

## ارزیابی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک مرتبط با نیتروژن و انتقال مجدد نیتروژن در گندم تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن

لایق مرادی<sup>۱</sup>، عادل سی‌وسه مرده<sup>۲\*</sup>، یوسف سهرابی<sup>۲</sup>، بهمن بهرام‌نژاد<sup>۲</sup> و فرزاد حسین پناهی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱)

### چکیده

تجمع نیتروژن در اندام‌های رویشی و انتقال مجدد آن به دانه، فرایندهای مهمی هستند که تعیین کننده عملکرد و کیفیت گندم هستند. به منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در دو سطح دیم و آبیاری در مرحله آبستنی و مصرف کود نیتروژن در سه سطح (۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + محلولپاشی ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله سنبله رفتن) روی پاسخ‌های فیزیولوژیک و انتقال مجدد نیتروژن سه رقم گندم (سرداری، آذر ۲ و ریژاو) آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج آزمایش نشان داد که آبیاری تکمیلی سبب افزایش مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، محتوای پرولین و گلیسین بتائین برگ، و کاهش نشت الکترولیت غشا لپیدی شد. آبیاری تکمیلی همچنین محتوای نیتروژن برگ، کاه سنبله و نیتروژن کل در مرحله گلدهی را افزایش داد. رقم ریژاو بیشترین کارایی انتقال مجدد نیتروژن برگ و کمترین کارایی انتقال مجدد نیتروژن کل را داشت. تیمار کودی N1 کمترین میزان کلروفیل a و b، محتوای پرولین و گلیسین بتائین برگ، محتوای نیتروژن برگ، ساقه، کاه سنبله و نیتروژن کل در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی را به خود اختصاص داد. انتقال مجدد نیتروژن تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و مقادیر مختلف نیتروژن قرار گرفت. به نظر می‌رسد آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی منجر به افزایش نیتروژن در اندام‌های رویشی می‌شود که در مرحله پرشدن دانه در طی فرایند انتقال مجدد به دانه منتقل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اندام‌های رویشی، پایداری غشا، محتوای نیتروژن، کارایی، فتوسنتز

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a33@uok.ac.ir

## مقدمه

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در دنیاست. گندم غذای اصلی حدود ۴۰ درصد از جمعیت جهان است که به‌طور متوسط ۲۰ درصد از کالری و پروتئین رژیم غذایی آنها را تأمین می‌کند (۱۸). در کشور ما نیز گندم مهم‌ترین محصول زراعی است که ۴۹/۴۶ درصد از سطح زیر کشت در کشور به این محصول اختصاص یافته است (۲). نزدیک به ۸۰ درصد کشاورزی در دنیا در مناطقی است که مزارع آن به‌صورت دیم است. همچنین نزدیک به دو سوم تولید غذای جهانی در این مناطق است (۲۹). در نواحی مدیترانه‌ای در فصل بهار و اواخر دوره رشد گندم و همزمان با بالا رفتن دمای هوا و تبخیر و تعرق و در طول دوره پرشدن دانه گندم، میزان بارش باران کاهش پیدا می‌کند. این عوامل منجر به افت عملکرد در این محصول می‌شوند. در این شرایط می‌توان با بهره‌گیری از آبیاری تکمیلی به نتایج رضایت‌بخش از زراعت گندم دیم دست یافت. آبیاری تکمیلی استفاده از منابع محدود آب در مراحل حساس رشد محصولات زراعی (آبیاری حتی به‌صورت محدود در یک مرحله یا چند مرحله از رشد) در شرایط دیم است که می‌تواند سبب تعدیل اثرات مخرب ناشی از تنش رطوبتی، بهبود عملکرد و کارایی مصرف آب شود. آبیاری تکمیلی بسیار کارآمد بوده و دارای پتانسیل بالایی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود سطح معیشت در مناطق خشک است (۲۸ و ۲۹). کاهش آب قابل دسترس، حتی در صورت فراهمی نیتروژن خاک، باعث کاهش جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه می‌شود. بنابراین عدم جذب نیتروژن کافی باعث می‌شود گیاه نیتروژن موجود در برگ‌های توسعه یافته را به بخش‌های جوان و در حال توسعه انتقال دهد که این امر موجب تسریع پیری و کاهش محتوای کلروفیل برگ می‌شود (۲۳). پرولین و گلیسین بتائین اسمولیت‌هایی هستند که در گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی مختلف از جمله تنش خشکی تجمع پیدا می‌کنند. درحالی که بسیاری از مطالعات رابطه مثبتی بین تجمع گلیسین بتائین و پرولین و مقاومت گیاه

به تنش را نشان داده‌اند برخی پژوهشگران معتقدند که افزایش تجمع آنها تحت تنش نمی‌تواند نشان‌دهنده سازگاری گیاه با شرایط تنش باشد (۶). کاهش محتوای کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی به‌خوبی شناخته شده است که نتیجه آن کارکرد غیرمعمول دستگاه فتوسنتزی است. در شرایط تنش خشکی محتوای کلروفیل برگ به دلایل مختلف از جمله عدم سنتز کمپلکس اصلی کلروفیل، آسیب نوری به کمپلکس پروتئینی محافظت‌کننده دستگاه فتوسنتزی، آسیب اکسیداتیو به لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه و پروتئین و افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیل‌از کاهش پیدا می‌کند (۳). آگامی و همکاران (۱) در مطالعه خود روی گندم گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل و افزایش محتوای پرولین برگ شد. بررسی پایداری غشای سلولی به‌عنوان یک شاخص فیزیولوژیک و روشی برای سنجش میزان مقاومت به خشکی، به‌طور گسترده‌ای کاربرد دارد. تنش خشکی مانع از تکامل غشای سلولی شده و باعث افزایش نشت الکترولیت از آن می‌شود. با توجه به آسیب غشای سلولی، محتویات داخل سلول به بیرون تراوش می‌کنند که مقدار این خسارت را می‌توان با اندازه‌گیری نشت یونی و هدایت الکتریکی تعیین کرد، ارقام متحمل به خشکی دارای نشت الکترولیت کمتری هستند (۳۷).

نیتروژن یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده ساختمان بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل پروتئین‌های مختلف، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و سیتوکروم‌ها در گیاهان است (۱ و ۳۴). سدري (۳۴) عنوان کرد که با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و محتوای پرولین برگ گندم افزایش یافت. آگامی و همکاران (۱) اظهار داشتند که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ گندم در شرایط تنش خشکی و عدم تنش شد. در مرحله رشد زایشی در غلات، فعالیت ریشه و به‌دنبال آن جذب عناصر غذایی معمولاً کاهش پیدا می‌کند که منجر به شروع فرایندهای انتقال مجدد ذخایر و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برای توسعه

نیتروژن از خاک می‌شود اما میزان انتقال مجدد نیتروژن را افزایش می‌دهد. با توجه به اهمیت استراتژیک گندم، پایین بودن عملکرد و پروتئین گندم دیم و پراکنش نامناسب بارندگی در مناطقی از کشور از جمله استان کردستان که گندم دیم کشت می‌شود، این مطالعه به منظور بررسی برخی صفات فیزیولوژیک، محتوای نیتروژن اندام‌های مختلف در مرحله گلدهی و میزان و کارایی انتقال مجدد نیتروژن تجمع یافته قبل از گلدهی در ارقام گندم دیم تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و تیمارهای مختلف کود نیتروژن و محلولپاشی نیتروژن اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دهگلان (۳۵ کیلومتری شرق سنندج) که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۶۶ متر و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه است، اجرا شد. قبل از کاشت به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از قسمت‌های مختلف مزرعه و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد که نتایج تجزیه خاک در جدول (۱) آمده است. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (بدون آبیاری و یکبار آبیاری در مرحله آبستنی)، فاکتور فرعی شامل سه رقم گندم (سرداری، آذر ۲ و ریژاو) و فاکتور فرعی فرعی شامل سه سطح نیتروژن از منبع کود اوره (۵۰ کیلوگرم نیتروژن (در پاییز همراه با کاشت)، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در پاییز همراه با کاشت و ۵۰ کیلوگرم در بهار) و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در بهار) به علاوه محلولپاشی ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله سنبله‌دهی بود. بذور ارقام مورد مطالعه از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های کردستان (سرداری و آذر ۲) و کرمانشاه (ریژاو) تهیه شد. ابعاد کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی فرعی

مخازن جدید می‌شود. در گندم منبع تأمین آسمیلات‌ها برای دانه، فتوسنتز جاری در گیاه (انتقال مستقیم آن به دانه) و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در بخش‌های رویشی است (۳۲). در حالی که بیشتر کربوهیدرات‌های موجود در دانه به وسیله فتوسنتز جاری تأمین می‌شود، بخش زیادی از نیتروژن موجود در دانه از طریق انتقال مجدد نیتروژن تجمع یافته در بخش‌های رویشی قبل از گلدهی تأمین می‌شود (۲۴). میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها و نیتروژن در طول دوره پر شدن دانه به ژنوتیپ، محیط، زمان کاشت، تراکم کاشت، مواد غذایی و آب قابل دسترس بستگی دارد (۴۱). گیاه برای کامل کردن سیکل نمودی خود، نیتروژن مورد نیاز را به منظور ساخت مولکول‌های آلی حاوی نیتروژن همانند پروتئین و اسیدهای نوکلئیک، که برای تشکیل ساختار سلولی لازم هستند، در ابتدا به صورت نیترات یا آمونیوم جذب و متابولیزه می‌کند. در مرحله رشد زایشی این مواد تجزیه و نیتروژن موجود در ساختار آنها به مخازن جدید منتقل می‌شود. در گندم ۵۰-۹۵ درصد نیتروژن موجود در دانه از طریق انتقال مجدد نیتروژن ذخیره شده در ریشه و اندام‌های هوایی در زمان قبل از گلدهی تأمین می‌شود و انتقال مجدد نیتروژن تا حدود زیادی تعیین کننده محتوای پروتئین دانه و کیفیت نانویی آرد است (۱۹). تجمع نیتروژن و انتقال مجدد آن فرایندی مهم و تعیین کننده برای عملکرد و کیفیت دانه است (۱۵). اوستین و همکاران (۷) در مطالعه خود روی ۴۷ ژنوتیپ گندم نشان دادند که محتوای نیتروژن در زمان گلدهی در میان ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. آنها اظهار داشتند با توجه به همبستگی مثبت و بسیار بالایی که بین میزان تجمع ماده خشک و محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی در مرحله گلدهی وجود دارد، این تنوع ژنوتیپی از نظر میزان نیتروژن ذخیره شده، می‌تواند به دلیل تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر توانایی آنها در تجمع ماده خشک باشد. ژو و همکاران (۳۹) گزارش کردند که تنش خشکی به طور قابل توجهی باعث افزایش میزان انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه شد. آنها اظهار داشتند تنش خشکی باعث کاهش جذب

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

شن	سیلت	رس	کربن آلی	نیترژن	هدایت الکتریکی	pH	پتاسیم	فسفر
			(درصد)		(dS m <sup>-1</sup> )		(ppm)	
۱۵/۶	۳۰	۵۴/۴	۰/۹۲	۰/۰۹	۰/۴۹	۷/۶۰	۳۴۹/۱۰	۸

کرت آزمایشی انجام شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش آرنون (۵) استفاده شد. بدین صورت که ۰/۲ گرم از هر نمونه برگ تازه در ۵ میلی‌لیتر استون (۸۰ درصد) هموژن شد و سپس عصاره حاصل صاف شد و حجم آن با اضافه کردن استون به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب نور توسط عصاره حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ نانومتر و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد. غلظت کلروفیل‌های a و b و مجموع آنها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از طریق روابط زیر به دست آمد: در این روابط، Chla، کلروفیل a، Chlb، کلروفیل b، Chltot، کلروفیل کل، V حجم نهایی نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه، Abs645 و Abs663 عبارت از جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر است.

(۳)

$$\text{Chla} = [12/7(\text{Abs}663) - 2/69(\text{Abs}645)] \times V / (1000 \times W)$$

(۴)

$$\text{Chlb} = [22/9(\text{Abs}645) - 4/69(\text{Abs}663)] \times V / (1000 \times W)$$

(۵)

$$\text{Chltot} = \text{Chala} + \text{Chalb}$$

به منظور اندازه‌گیری مقدار پرولین، از روش بیتز و همکاران (۱۰) استفاده شد. در این روش ۰/۵ گرم برگ تر در ۱۰ سی‌سی سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد هموژن شد و با دور ۵۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و در ادامه عصاره به دست آمده، صاف شد. سپس ۲ میلی‌لیتر استیک اسید و ۲ میلی‌لیتر محلول ناین هیدرین اسید و ۲ میلی‌لیتر عصاره صاف شده در یک لوله آزمایش اضافه شد و به دنبال آن، لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در پایان به یک بستر یخی،

به ترتیب ۱۱/۷×۱۱ متر و ۱۱×۲/۹ متر و ۲/۹×۳ متر بود و در هر کرت فرعی ۱۹ خط کاشت با فواصل ۱۵ سانتی‌متر و به طول ۱۱ متر در نظر گرفته شد. کشت با استفاده از خطی کار با عرض کار ۲/۹ متر انجام شد. فاصله بین کرت‌های اصلی و تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی و فرعی به ترتیب ۱/۵ و ۱ متر بود. تراکم کاشت ۳۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد و مقدار بذر مصرفی برای ارقام سرداری، آذر۲ و ریژا۰ به ترتیب ۱۶۶، ۱۵۲ و ۱۳۲ کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری به صورت قطره‌ای و حجم آب مصرفی از طریق روابط زیر محاسبه و به وسیله کنتور اندازه‌گیری شد (۱۷):

$$I = (\theta_t - \theta_n) \times \rho b \times D_h \times A \quad (1)$$

$$\theta_t = (\theta_{\max} - \theta_{tr}) / 100 \quad (2)$$

که در آن I = مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب،  $\theta_t$  میلی‌گرم آب بر گرم وزن خاک خشک بعد از آبیاری (که در اینجا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی رطوبت نهایی مورد نظر است)،  $\theta_{\max}$  = میلی‌گرم بر گرم وزن خاک خشک در ظرفیت زراعی،  $\theta_{tr}$  = نسبت رطوبت نهایی به رطوبت در ظرفیت (در این مطالعه معادل ۷۵ درصد رطوبت زراعی در نظر گرفته شد)  $\rho b$  = چگالی مخصوص ظاهری برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب که در این مطالعه معادل ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود،  $\theta_n$  = میلی‌گرم بر گرم خاک خشک قبل از آبیاری،  $D_h$  = عمق ریشه (متر) و A = مساحت کرت آزمایشی برحسب مترمربع است.

نمونه برداری از واحدهای آزمایشی به منظور اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، پرولین و گلیسین بتائین برگ و شاخص پایداری غشا یک هفته بعد از گلدهی و از برگ پرچم در هر

سانتی گراد اندازه گیری شد. شاخص پایداری غشا از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۳۳ و ۳۵). که در این رابطه MSI شاخص پایداری غشا،  $L_1$  نشت اولیه و  $L_2$  نشت ثانویه است:

$$MSI (\%) = [1 - (L_1 / L_2)] \times 100 \quad (7)$$

نمونه برداری برای ارزیابی انتقال مجدد نیتروژن در مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. در هر نمونه برداری تعداد ۳۰ بوته برداشت شد. در نمونه های برداشت شده از هر کرت، به منظور اندازه گیری وزن خشک بخش های مختلف گیاه، سنبله، برگ، ساقه و سنبله از هم تفکیک شده و در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت و تا ثابت شدن وزن نمونه ها، قرار داده شد. در ادامه، نیتروژن اندام های مختلف با استفاده از روش کجلدال اندازه گیری شد (۲۴). محتوای نیتروژن در اندام های مختلف از حاصل ضرب غلظت نیتروژن در اندام مورد نظر در وزن آن اندام محاسبه شد.

میزان انتقال مجدد نیتروژن و کارایی انتقال مجدد نیتروژن از

رابطه زیر محاسبه شد:

$$NR = N_{ant} - N_{mat} \quad (8)$$

$$NRE = \frac{N_{ant} - N_{mat}}{N_{ant}} \times 100 \quad (9)$$

که در آن NR: مقدار نیتروژن انتقال مجدد یافته در هر یک از اندام های گیاهی (میلی گرم در بوته)،  $N_{ant}$ : مقدار نیتروژن موجود در ماده خشک اندام مورد نظر در مرحله گرده افشانی (میلی گرم در بوته)،  $N_{mat}$ : مقدار نیتروژن موجود در ماده خشک اندام مورد نظر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (میلی گرم در بوته) و NRE: کارایی انتقال مجدد نیتروژن (درصد)، است.

سهم انتقال مجدد نیتروژن به دانه از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CNRG = \frac{NR}{G_N} \times 100 \quad (10)$$

که در آن CNRG سهم انتقال مجدد نیتروژن به دانه برحسب درصد، مقدار نیتروژن انتقال مجدد یافته (میلی گرم در بوته) و  $G_N$  محتوای نیتروژن دانه (میلی گرم در بوته) است (۲۴ و ۴۱).

تجزیه واریانس داده های حاصل از آزمایش پس از آزمون

منتقل شدند تا به دمای محیط برسند. سپس ۴ میلی لیتر تولوئن به هر لوله آزمایشی، اضافه شد و لوله های آزمایش به خوبی تکان داده شدند تا پرولین در تولوئن، محلول شود و دو لایه کاملاً مشخص حاوی تولوئن (لایه فوقانی قرمز رنگ) و فاقد تولوئن (لایه بی رنگ زیرین) تشکیل شود. غلظت پرولین محلول در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد.

$$P = \frac{a \times b}{c} \times 100 \quad (6)$$

P: پرولین برحسب میکرومول بر گرم وزن تر برگ، a: پرولین برحسب: b ppm: حجم نمونه، c: وزن تر برگ

میزان گلیسین بتائین به روش گریو و گراتان (۱۶) اندازه گیری شد. مقدار ۵/۰ گرم از بافت برگ خشک گیاهی توزین و ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد روی شیکر قرار داده شد. سپس ۱ میلی لیتر از عصاره گیاهی با ۱ میلی لیتر اسید سولفوریک ۲ نرمال مخلوط و در حمام آب یخ به مدت ۱ ساعت قرار گرفت و در نهایت ۰/۲ میلی لیتر یدید پتاسیم به مخلوط اضافه و ورتکس شد و ۱۶ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد و با دور ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. محلول اضافه دور ریخته شد و کریستال ها نگهداری شد. کریستال ها در یک میلی لیتر حلال ۱ و ۲ دی کلرواتان ورتکس شدند تا درون حلال حل شدند و رنگ قرمز ظاهر شد. سپس محلول حاصل با ۱ و ۲ دی کلرواتان به حجم ۹ میلی لیتر رسانده شد و ۲/۵ ساعت در داخل یخ قرار داده شد. در نهایت ۱ میلی لیتر از این مایع برداشته شد و در اسپکتروفتومتر با طول موج ۳۶۵ نانومتر قرائت شد.

برای اندازه گیری شاخص پایداری غشا نمونه های برگ درون آب مقطر با حجم ۲۰ میلی لیتر منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. در ادامه میزان هدایت الکتریکی آب مقطر همراه نمونه به عنوان نشت اولیه اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری نشت ثانویه نیز میزان هدایت الکتریکی نمونه ها پس از حرارت دادن آنها به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه

با غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل رقم ریژوا در تیمار کودی  $N_2$  و رقم آذر ۲ در تیمار کودی  $N_2$  تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۱). با توجه به نقش ساختاری نیتروژن در مولکول کلروفیل و اینکه نیتروژن جزء اصلی ترکیبات پروتئینی اعم از آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، هورمون‌ها و دیگر ترکیبات سلولی به حساب می‌آید (۱۱)، افزایش محتوای کلروفیل برگ در نتیجه افزایش مصرف نیتروژن قابل انتظار است. مطالعات نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن از طریق تأثیر روی ژن‌های مسئول تولید اسید آبسزیک و تأخیر در بیان و یا عدم بیان آنها پیری را به تعویق می‌اندازد. از سوی دیگر احتمالاً آنزیم‌های درگیر در تجزیه کلروفیل نظیر کلروفیلاز توسط هورمون اسید آبسزیک تنظیم می‌شوند و این مسئله می‌تواند سرعت تجزیه کلروفیل را در شرایط تنش افزایش دهد (۲۰ و ۴۰). نتایج مطالعه‌ای که روی گندم انجام گرفته است نشان داد که مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در اثر افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت. به‌طور کلی ۷۵ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست وجود دارد، بنابراین پایین بودن میزان فتوسنتز تحت شرایط محدودیت نیتروژن در خاک اغلب به کاهش میزان کلروفیل مربوط است، در نتیجه با افزایش مقدار نیتروژن خاک میزان کلروفیل برگ و به‌دنبال آن فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد (۲۱).

#### محتوای پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای پرولین برگ نشان داد که سطوح آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و رقم در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که آبیاری در مرحله آبستنی باعث افزایش ۱۸/۹ درصدی محتوای پرولین برگ شد. همچنین تیمار کودی  $N_2$  بیشترین مقدار محتوای پرولین برگ را به‌خود اختصاص داد هرچند تفاوت معنی‌داری از این لحاظ با  $N_2$  نداشت. در بین ارقام نیز تفاوت معنی‌داری بین سرداری و آذر ۲

نرمال بودن داده‌ها و اطمینان از توزیع نرمال آنها، با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### غلظت کلروفیل برگ

تأثیر سطوح آبیاری بر غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم بر غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که یک‌بار آبیاری در مرحله آبستنی به ترتیب باعث افزایش ۱۵/۳، ۱۵/۱ و ۱۴/۸ درصدی غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در مقایسه با تیمار بدون آبیاری شد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی غلظت کلروفیل برگ به دلایلی از جمله افزایش تخریب رنگیزه‌ها، کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش پیدا می‌کند. در چنین شرایطی انجام آبیاری تکمیلی با تأمین آب مورد نیاز بافت گیاهی، شرایط را برای جلوگیری از تخریب کلروفیل فراهم می‌سازد (۲۶). فعله‌گری و همکاران (۱۴) در مطالعه خود روی دو رقم گندم مشاهده کردند، که محتوای کلروفیل برگ در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم افزایش پیدا کرد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. تفاوت بین ارقام به لحاظ غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تأثیر کود نیتروژن بر غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل رقم و نیتروژن بر غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و روی غلظت کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل برای غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل نشان داد که بیشترین مقادیر این صفات به رقم ریژوا و تیمار کودی  $N_2$  اختصاص پیدا کرد که

جدول ۲. تأثیر سطوح آبیاری، رقم و مقادیر نیتروژن روی صفات مورد مطالعه

P Value							صفات
I×C×N	C×N	I×N	N	I×C	C	I	
ns	**	ns	**	ns	*	*	غلظت کلروفیل a
ns	*	ns	**	ns	ns	*	غلظت کلروفیل b
ns	**	ns	**	ns	*	*	غلظت کلروفیل کل
ns	ns	*	**	ns	*	**	محتوای پرولین
ns	ns	ns	*	ns	**	*	محتوای گلیسین بتائین
ns	ns	ns	*	ns	**	*	شاخص پایداری غشا
ns	ns	ns	**	ns	**	*	محتوای نیتروژن برگ در مرحله گلدهی
ns	ns	ns	**	ns	ns	*	محتوای نیتروژن ساقه در مرحله گلدهی
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	محتوای نیتروژن کاه سنبله در مرحله گلدهی
ns	ns	ns	**	ns	**	*	محتوای نیتروژن کل بوته در مرحله گلدهی
ns	ns	ns	**	ns	*	ns	محتوای نیتروژن برگ در مرحله رسیدگی
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	محتوای نیتروژن ساقه در مرحله رسیدگی
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	محتوای نیتروژن کاه سنبله در مرحله رسیدگی
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	محتوای نیتروژن کل اندام رویشی در مرحله رسیدگی
ns	ns	ns	**	ns	ns	*	محتوای نیتروژن دانه
ns	ns	ns	**	ns	ns	*	محتوای نیتروژن کل بوته در مرحله رسیدگی
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	انتقال مجدد نیتروژن برگ
ns	ns	ns	**	ns	ns	*	انتقال مجدد نیتروژن ساقه
ns	ns	ns	**	ns	**	ns	انتقال مجدد نیتروژن کاه سنبله
ns	ns	ns	**	ns	**	*	انتقال مجدد نیتروژن کل
ns	ns	ns	Ns	ns	*	ns	کارایی انتقال مجدد نیتروژن برگ
ns	ns	ns	Ns	**	**	ns	کارایی انتقال مجدد نیتروژن ساقه
ns	ns	ns	Ns	ns	*	ns	کارایی انتقال مجدد نیتروژن کاه سنبله
ns	ns	ns	Ns	ns	**	ns	کارایی انتقال مجدد نیتروژن کل
ns	ns	ns	Ns	ns	*	ns	سهام انتقال مجدد نیتروژن به دانه

ns، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است. I: سطوح آبیاری، C: رقم و N: سطوح نیتروژن

بود (شکل ۱). در شرایط تنش خشکی، پرولین در حفظ پتانسیل اسمزی، حذف رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت ماکرومولکول‌ها از دناتوره شدن و تنظیم pH سلولی نقش دارد. همچنین پرولین به‌عنوان منبع نیتروژن و کربن برای گیاهان تحت تنش شدید عمل می‌کند و تحمل گیاه در برابر تنش را افزایش می‌دهد (۴). افزایش محتوای پرولین برگ در

مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن روی محتوای پرولین برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن مبین این است که بیشترین میزان پرولین برگ (۹۳۲/۲ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار آبیاری در مرحله آبستنی و N<sub>۳</sub>

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پرولین، گلیسین بتائین برگ و شاخص پایداری غشا (MSI) سه رقم گندم تحت تأثیر سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن کل سه رقم گندم تحت تأثیر سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن

عامل آزمایشی	کلروفیل a (mg g <sup>-1</sup> FW)	کلروفیل b (mg g <sup>-1</sup> FW)	کلروفیل کل (µg g <sup>-1</sup> FW)	پرولین (µg g <sup>-1</sup> FW)	گلیسین بتائین (mg g <sup>-1</sup> DW)	MSI (%)
<u>سطوح آبیاری</u>						
دیم	۰/۹۸ <sup>b</sup>	۰/۳۷ <sup>b</sup>	۱/۳۵ <sup>b</sup>	۶۸۲/۳ <sup>b</sup>	۹/۵۳ <sup>b</sup>	۵۷/۵۶ <sup>b</sup>
یکبار آبیاری	۱/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۴۳ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>	۸۱۱/۳ <sup>a</sup>	۱۰/۳۸ <sup>a</sup>	۶۲/۶۷ <sup>a</sup>
<u>رقم</u>						
ریز او	۱/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>	۱/۵۱ <sup>a</sup>	۶۹۳/۲ <sup>b</sup>	۹/۰۱ <sup>b</sup>	۵۷/۱۶ <sup>b</sup>
سرداری	۱/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۳۹ <sup>a</sup>	۱/۴۱ <sup>b</sup>	۸۲۱/۹ <sup>a</sup>	۱۰/۳۲ <sup>a</sup>	۶۲/۱۵ <sup>a</sup>
آذر ۲	۱/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۴۰ <sup>a</sup>	۱/۴۳ <sup>b</sup>	۷۲۵/۳ <sup>b</sup>	۱۰/۵۴ <sup>a</sup>	۶۱/۰۳ <sup>a</sup>
<u>نیتروژن</u>						
N <sub>۱</sub>	۰/۹۵ <sup>b</sup>	۰/۳۶ <sup>b</sup>	۱/۳۲ <sup>b</sup>	۶۷۵/۷ <sup>b</sup>	۹/۶۲ <sup>b</sup>	۵۷/۶۲ <sup>b</sup>
N <sub>۲</sub>	۱/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>	۱/۴۹ <sup>a</sup>	۷۵۳/۸ <sup>a</sup>	۱۰/۰۷ <sup>a</sup>	۶۰/۶۸ <sup>a</sup>
N <sub>۳</sub>	۱/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۴۳ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>	۸۱۰/۹ <sup>a</sup>	۱۰/۱۷ <sup>a</sup>	۶۲/۰۴ <sup>a</sup>

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. N<sub>۱</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز، N<sub>۲</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار، N<sub>۳</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار و ۲۰ کیلوگرم محلولپاشی نیتروژن

پرولین برگ در تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد بدون کوددهی به میزان ۴۴/۹ درصد افزایش یافت.

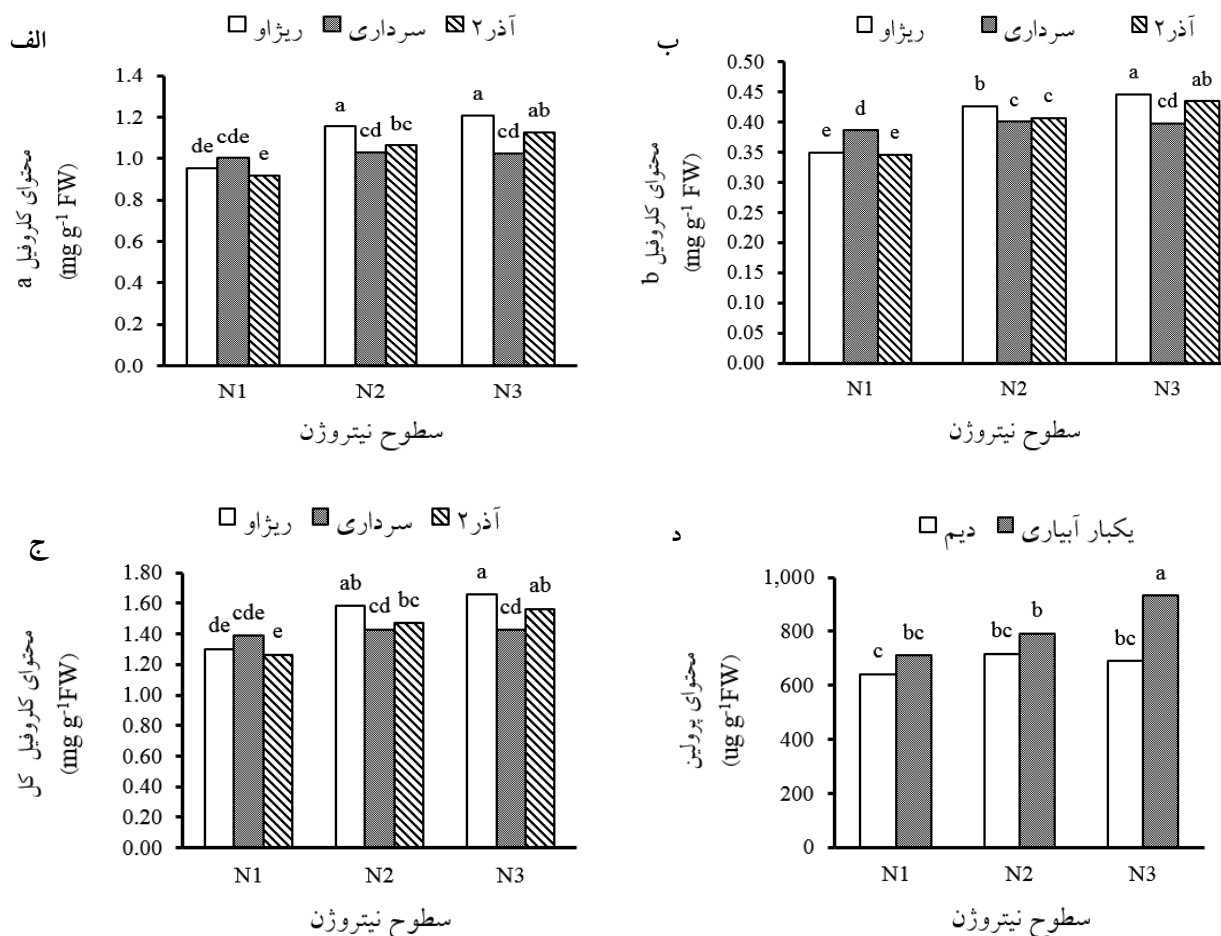
#### گلیسین بتائین

تأثیر آبیاری تکمیلی روی محتوای گلیسین بتائین برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). میزان گلیسین بتائین گیاهان آبیاری شده ۸/۹ درصد بیشتر از گیاهان تحت شرایط دیم بود (جدول ۳). بین ارقام از لحاظ محتوای گلیسین بتائین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). رقم آذر ۲ بیشترین محتوای گلیسین بتائین را به‌خود اختصاص داد اگرچه تفاوت معنی‌داری با رقم سرداری از این لحاظ نداشت (جدول ۳). تأثیر تیمارهای مختلف کودی روی محتوای گلیسین بتائین نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کمترین محتوای گلیسین بتائین در تیمار N<sub>۱</sub> با ۹/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ مشاهده شد که به ترتیب ۵/۴ و ۴/۵ درصد کمتر از محتوای گلیسین بتائین

شرایط آبیاری تکمیلی، احتمالاً به دلیل افزایش رشد رویشی در نتیجه اعمال یکبار آبیاری در مرحله آبستنی و عدم آبیاری تا مرحله مرحله پر شدن دانه بود، به طوری که آبیاری در مرحله آبستنی باعث رشد رویشی بیشتر گیاه شد اما در مراحل پایانی رشد به دلیل عدم آبیاری مجدد گیاه میزان تخلیه رطوبتی در این تیمار بیشتر و تنش بیشتری به گیاه وارد شد.

پرولین حاوی نیتروژن بوده و بالا رفتن میزان نیتروژن بر مقدار آن می‌افزاید. پرولین از دو مسیر گلوتامین و اورنیتین سنتز می‌شود و افزایش نیتروژن افزایش فعالیت آنزیم‌های این دو مسیر شده و در نتیجه میزان سنتز این ترکیب افزایش می‌یابد (۲۵). فعله‌گری و همکاران (۱۴) گزارش کردند که اثر برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن روی محتوای پرولین برگ تأثیرگذار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. آنها اظهار داشتند بیشترین غلظت پرولین برگ در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن حاصل شد. سردی (۳۴) نیز در مطالعه خود روی گیاه گندم نشان داد غلظت





شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح نیتروژن و رقم روی: الف) محتوای کلروفیل a، ب) کلروفیل b، ج) کلروفیل کل و د) پروتئین (ستون‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).

گیاهان تحت تیمار تیمار N<sub>۳</sub> و N<sub>۲</sub> بود (جدول ۳). گلیسین بتائین یک ترکیب آمونیومی چهارتایی است که به‌عنوان یک اسمولیت سازگار حاوی نیتروژن، در پاسخ به تنش‌های محیطی در بسیاری از گونه‌های گیاهی وجود دارد. در میان ترکیبات آمونیومی چهارتایی مختلف شناخته شده در گیاهان گلیسین بتائین به‌وفور در پاسخ به تنش‌های مختلف یافت می‌شود. گلیسین بتائین مولکولی دوقطبی است که در pH فیزیولوژیک خنثی است (۳۸). نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد، که این اسید آمینه به‌عنوان یک محافظ اسمزی باعث حفاظت از ساختمان چهارم پروتئین‌ها و ساختار غشای سلولی در مقابل تنش‌های محیطی مختلف از جمله تنش خشکی می‌شود.

#### شاخص پایداری غشا

نتایج به‌دست آمده از مطالعه نشان داد اثر آبیاری روی شاخص پایداری غشا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و اثر رقم و نیتروژن روی شاخص پایداری غشا در سطح احتمال یک

### محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی و دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری روی محتوای نیتروژن برگ، ساقه و کل بوته در مرحله گلدهی و محتوای نیتروژن دانه و کل بوته در مرحله رسیدگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد آبیاری تکمیلی باعث افزایش محتوای نیتروژن برگ، ساقه و نیتروژن کل بخش رویشی در مرحله گلدهی شد. آبیاری تکمیلی محتوای نیتروژن برگ، ساقه و نیتروژن کل بوته در مرحله گلدهی را به ترتیب به میزان ۱۰/۶۷، ۱۴/۵۵ و ۱۰/۱۱ درصد افزایش داد. همچنین آبیاری تکمیلی باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه و نیتروژن کل بوته در مرحله رسیدگی به ترتیب به میزان ۱۹ و ۱۶/۳ درصد نسبت به شرایط دیم شد (جدول ۴). بین ارقام از نظر محتوای نیتروژن برگ، سنبله و محتوای نیتروژن کل بوته در مرحله گلدهی و محتوای نیتروژن ساقه، کاه سنبله و محتوای نیتروژن کل اندام‌های رویشی در رسیدگی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. همچنین محتوای نیتروژن برگ ارقام در مرحله رسیدگی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). رقم سرداری کمترین محتوای نیتروژن برگ، سنبله و نیتروژن کل در بین ارقام را به خود اختصاص داد. رقم ریژاو نیز بیشترین محتوای نیتروژن ساقه، کاه سنبله و نیتروژن کل بخش رویشی در مرحله رسیدگی را داشت (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهد میزان اختصاص نیتروژن به اندام‌های مختلف در ارقام مورد بررسی متفاوت بود. رقم ریژاو محتوای نیتروژن برگ بیشتری در مرحله گلدهی در مقایسه با سایر ارقام داشت اگرچه به لحاظ آماری از این حیث تفاوت معنی‌داری با رقم آذر ۲ نداشت. همان‌طور که نتایج مربوط به محتوای کلروفیل نیز آمده است رقم ریژاو غلظت کلروفیل برگ بیشتری نسبت به رقم سرداری ارقام داشت (جدول ۳)، با توجه به نقش ساختاری نیتروژن در مولکول کلروفیل افزایش محتوای کلروفیل در ارقامی که نیتروژن بیشتری را به برگ‌ها اختصاص می‌دهند قابل انتظار است. بنابراین میزان نیتروژن برگ با توجه

درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). گیاهان آبیاری شده شاخص پایداری غشای بیشتری نسبت به گیاهان تحت شرایط دیم داشتند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد رقم ریژاو کمترین مقدار شاخص پایداری غشا را داشت. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن شاخص پایداری غشا افزایش یافته به گونه‌ای که در بین تیمارهای کودی تیمار  $N_1$  کمترین مقدار شاخص پایداری غشا را داشت و بین تیمار کودی  $N_2$  و  $N_3$  تفاوت معنی‌داری از این لحاظ مشاهده نشد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی افزایش مقادیر گونه‌های مختلف اکسیژن فعال باعث آسیب‌های اکسیداتیو و تخریب دیواره سلولی و کاهش پایداری غشا می‌شود. از جمله خسارت‌های اکسیداتیو که بر اثر تولید رادیکال‌های اکسیژن ایجاد می‌شود، می‌توان خسارت اکسیداتیو به لیپیدها و پروتئین‌ها را نام برد. در واقع گونه‌های فعال اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدها و از بین رفتن پروتئین‌ها می‌شوند و از این راه باعث ایجاد خسارت به غشای سلولی و نشت الکترولیت‌ها و در نهایت کاهش پایداری غشای سلولی می‌شوند (۱۲ و ۲۲). پایداری غشای سلولی و نشت الکترولیتی کمتر در شرایط تنش خشکی یکی از اجزای اصلی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف محسوب می‌شود که رقم ریژاو از این نظر از ثبات غشای سلولی کمتری نسبت به ارقام سرداری و آذر ۲ برخوردار بود. صداقت و همکاران (۳۳) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش پایداری غشای سلولی در ارقام گندم شد. آنها همچنین تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ میزان خسارت وارد شده به غشای سلولی مشاهده کردند. نتایج مطالعه‌ای که در آن اثرات تغذیه گیاهچه‌های علف نیزار به وسیله کود نیتروژن تحت شرایط تنش خشکی بررسی شده است نشان می‌دهد گیاهچه‌هایی که با کود نیتروژن تیمار شده بودند، از پایداری غشای سلولی بیشتری در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده برخوردار بودند (۳۱). همچنین گزارش شده است تحت شرایط تنش خشکی کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش پایداری غشای سلولی و محتوای کلروفیل برگ شده است (۸).

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های محتوای نیتروژن دانه و نیتروژن ماده خشک برگ، ساقه، کاه سنبله و نیتروژن کل در گلدهی و رسیدگی سه رقم گندم تحت تأثیر سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن کل سه رقم گندم تحت تأثیر سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن

عامل آزمایشی	محتوای نیتروژن در گلدهی (mg plant <sup>-1</sup> )					محتوای نیتروژن در رسیدگی (mg plant <sup>-1</sup> )				
	برگ	ساقه	کاه سنبله	کل بوته	برگ	ساقه	کاه سنبله	کل اندام‌های رویشی	دانه	کل بوته
سطوح آبیاری										
دیم	۵/۲۵ <sup>b</sup>	۸/۳۳ <sup>b</sup>	۶/۲۰ <sup>a</sup>	۲۰/۱۸ <sup>b</sup>	۰/۸۲ <sup>a</sup>	۱/۸۴ <sup>a</sup>	۲/۳۳ <sup>a</sup>	۵/۰۰ <sup>a</sup>	۱۹/۴۹ <sup>b</sup>	۲۴/۴۹ <sup>a</sup>
یکبار آبیاری	۵/۸۱ <sup>a</sup>	۱۰/۰۵ <sup>a</sup>	۶/۴۱ <sup>a</sup>	۲۲/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۸۶ <sup>a</sup>	۱/۹۷ <sup>a</sup>	۲/۳۷ <sup>a</sup>	۵/۲۱ <sup>b</sup>	۲۳/۲۸ <sup>a</sup>	۲۸/۴۹ <sup>b</sup>
رقم										
ریژاو	۵/۷۳ <sup>a</sup>	۹/۷۰ <sup>a</sup>	۷/۰۵ <sup>a</sup>	۲۲/۴۷ <sup>a</sup>	۰/۷۹ <sup>b</sup>	۲/۱۷ <sup>a</sup>	۲/۵۲ <sup>a</sup>	۵/۴۹ <sup>a</sup>	۲۱/۰۵ <sup>a</sup>	۲۶/۵۴ <sup>a</sup>
سرمداری	۵/۲۵ <sup>b</sup>	۸/۵۳ <sup>a</sup>	۵/۵۷ <sup>c</sup>	۱۹/۳۴ <sup>b</sup>	۰/۸۴ <sup>ab</sup>	۱/۹۰ <sup>b</sup>	۲/۱۸ <sup>b</sup>	۴/۹۳ <sup>b</sup>	۲۰/۴۹ <sup>a</sup>	۲۵/۴۲ <sup>a</sup>
آذر ۲	۵/۶۲ <sup>a</sup>	۹/۸۷ <sup>a</sup>	۶/۳۰ <sup>b</sup>	۲۱/۷۹ <sup>a</sup>	۰/۹۰ <sup>a</sup>	۱/۶۵ <sup>c</sup>	۲/۳۴ <sup>b</sup>	۴/۹۰ <sup>b</sup>	۲۲/۶۲ <sup>a</sup>	۲۷/۵۲ <sup>a</sup>
تیمارهای کودی										
N <sub>1</sub>	۴/۴۹ <sup>c</sup>	۷/۸۹ <sup>c</sup>	۵/۶۰ <sup>b</sup>	۱۷/۹۷ <sup>c</sup>	۰/۶۸ <sup>b</sup>	۱/۶۶ <sup>b</sup>	۲/۱۴ <sup>b</sup>	۴/۴۹ <sup>c</sup>	۱۷/۲۷ <sup>c</sup>	۲۱/۸۶ <sup>c</sup>
N <sub>2</sub>	۵/۸۳ <sup>b</sup>	۹/۴۸ <sup>b</sup>	۶/۴۳ <sup>a</sup>	۲۱/۷۴ <sup>b</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۱/۹۳ <sup>a</sup>	۲/۳۹ <sup>a</sup>	۵/۲۱ <sup>b</sup>	۲۱/۲۵ <sup>b</sup>	۲۶/۴۶ <sup>b</sup>
N <sub>3</sub>	۶/۷۷ <sup>a</sup>	۱۰/۷۴ <sup>a</sup>	۶/۸۸ <sup>a</sup>	۲۳/۹۰ <sup>a</sup>	۰/۹۷ <sup>a</sup>	۲/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۵۲ <sup>a</sup>	۵/۶۱ <sup>a</sup>	۲۵/۶۵ <sup>a</sup>	۳۱/۲۶ <sup>a</sup>

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. N<sub>1</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز، N<sub>2</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار، N<sub>3</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار + ۲۰ کیلوگرم محلولپاشی نیتروژن

تیمارهای کودی با میزان نیتروژن پایین نیز محتوای نیتروژن اندام هوایی کاهش می‌یابد (۳۰ و ۳۶) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

#### انتقال مجدد نیتروژن به دانه

نتایج نشان داد که آبیاری روی مقدار نیتروژن انتقال مجدد نیتروژن ساقه و انتقال مجدد نیتروژن کل اندام‌های رویشی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود ولی کارایی انتقال مجدد نیتروژن هیچ کدام از اندام‌های مورد بررسی (برگ، ساقه، کاه سنبله و انتقال مجدد کل) تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار نگرفت (جدول ۲). در شرایط آبیاری تکمیلی مقدار انتقال مجدد نیتروژن ساقه و انتقال مجدد نیتروژن کل اندام‌های رویشی به ترتیب به میزان ۱۴/۲۰ و ۱۲/۰۵ درصد بیشتر از شرایط دیم بود (جدول ۵). اگرچه محتوای نیتروژن در اندام‌های مورد بررسی در مرحله گلدهی در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر بود ولی در مرحله رسیدگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد نیتروژن بیشتر در کل بوته در مرحله گلدهی، در طی مرحله پرشدن دانه به صورت انتقال مجدد به دانه انتقال می‌یابد و این امر سبب شده است که کارایی انتقال مجدد نیتروژن در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به دیم تغییر معنی‌داری نداشته باشد. بین ارقام از نظر کارایی انتقال مجدد نیتروژن برگ و کاه سنبله در سطح احتمال پنج درصد و از نظر مقدار انتقال مجدد نیتروژن برگ، سنبله، کل اندام‌های رویشی، کارایی انتقال مجدد نیتروژن ساقه و نیتروژن کل اندام‌های رویشی در سطح احتمال یک درصد تفاوت وجود داشت (جدول ۲). در رقم سرداری میزان نیتروژن انتقال مجدد یافته از برگ، سنبله و نیتروژن کل انتقال یافته از برگ، سنبله و نیتروژن کل اندام‌های رویشی کمتری مشاهده شد. رقم ریژا بیشترین کارایی انتقال مجدد نیتروژن برگ را به خود اختصاص داد اگرچه کمترین کارایی انتقال مجدد نیتروژن کل اندام‌های رویشی را داشت. رقم سرداری کمترین کارایی انتقال مجدد نیتروژن از ساقه را داشت (جدول ۵).

به ارتباط آن با آسیمیلایسیون دی‌اکسید کربن حائز اهمیت است. ماسونی و همکاران (۲۴) در مطالعه خود روی ارقام گندم دوروم تفاوت بین ارقام از نظر میزان نیتروژن اندام‌های مختلف را مشاهده کردند آنها اظهار داشتند تفاوت‌های ژنتیکی از لحاظ محتوای نیتروژن اندام‌های مختلف در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی مشاهده شد. ارقام مختلف گندم توانایی متفاوتی در جذب عناصر غذایی دارند که این تفاوت به مورفولوژی و ساختمان ریشه برمی‌گردد. نتایج مطالعه دیگری که روی ارقام مختلف گندم انجام گرفت، نشان داد که ارقام گندم مورد بررسی از نظر جذب و تخصیص نیتروژن به اندام‌های هوایی با همدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (۹).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار کودی نیتروژن روی محتوای نیتروژن اندام‌های مختلف در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین محتوای نیتروژن برگ، ساقه، سنبله و نیتروژن کل بوته در مرحله گلدهی و رسیدگی مربوط به تیمار کودی  $N_1$  بود. بیشترین محتوای نیتروژن برگ، ساقه و نیتروژن کل در مرحله گلدهی مربوط به تیمار کودی  $N_2$  بود. با افزایش مصرف نیتروژن و همچنین محلولپاشی کود نیتروژن محتوای نیتروژن دانه افزایش یافت به طوری که بیشترین نیتروژن دانه مربوط به تیمار کودی  $N_2$  بود (جدول ۴). در گیاهان نیتروژن برای رشد برگ و شکل‌گیری کانوپی به منظور دریافت نور خورشید و در ادامه انجام فتوسنتز در بافت سبز لازم است. در زراعت گندم دیم با توجه به شرایط رطوبتی در مراحل پایانی رشد، جذب نیتروژن از خاک با محدودیت همراه است بنابراین تغذیه برگ گیاه می‌تواند نقش بسیار مهمی در افزایش میزان نیتروژن در اندام‌های گیاه ایفا کند. جذب نیتروژن و تخصیص آن به اندام‌های مختلف در گندم به شرایط محیطی به‌ویژه آب در دسترس بستگی دارد در شرایط مدیترانه‌ای با توجه به تنش خشکی در مراحل پایانی رشد، جذب نیتروژن کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد با کاهش میزان آب قابل دسترس میزان نیتروژن اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. همچنین در

جدول ۵. تأثیر سطوح آبیاری، رقم و مقادیر نیتروژن روی میزان انتقال مجدد نیتروژن و کارایی انتقال مجدد نیتروژن اندام‌های مورد بررسی و سهم انتقال مجدد کل در نیتروژن دانه

عامل آزمایشی	انتقال مجدد نیتروژن ( $\text{mg plant}^{-1}$ )				کارایی انتقال مجدد نیتروژن (%)				سهم انتقال مجدد نیتروژن به دانه (%)
	برگ	ساقه	کاه سنبله	کل	برگ	ساقه	کاه سنبله	کل	
<u>سطوح آبیاری</u>									
دیم	۴/۴۲ <sup>a</sup>	۶/۸۹ <sup>b</sup>	۳/۸۷ <sup>a</sup>	۱۵/۱۸ <sup>b</sup>	۵۴/۱۹ <sup>a</sup>	۷۸/۶۸ <sup>a</sup>	۶۲/۱۹ <sup>a</sup>	۷۵/۱۲ <sup>a</sup>	۷۹/۹۹ <sup>a</sup>
یکبار آبیاری	۴/۹۵ <sup>a</sup>	۸/۰۳ <sup>a</sup>	۴/۰۴ <sup>a</sup>	۱۷/۰۱ <sup>a</sup>	۸۴/۸۸ <sup>a</sup>	۷۹/۸۱ <sup>a</sup>	۶۲/۸۱ <sup>a</sup>	۷۶/۳۸ <sup>a</sup>	۷۳/۸۸ <sup>a</sup>
<u>رقم</u>									
ریژاو	۴/۹۴ <sup>a</sup>	۷/۵۳ <sup>a</sup>	۴/۵۲ <sup>a</sup>	۱۶/۹۸ <sup>a</sup>	۸۵/۸۸ <sup>a</sup>	۷۷/۳۳ <sup>a</sup>	۶۴/۵ <sup>a</sup>	۷۵/۴۲ <sup>b</sup>	۸۱/۸۸ <sup>a</sup>
سرداری	۴/۴۰ <sup>b</sup>	۶/۶۳ <sup>a</sup>	۳/۳۹ <sup>c</sup>	۱۴/۴۲ <sup>b</sup>	۸۳/۸۷ <sup>b</sup>	۷۷/۲۴ <sup>b</sup>	۶۰/۷۰ <sup>b</sup>	۷۴/۳۹ <sup>b</sup>	۷۲/۶۸ <sup>b</sup>
آذر	۴/۷۱ <sup>a</sup>	۸/۲۳ <sup>a</sup>	۳/۹۶ <sup>b</sup>	۱۶/۹۰ <sup>a</sup>	۸۳/۸۷ <sup>b</sup>	۸۳/۱۶ <sup>a</sup>	۸۳/۸۷ <sup>ab</sup>	۷۷/۴۳ <sup>a</sup>	۷۶/۲۵ <sup>ab</sup>
<u>تیمارهای کودی</u>									
N <sub>۱</sub>	۳/۸۱ <sup>b</sup>	۶/۲۲ <sup>c</sup>	۳/۴۵ <sup>b</sup>	۱۳/۴۹ <sup>c</sup>	۸۴/۶۹ <sup>a</sup>	۷۸/۷۶ <sup>a</sup>	۶۱/۴۵ <sup>a</sup>	۷۴/۹۸ <sup>a</sup>	۷۹/۸۱ <sup>a</sup>
N <sub>۲</sub>	۴/۹۴ <sup>a</sup>	۷/۵۴ <sup>b</sup>	۴/۰۴ <sup>a</sup>	۱۶/۵۳ <sup>b</sup>	۸۴/۸۱ <sup>a</sup>	۷۹/۰۳ <sup>a</sup>	۶۲/۸۲ <sup>a</sup>	۷۵/۹۱ <sup>a</sup>	۷۹/۱۲ <sup>a</sup>
N <sub>۳</sub>	۵/۳۰ <sup>a</sup>	۸/۶۲ <sup>a</sup>	۴/۳۶ <sup>a</sup>	۱۸/۲۹ <sup>a</sup>	۸۴/۱۳ <sup>a</sup>	۷۹/۹۴ <sup>a</sup>	۶۳/۲۳ <sup>a</sup>	۷۶/۳۵ <sup>a</sup>	۷۱/۸۸ <sup>a</sup>

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. N<sub>۱</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز، N<sub>۲</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار، N<sub>۳</sub> = ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در پاییز + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار و ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در بهار و ۲۰ کیلوگرم محلولپاشی نیتروژن

نیتروژن به منظور تولید پروتئین به دانه انتقال داده می‌شود (۱۵)، ۳۹ و ۴۱). بعد از گلدهی، جذب و آسمیلاسیون نیتروژن ادامه پیدا می‌کند و مقادیر قابل توجهی از آسمیلاسیون نیتروژن در طی دوره پرشدن دانه انجام می‌گیرد (۹). نیتروژن موجود در ماکرومولکول‌ها (پروتئین و اسیدهای نوکلئیک) به صورت گلوتامات، گلوتامین و سایر اسیدهای آمینه، تجزیه شده و در آوند آبکش بارگیری و به مخازن در حال توسعه منتقل می‌شود (۱۳). نتایج مطالعات نشان می‌دهد سهم انتقال مجدد نیتروژن از اندام هوایی و ریشه به دانه در گندم ۵۰ تا ۹۵ است (۱۵ و ۲۴).

### نتیجه‌گیری کلی

محدودیت رطوبتی و کمبود نیتروژن خاک در شرایط دیم معمولاً باعث کاهش رشد محصولات می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط دیم غلظت کلروفیل برگ، پرولین، گلیسین

در رقم سرداری سهم انتقال مجدد نیتروژن به دانه کمترین مقدار بود هرچند از این نظر با رقم آذر ۲ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). نتایج مطالعات انجام شده روی گندم تفاوت بین ارقام مختلف از لحاظ کارایی انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های مختلف را نشان می‌دهد (۹ و ۲۴). نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین تیمارهای کودی از نظر انتقال مجدد نیتروژن در اندام‌های مختلف مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد تفاوت وجود داشت، اما به لحاظ کارایی انتقال مجدد نیتروژن در هیچ‌کدام از اندام‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). کمترین میزان نیتروژن انتقال مجدد یافته در اندام‌های مختلف مربوط به تیمار کودی N<sub>۱</sub> بود (جدول ۵). در گندم بیشتر نیتروژن جذب شده در مراحل اولیه رشد در اندام‌های رویشی تجمع پیدا می‌کند و سپس در مرحله رشد زایشی و در طول دوره پرشدن دانه این

افزایش شاخص پایداری غشا نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، کمتر بود. آبیاری تکمیلی با افزایش محلول خاک سبب جذب بیشتر نیتروژن توسط گیاه می‌شود. محتوای نیتروژن برگ، ساقه و نیتروژن کل اندام‌های رویشی در مرحله گلدهی و محتوای نیتروژن دانه در مقایسه با شرایط دیم به ترتیب ۱۰/۶۷، ۱۴/۵۵، ۱۰/۱۱ و ۱۹/۴۵ درصد بیشتر بود. رقم ریژا با ۷۷/۴۳ درصد انتقال مجدد نیتروژن بیشترین میزان انتقال مجدد نیتروژن را در بین ارقام به‌خود اختصاص داد. همچنین رقم ریژا با ۸۱/۸۸ درصد بالاترین سهم انتقال مجدد نیتروژن در محتوای نیتروژن دانه را به‌خود اختصاص داد. اگر چه از این نظر با رقم آذر ۲ تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد تیمار کودی  $N_2$  و  $N_3$  سبب افزایش محتوای کلروفیل، پرولین، گلیسین بتائین و

افزایش شاخص پایداری غشا در مقایسه با تیمار کودی  $N_1$  شد. نیتروژن کل بوته در مرحله گلدهی در تیمار کودی  $N_2$  به‌ترتیب به میزان ۹/۹۴ و ۳۳ درصد نسبت به تیمار کودی  $N_1$  و  $N_2$  بیشتر بود. نیتروژن کل بوته در تیمار کودی  $N_2$  در مرحله رسیدگی نیز به‌میزان ۷/۶۸ و ۲۴/۹۴ درصد بیشتر از تیمار کودی  $N_1$  و  $N_2$  بود. تیمار کودی  $N_2$  (محلولپاشی کود نیتروژن + ۱۰۰ کیلوگرم مصرف خاکی نیتروژن) باعث افزایش ۲۰ درصدی نیتروژن دانه نسبت به تیمار کودی  $N_2$  شد. نظر به اینکه تنش رطوبتی در مراحل پایانی رشد فعالیت ریشه‌ها را برای جذب نیتروژن از خاک و در نهایت انتقال آن به دانه محدود می‌کند، محلولپاشی اوره در مرحله سنبله‌دهی می‌تواند سبب بهبود کیفیت دانه گندم در دیمزارها باشد.

#### منابع مورد استفاده

1. Agami, R. A., S. A. Alamri, T. A. El-Mageed, M. S. M. Abousekken and M. Hashem. 2018. Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. *Agricultural Water Management* 210: 261-270.
2. Ahmadi, K., H. R. Ebadzadeh, H. Abdeshah, A. Kazemiyani and M. Rafiee. 2019. Agricultural Statistics. First volume. Crops in 2016-2017. Ministry of Agriculture-Jahad, Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center. (In Farsi).
3. Akbari Moghaddam, H. 2013. Partitioning of dry matter and morpho-physiological reactions of bread wheat cultivars committed to drought conditions at different stages of growth. Zabol University. Zabol, Iran.
4. Amini, S., C. Ghobadi and A. Yamchi. 2015. Proline accumulation and osmotic stress: an overview of P5CS gene in plants. *Journal of Plant Molecular Breeding* 3(2): 44-55.
5. Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Regions. Leonard Hill. London. England.
6. Ashraf, M. F. and M. R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59(2): 206-216.
7. Austin, R. B., M. A. Ford, J. A. Edrich and R. D. Blackwell. 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *The Journal of Agricultural Science* 88(1): 159-167.
8. Bahavar, N., A. Ebadi, A. Tobeh and S. H. Jamati Somarin. 2009. Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress in hydroponics conditions. *Research Journal of Environmental Sciences* 3(4): 448-455.
9. Barraclough, P. B., R. Lopez-Bellido and M. J. Hawkesford. 2014. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. *Field Crops Research* 156: 242-248.
10. Bates, L. S., R. P. Waldren and I. B. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
11. Bojović, B. and A. Marković. 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science* 31(5827): 69-74.
12. Chen, W. P., P. H. Li and T. H. H. Chen. 2000. Glycine betaine increases chilling tolerance and reduces chilling induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Journal of Plant Cell Environment* 23: 609-618.
13. Distelfeld, A., R. Avni and A. M. Fischer. 2014. Senescence, nutrient remobilization, and yield in wheat and barley. *Journal of Experimental Botany* 65(14): 3783-3798.
14. Fealegari, H., M. Ghobadi, G. Mohammadi and S. Jalali-Honarmand. 2017. Investigation of physiological traits of wheat cultivars under different levels of nitrogen and irrigation. *Plant Technology Production* 16(2): 97-109. (In Farsi).

15. Gaju, O., V. Allard, P. Martre, J. Le Gouis, D. Moreau, M. Bogard and M. J. Foulkes. 2014. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Research* 155(1): 213-223.
16. Grieve, C. M. and S. R. Grattan. 1983 Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. *Plant Soil* 70: 303-307.
17. Guo, Z., Y. Shi, Z. Yu and Y. Zhang. 2015. Supplemental irrigation affected flag leaves senescence post-anthesis and grain yield of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Field Crops Research* 180: 100-109.
18. Gupta, O. P., V. Mishra, N. K. Singh, R. Tiwari, P. Sharma, R. K. Gupta and I. Sharma. 2015. Deciphering the dynamics of changing proteins of tolerant and intolerant wheat seedlings subjected to heat stress. *Molecular Biology Reports* 42(1): 43-51.
19. Hirel, B., J. Le Gouis, B. Ney and A. Gallais. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany* 58(9): 2369-2387.
20. Hörtensteiner, S. and U. Feller. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany* 53(370): 927-937.
21. Hoseini, M., G. A. Fathi, M. Kohestani and M. R. Bihamta. 2018. Effect of CO<sub>2</sub> concentration and soil nitrogen availability on physiological and growth indices of wheat. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 49(4): 767-779. (In Farsi).
22. Jiang, Y. and N. Huang. 2001. Drought and Heat stress injury to two cool season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Journal of Crop Science* 41: 436-442.
23. Kong, L., Y. Xie, L. Hu, B. Feng and S. Li. 2016. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 196: 134-144.
24. Masoni, A., L. Ercoli, M. Mariotti and I. Arduini. 2007. Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soil type. *European Journal of Agronomy* 26(3): 179-186.
25. Mulholland, M. M. and M. L. Otte. 2002. The effects of nitrogen supply and salinity on DMSP, glycine betaine and proline concentrations in leaves of *Spartina anglica*. *Aquatic Botany* 72(2): 193-200.
26. Narimani, H., R. Seyed Sharifi, R. Khalilzadehrazieh and G. Aminzadeh. 2019. Effects of supplementary irrigation and nano iron oxide on chlorophyll content and grain filling components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain fed condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 12(3): 735-746. (In Farsi).
27. Nio, S. A., D. P. M. Ludong and L. J. Wade. 2018. Comparison of leaf osmotic adjustment expression in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit between the whole plant and tissue levels. *Agriculture and Natural Resources* 52(1): 33-38.
28. Oweis, T. and A. Hachum. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management* 80: 57-73.
29. Oweis, T. and A. Hachum. 2009. Optimizing supplemental irrigation: tradeoffs between profitability and sustainability. *Agricultural Water Management* 96: 511-516.
30. Pan, J., Y. Zhu, D. Jiang, T. Dai, Y. Li and W. Cao. 2006. Modeling plant nitrogen uptake and grain nitrogen accumulation in wheat. *Field Crops Research* 97(2-3): 322-336.
31. Saneoka, H., R. E. A. Moghaieb, G. S. Premachandra and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. *Journal of Environmental and Experimental Botany* 52: 131-138.
32. Santiveri, F., C. Royo and I. Romagosa. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 20(3): 281-292.
33. Sedaghat, M., Z. Tahmasebi-Sarvestani, Y. Emam and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2017. Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. *Plant Physiology and Biochemistry* 119: 59-69.
34. Sedri, M. H. 2016. Effects of rate and timing of nitrogen application on nitrogen use efficiency and drought stress resistance of rainfed wheat using 15N labeled urea. PhD. Thesis. Zanjan University. Zanjan, Iran.
35. Shiferaw, B. and D. A. Baker. 1996. An evaluation of drought screening techniques for *Eragrostis tef*. *Tropical Science* 36: 74-85.
36. Sinclair, T. R., P. J. Pinter, J. B. A. Kimball, F. J. Adamsen, R. L. Lamorte, G. W. Wall and T. Thompson. 2000. Leaf nitrogen concentration of wheat subjected to elevated [CO<sub>2</sub>] and either water or N deficits. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79(1): 53-60.
37. Vannozzi, G. and F. Larner. 2007. Proline accumulation during drought rhizogene in maize. *Journal of Plant Physiology* 85: 441-467.
38. Wang, G. P., X. Y. Zhang, F. Li, Y. Luo and W. Wang. 2010. Over accumulation of glycine betaine enhances

- tolerance to drought and heat stress in wheat leaves in the protection of photosynthesis. *Photosynthetica* 48(1): 117-126.
39. Xu, Z. Z., Z. W. Yu and D. Wang. 2006. Nitrogen translocation in wheat plants under soil water deficit. *Plant and soil* 280(1-2): 291-303.
40. Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu and L. Liu. 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal* 93(1): 196-206.
41. Zhang, Y. H., N. N. Sun, J. P. Hong, Q. Zhang, W. A. N. G. Chao, Q. W. Xue and Z. M. Wang. 2014. Effect of source-sink manipulation on photosynthetic characteristics of flag leaf and the remobilization of dry mass and nitrogen in vegetative organs of wheat. *Journal of Integrative Agriculture* 13(8): 1680-1690.



## Evaluation of Some Physiological Responses Related to Nitrogen and Remobilization of Nitrogen in Wheat Affected by Supplemental Irrigation and Nitrogen Fertilization

L. Moradi<sup>1</sup>, A. Si o se Marde<sup>2\*</sup>, Y. Sohrabi<sup>2</sup>, B. Bahram Nejad<sup>2</sup> and F. Hosein Panahi<sup>3</sup>

(Received: November 28-2020; Accepted: March 01-2021)

### Abstract

Accumulation of nitrogen in vegetative organs and its translocation to grain of wheat are important processes that determine the yield and quality. In order to investigate the effect of supplemental irrigation nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, yield and yield components of three wheat cultivars a split-split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with 3 replications at Research Field of Kurdistan University, Sanandaj, west of Iran, during 2016-2017. Treatments were two levels of Irrigation (rainfed and irrigation at the booting stage) as main-plots, three rainfed cultivars (Sardari, Azar2, and Rejaw) as subplot and three rates of nitrogen (50 kg/ha N (N1), 100 kg/ha N (N2) and 100 kg/ha N plus 20 kg/ha N (N3) foliar application in Heading stage) as sub-subplot. The results showed that supplementary irrigation increased the concentration of leaf chlorophyll a, chlorophyll b, proline, and glycine betaine and decreased the electrolyte leakage. Supplemental irrigation also increased leaf nitrogen, chaff and total nitrogen content at flowering stage. Rejaw cultivar had the highest leaf nitrogen remobilization efficiency and the lowest total nitrogen remobilization efficiency. N1 fertilizer treatment led to the lowest concentration of leaf chlorophyll a and b, proline, glycine betaine, and nitrogen, and stem, chaff and total nitrogen in both flowering and maturity stages. Nitrogen remobilization was affected by supplementary irrigation and different rates of nitrogen fertilizer. It seems that supplementary irrigation in the booting stage leads to an increase in nitrogen content in the vegetative organs, which is transferred to the grain during the seed filling stage.

**Keywords:** Vegetative organs, Membrane stability, Nitrogen content, Efficiency, Photosynthesis

1, 2 and 3. PhD Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: a33@uok.ac.ir