplanted bounded rice (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 64(6): 369-372.
52- Rasmussen P.E., Rickman R.W., and Klepper B.L. 1997. Residue and fertility effects on yield of no-till wheat. Agrononomy Journal, 89:563–67.
53- Ryan J., Abdel Monem M., and Amri A. 2009. Nitrogen fertilizer response of some barley varieties in semi-arid conditions in Morocco. Journal of Agricultural Science and Technology, 11: 227-236.
54- Sadras V.O., and McDonald G. 2012. Water use efficiency of grain crops in Australia: principles, benchmarks and management. Grains Research and Development Corporation. 27 pp.
55- Sainju U.M., Lenssen A.W., and Barsotti J.L. 2013. Dryland malt barley yield and quality affected by tillage, cropping sequence, and nitrogen fertilization. Agronomy, Soils and Environmental Quality, 105(2): 329-340.
56- Segele Z.T., and Lamb P.J. 2005. Characterization and variability of Kiremt rainy season over Ethiopia. Meteorol. Atmospheric Physics, 89: 153–180.
57- Setotaw T.A., Belayneh S.G., Gwinner R., and Ferreira J.L. 2014. Developing selection criteria based on an ontogenetic path analysis approach to improve grain yield in barley. Genetics and Molecular Research, 13(2): 4635-4646.
58- Shangguan Z.P., Shao M.A., Ren S.J., Zhang L.M., and Xue Q. 2004. Effect of nitrogen on root and shoot

relations and gas exchange in winter wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 45: 49-54.
59- Sinebo W., Gretzmacher R., and Edelbauer A. 2003. Environment of selection for grain yield in low fertilizer input barley. Field Crops Research, 74(3-4): 151-162.
60- Svoboda P., and Haberle J. 2006. The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat. Plant Soil Environ, 5(7): 308–313.
61- Taleei A.A. 2005. Evaluation of Sararood1dryland barley variety responses to supplemental irrigation and nitrogen. Dryland Agriculture Research Institute (DARI). Pages 1.
62- Turner N.C. 2004. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. Journal of Experimental Botany, 55(407): 2413–2425.
63- Van Harwaarden A.F., Farquhar G.D., Angus J.F., and Richards R.A. 2006. Physiological responses of six spring wheat varieties to nitrogen fertilizer (project report). Proceeding of the Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy.
64- Yesmin Sh., Akhtar M.,and Hossain B. 2014. Yield and seed quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by variety, nitrogen level and harvesting time. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7(3): 147-153.
65- Zahedi Ghare Aghaj M., and Ghavidel Rahimi Y. 2007. The determination of drought and computation of dependable rainfall rate for station of Urmia lake drainage basin. Geographical Research Quarterly, 39(59): 21-34. (in Persian).

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 2, May.-Jun. 2017, p. 490-508

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۶، ص. ۵۰۸-۴۹۰

Evaluation of Dryland Barley (*Hordum vulgare*) Genotypes Response to the Nitrogen Rates and Application Times

V. Feiziasl[1*]

Received:10-05-2016
Accepted:13-09-2016

Introduction: Nitrogen is the main component of fertilizer programs necessary for production of high quantity dryland barley. This element is the second limiting factor, after water in dryland areas. So for economic production of barley, the proper nitrogen fertilizer application is essential to increase seed quantity and quality in Iran dryland areas. Many researchers have been confirmed that dryland barley yield increased by nitrogen application management. Nitrogen fertilization in dryland areas can increase the use of soil moisture, and improve barley yields to some extent. Different studies have been confirmed interactions between water stress and nitrogen fertilizers on barley, especially under field conditions. From the nitrogen management factors, timing and amount of nitrogen application is known as the most important aspect. This project established in order to study nitrogen rates and nitrogen application time's effects on nitrogen requirement, nitrogen agronomy use efficiency (NUE) and crop characteristics of various dryland barley genotypes in cold and semi cold drylands of Iran.

Materials and Methods: This study was carried out in split-split plot in a RCBD in Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh; where nitrogen application times (fall, 1/2 in fall and 1/2 in spring and 2/3 in fall and 1/3 in spring) were assigned to the main plots, nitrogen rates to sub plot (0, 30, 60, 90 and 120 kg/ha), and 5 dryland barley genotypes to sub-sub plots (Sahand, Abidar, Dayton/Ranny, Alpha/ Gumhuriyet/ Sonja and B-C-74-2)in 4 replications during 2007-2010 years. The Rainfall were 177-498 $mm.yr^{-1}$ (long term mean is 365 $mm.yr^{-1}$) in cropping years in DARI station. Soil samples were collected from 0-25 cm for determining total N, P-Olsen, K-Ammonium acetate, TNV, OC, Soil texture, pH, EC and Fe, Mn, Zn and Cu-DTPA before sowing and collected from 0-2, 20-40 and 40-60 cm depths in sub-sub plots in shooting stage (GS32) for determining NO_3^- andNH_4^+. Ammonium measurement in the soil KCl extracts were down by spectrophotometry method and colorimetric reaction at 655 nm. Also, Absorption spectrophotometry method was used for determination of nitrate in soil extract based on its UV absorbance at 210 nm. In this method two measurements were carried out; one before (by Zn coated by Cu) and second after reduction of nitrate). Using the difference between these two measurements, concentration of nitrate in the extracts was determined.

Results and Discussion: The results showed that nitrogen application rates significantly increased ($p<0.01$) grain (597-1058 $kg.ha^{-1}$), biological (1588-3631 $kg.ha^{-1}$) and straw (990-2565 $kg.ha^{-1}$) yields and relationship between nitrogen rates and grain yield was quadratic regression. Nitrogen application increased barley grain yield by increasing the of number of heads per m^2 (112-243) as yield component and plant height (6.3-17.6 cm) as the photosynthetic organs, root length (0.2-1.0 $cm.plant^{-1}$) and weight (0.1-0.2 $g.plant^{-1}$) in tillering stage as nutrient and water uptake organs. There was not significant differences between studied genotypes from the view point of grain yield, but this characteristic significantly affected by timing the nitrogen application. The suitable nitrogen application time for dryland barley was split method. According to these results, rainfall use efficiency for control (without nitrogen application) and mean of nitrogen treatments was measured 5.4 and 7.5 $kg.ha^{-1}mm^{-1}$, respectively. Also comparison of precipitation and nitrogen application effects in increasing of dryland barley grain yield showed that the effect of rainfall more than twice nitrogen. Dryland barley nitrogen requirements were determined 40 kg $N.ha^{-1}$ in drought years (no rainfall in spring) and 43 kg $N.ha^{-1}$ in normal years. This rates is in order to achieve the 1784 and 3100 $kg.ha^{-1}$ grain yield respectively. In normal years, 30 kg $N.ha^{-1}$ applied at planting time in autumn and 13 kg $N.ha^{-1}$ spring topdress application at the same time with early spring rains. Nitrogen agronomy use efficiency in the nitrogen requirement value was determined 18.3 $kg.kg^{-1}$ and with increasing of each nitrogen unit, barley dryland grain yield was decreased 0.124 $kg.ha^{-1}$. This decline continued until the last rate of nitrogen in a linear.

Conclusion: It can be concluded that the rates and timing of nitrogen application affected yield components,

1- Assistante Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(*- Coresponding Author Email: vfeiziasl@yahoo.com)

grain yield and nitrogen and water use efficiency in dryland barley genotypes and theses changes will be effective in improving seed quantity. The effect of rainfall in increasing grain yield of dryland barley was 2.1 times more than nitrogen fertilizer and this proved water is more important than nitrogen in the Iran dryland areas. However, nitrogen application of more than optimum rate increased water stress and decreased grain yield, but nitrogen optimal rate application is economically efficient to produce of dryland barley genotypes.

Keywords: Nitrogen Requirement, Nitrogen Use efficiency, Rainfall