مجله علوم گياهان زراعي ايران
دوره ۴۰، شماره ۳، ۱۳۸۸ (۴۰-۳۱)

اثر حذف برگ بر عملكرد و انتقال مجدد مواد در شرايط مختلف رطوبتي و نيتروژن خاك در گندم نان

محسن‌جان محمدي[۱]*، علي احمدي[۲] و كاظم پوستيني[۳]
۱، ۲، ۳، دانشجوي دكتري، دانشيار و استاد، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران
(تاريخ دريافت: ۸۵/۱۱/۱۲- تاريخ تصويب: ۸۷/۳/۸)

چكيده

تحقيق حاضر به منظور بررسي واكنش گندم نان به تعديل منبع در شرايط متغيير رطوبتي و نيتروژن خاك انجام گرفت. بدين منظور دو آزمايش مزرعه‌اي جداگانه تنش و عدم تنش رطوبتي به صورت فاكتوريل و در قالب طرح بلوكهاي كامل تصادفي با ۳ تكرار در مزرعه تحقيقاتي دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران، كرج، و در فصل زراعي ۸۴-۸۳ اجرا شد. تنش خشكي از مرحله غلاف‌رفتن شروع و تا پايان رشد ادامه داشت. برگزدايي در دو مرحله غلاف‌رفتن و گرده‌افشاني و به دو صورت حذف تمام برگها و حذف تمام برگها بجز برگ پرچم صورت گرفت. تيمار كود نيتروژن عبارت بود از عدم مصرف كود نيتروژن‌دار و مصرف ۲۵۰ كيلو گرم در هكتار كود اوره در مرحله ساقه‌دهي. نتايج حاصل از تجزيه واريانس جداگانه آزمايش‌ها نشان داد كه اثر متقابل برگزدايي و كود نيتروژن‌دار براي هيچ يك از صفات در هيچ يك از آزمايش‌ها معني‌دار نبود. اجراي تيمارهاي برگزدايي در هر دو رژيم رطوبتي تأثيري بر عملكرد و وزن هزار دانه نداشتند. گياهان برگزدايي شده در مقايسه با شاهد كارايي انتقال مجدد بالاتري را نشان دادند. برگزدايي در شرايط تنش خشكي موجب كاهش درصد پروتئين دانه گرديد. مصرف كود نيتروژن ميزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه و درصد پروتئين دانه را در شرايط تنش خشكي افزايش داد. نتايج حاصل از تجزيه واريانس مركب آزمايش‌ها نشان داد كه برگزدايي بر عملكرد اثر معني‌دار دارد، حذف تمام برگها در مرحله غلاف‌برگ در مقايسه با ساير سطوح برگزدايي عملكرد كمتري را بهمراه داشت. اثر متقابل محيط (رژيم رطوبتي) با برگزدايي براي وزن هزار دانه، درصد پروتئين و انتقال مجدد معني‌دار بود. بيشترين درصد پروتئين دانه در آزمايش تنش خشكي و درگياهان بدون برگزدايي مشاهده شد. بالاترين ميزان انتقال مجدد به تيمارهاي برگزدايي كامل در شرايط تنش خشكي اختصاص داشت. اثرات متقابل رژيم رطوبتي و نيتروژن براي درصد پروتئين دانه و ميزان انتقال مجدد معني‌دار بود. مصرف كود نيتروژن در شرايط تنش خشكي درصد پروتئين دانه را بطور معني‌داري افزايش داد.

واژه‌هاي كليدي: برگزدايي، پروتئين دانه، تنش خشكي، كود نيتروژن.

مقدمه

گندم بين تمامي گياهان زراعي بيشترين سطح زير كشت را در جهان به خود اختصاص داده‌است و تقريباً يك ششم از زمين‌هاي زراعي جهان زير كشت گندم مي‌باشد. علاوه بر سطح زير كشت، بالاترين ميزان توليد نيز در مقايسه با ساير گياهان زراعي به گندم اختصاص دارد (FAO, 2005). اگرچه در سلسله گياهي، گندم يكي از بهترين گونه‌هاي زراعي سازگار شده است ولي ميزان توليد

* نويسنده مسئول: محسن جان محمدي تلفن:۰۲۶۱-۲۲۴۶۰۷۴ E-mail: m.janmohammadi@gmail.com

و عملکرد این گیاه زراعي همانند سایر گیاهان زراعي به شدت متأثر از عوامل تنش‌زاي محیطي مي‌باشد و همواره این نگراني وجود دارد که آیا گندم تولیدي جوابگویي نیاز جمعیت در حال رشد جهان خواهد بود (Satorre & Slafer, 2002).

از کل زمین‌هاي کشاورزي جهان در سال ۲۰۰۳، فقط ۵/۷ درصد آن به صورت فاریاب کشت شده‌اند و مابقي متکي بر نزولات آسماني بوده‌است (کشت دیم) (FAO, 2003). در کشور ایران نیز که بخش وسیعي از آن داراي اقلیم نیمه خشك مي‌باشد، تنها ۱۲/۲ درصد از کل اراضي زیر کشت آن به صورت فاریاب مي‌باشد (FAO, 2004)، و در بقیه اراضي کشت دیم انجام مي‌شود. تنش خشکي آخر فصل در شرایط کشت دیم و کم‌آبیاري آخر فصل (به علت فرارسیدن زمان کشت صیفي‌جات) در شرایط فاریاب از ویژگیهاي بارز و غالب مناطق نیمه‌خشك و داراي اقلیم مدیترانه‌اي مي‌باشد و یکي از مهمترین عوامل محیطي کاهش‌دهنده عملکرد بحساب مي‌آید.

برگها به عنوان اصلي‌ترین اندامهاي فتوسنتز کننده در گیاهان محسوب مي‌گردند، در عین حال عامل اصلي تلفات آب از خاك و گیاه نیز مي‌باشند. این در حالي است که به نظر مي‌رسد در گیاه گندم برگهاي پایییني در اواخر دوره رشد، کارایي فتوسنتزي ناچیزي دارند (Packridge, 1969; Zhenlin et al., 1998). در مرحله ۱۰ روز بعد از گرده‌افشاني تنها ۳ برگ بالایي گندم از نظر فتوسنتزي فعال بودند و در این میان میزان فتوسنتز برگ پرچم برابر مجموع فتوسنتز دو برگ پایییني بود (Packridge, 1969). کاهش سطح برگ گندم مي‌تواند از طریق کاهش هدررفت آب و افزایش ذخیره آب در خاك براي مراحل حساس انتهایي رشد، عملکرد را بهبود بخشد (Richards, 1983). در بررسي نامبرده حذف نصف پهنك برگهاي گندم در مرحله‌اي که اندازه هر برگ به حداکثر مي‌رسید در سه رقم که از نظر پتانسیل عملکرد مشابه ولي از نظر سطح برگ متفاوت بودند، عملکرد دانه و شاخص برداشت را در هر دو شرایط رطوبتي مطلوب و تنش خشکي بهبود بخشید. Zhu et al. (2004) گزارش دادند که حذف تمام برگها در مراحل پنجه‌زني گندم با تاریخ کاشت زود (آوریل) موجب افزایش عملکرد دانه (تا ۷/۳ درصد)، شاخص برداشت (تا ۱۰/۷ درصد) و راندمان مصرف آب (تا ۲۲ درصد) گردید این در حالي بود که برگزدایي در مرحله غلاف‌برگ صفات مذکور را کاهش داد. همچنین برگزدایي گندم در مرحله پنجه‌زني موجب افزایش کارایي جذب و انتقال مجدد نیتروژن گردید (Zhu et al., 2006).

حذف ۱/۲ و ۱/٤ پهنك برگهاي گندم در مرحله گرده افشاني موجب افزایش فتوسنتز قسمت‌هاي باقیمانده در برگها گردید ولي تأثیري روي وزن دانه‌ها نداشت (Zhenlin et al., 1998). همچنین مشخص شده است که واکنش ارقام مختلف گندم در برابر تغییرات نسبت مبدأ به مقصد مختلف بوده و احتمالاً برخی از ارقام در برابر این تغییرات عکس‌العملي نشان نمي‌دهند (Yong-zhan et al., 1996). حذف تمام برگهاي پایییني برگ پرچم در مرحله غلاف رفتن، گرده افشاني و۲۰ روز بعد از گرده‌افشاني در گندم (رقم قدس) در شرایط فاریاب تأثیري روي عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه نداشت (Joodi et al., 2006). حذف نیمه انتهایي برگهاي ذرت در مرحله گل تاجي، عملکرد را تا ۲۱ درصد افزایش دادند در حالي که حذف تمام برگها عملکرد را به میزان ۵۲ درصد کاهش داد و موجب کاهش وزن ساقه‌ها گردید (Emam & Saghe-eslami, 1999).

بخش عمده جذب نیتروژن در گیاهان در مراحل قبل از گرده‌افشاني صورت مي‌گیرد و در اندامهاي رویشي ذخیره مي‌شود (Marater et al., 2003). از طرفي نیتروژن ذخیره شده در اندامهاي رویشي در مراحل بعدي به عنوان منبع اصلي تأمین نیتروژن دانه جهت سنتز پروتئین‌ها محسوب مي‌شود که این نیتروژن از طریق فرآیند انتقال مجدد به مقصدهاي زایشي در حال رشد منتقل مي‌شود (Hortensteiner & Feller, 2002). با توجه به اینکه اندامهاي رویشي عمدتاً شامل برگ‌ها مي‌باشند لذا این احتمال وجود دارد که حذف قسمتي از برگ‌ها میزان نیتروژن دانه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال تأمین نیتروژن دانه از سوي سایر اندام‌ها از جمله ریشه‌ها نیز مشاهده شده است (Anderson, 2005). علاوه بر اثرات مصرف نیتروژن بر افزایش تعرق و تشدید تنش خشکي در شرایط محدودیت رطوبتي (Shangguan et al., 2000)، نیتروژن مي‌تواند رشد رویشي، تعداد دانه، درصد پروتئین دانه را نیز تحت تأثیر قرار دهد (Delfin et al., 2005). میزان نیتروژن قابل دسترس در خاك مي‌تواند بر توانایي مبدأ (اندام‌هاي رویشي) در تأمین نیتروژن مقصد (دانه) اثر

داشته باشد (Marater et al., 2003).

اينكه آيا عوامل محدود كننده عملكرد در سطح مبدأ غالب مي‌باشند يا در سطح مقصد، موضوعي است كه همچنان مورد بحث مي‌باشد. اختلاف نظر در اين موضوع تا حدودي مي‌تواند ناشي از نتايج مختلف و بعضاً متضاد باشد كه خود ممكن است در اثر شرايط محيطي ، ارقام يا گياهان زراعي متفاوت بدست آمده باشد. احتمالاً از جمله عوامل تأثير گذار روي رابطه مبدأ و مقصد فيزيولوژيك رطوبت قابل دسترس و نيتروژن خاك مي‌باشد. در اكثر مناطق كشورمان اواخر رشد زايشي گندم با محدوديت رطوبتي مواجه مي‌باشد، كاهش منابع فتوسنتزي (برگها) مازاد بر نياز مقصدها احتمالاً مي‌تواند منجر به كاهش تلفات آب گردد. اين در حالي است كه گندم داراي توانايي استفاده از مواد ذخيره‌اي موقت خود مي‌باشد (Plaut et al., 2004)، از اينرو انتقال مجدد مواد و بروز ساير فرآيندها نظير افزايش فتوسنتز بخشهاي باقيمانده (Zhenlin et al., 1998) مي‌توانند در اين زمينه نقش جبراني داشته‌باشند. اين امر با توجه به شرايط آب و هوايي ايران مي‌تواند به عنوان راهكاري مؤثر براي بهبود راندمان مصرف آب تلقي گردد. بنابراين هدف از تحقيق حاضر تعديل منابع فتوسنتزي (قدرت مبدأ) به منظور حفظ يا افزايش فعاليت مقصد (رشد دانه و عملكرد) و در نهايت افزايش راندمان مصرف آب در شرايط محدود رطوبتي بود.

مواد و روش‌ها

اين آزمايش در سال زراعي ۸۴-۱۳۸۳ در مزرعه تحقيقاتي دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران واقع در كرج (۳۵ درجه و ۴۷ دقيقه شمالي و ۵۱ درجه و ۱۰ دقيقه شرقي با ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دريا) انجام شد. خاك محل آزمايش داراي بافت لومي- رسي بود. اين پژوهش در قالب دو آزمايش مجزا در شرايط تنش خشكي و آبياري معمولي، به صورت فاكتوريل بر پايه طرح بلوكهاي كامل تصادفي با ۳ تكرار انجام گرفت. ميانگين ماهانه بارندگي و ساير شرايط آب و هوايي فصل رشد در جدول (۱) نمايش داده شده‌است.

هر كرت آزمايشي شامل ۴ پشته و ۸ رديف كاشت به فواصل ۲۵ سانتي متر و به طول يك متر بود. براي كاشت از رقم قدس (*T. aestivum* cv. Ghods) با تيپ رشد پاييزه كه مقاوم به سرما و ريزش مي‌باشد و سنبله‌هاي آن از نوع ريشكدار مي‌باشد با تراكم ۴۰۰ بذر در متر مربع استفاده شد. تاريخ كاشت ۲۳ آبان ماه و آبياري يك روز پس از كاشت انجام شد. قبل از كاشت ۲۵۰ كيلوگرم در هكتار كود فسفات تريپل مورد استفاده قرار گرفت. اعمال تنش خشكي از مرحله غلاف‌رفتن (مرحله ۴۳ شاخص زادوكس) شروع و تا مرحله رسيدگي ادامه داشت. آبياري كرتهاي بدون تنش مطابق عرف منطقه و كرتهاي تحت تنش تا بروز علائم ظاهري تنش در گياه (تيره شدن و حالت پژمردگي در حدود ساعت ۸ صبح) به تعويق مي‌افتاد. قبل از انجام آبياري از منطقه عمق ريشه (عمق ۳۰ سانتيمتري)، نمونه خاك جهت تعيين پتانسيل آبي خاك (تعيين سطح تنش) تهيه مي‌شد. براي تعيين سطح تنش از منحني رطوبتي خاك استفاده گرديد. ابتدا درصد وزني رطوبت نمونه‌هاي خاك تعيين و پس از آن با استفاده از منحني مكش رطوبتي خاك، پتانسيل آبي خاك قبل از هر مرحله آبياري تعيين مي‌گرديد. از مرحله آغاز تنش تا مراحل پاياني رشد آزمايش شاهد (آبياري مطابق عرف منطقه) ۴ بار و آبياري آزمايش تنش دو بار صورت گرفت كه در آزمايش تنش، پتانسيل آبي خاك قبل از آبياري اول و دوم به ترتيب برابر ۳/۶۹- و ۲/۹۴- مگاپاسكال بود.

جدول ۱- شرايط آب و هوايي منطقه از تاريخ كاشت تا برداشت محصول

ماههاي سال	ميانگين درجه حرارت هوا (سانتيگراد)	درصدرطوبت نسبي	سرعت باد (متر در ثانيه)	تبخير (ميليمتر)	بارندگي (ميليمتر)	ميانگين دماي خاك (سانتيگراد)
آبان**	۸/۵۶	۷۰/۸	۰/۹۸	۳۱/۸	۱۸/۴	۱۰/۴
آذر	۶/۷۲	۶۷/۶۳	۳/۸۸	۳۱/۸۳	۲۲/۸	۶/۵۷
دي	۲/۳۱	۷۵/۷۵	۲/۳	__	۴۷/۴	۲/۱۴
بهمن	-۰/۹۳	۷۷/۵۷	۳/۰۲	__	۷۱/۱	۰/۱۶
اسفند	۸/۰۷	۵۲/۹۶	۲/۷۶	__	۵۱/۲	۹/۴۵
فروردين	۱۲/۱۵	۴۲/۰۶	۳/۶۴	۷۸/۷۴	۲۲/۵	۱۳/۲
ارديبهشت	۱۷/۸۷	۴۴/۲	۲/۷۳	۱۶۶/۴۷	۴۵/۷	۲۱/۲
خرداد	۲۲/۸	۳۹/۸	۲/۶۹	۲۷۴/۶۶	۸/۶	۲۵/۹۷
تير**	۲۵/۷	۳۵	۴/۵۲	۲۴۰	صفر	۲۹/۰۷
مجموع	__	__	__	۸۲۳/۴۹	۲۸۷/۷	__

** تاريخ كاشت ۲۷ آبان و تاريخ برداشت ۴ تيرماه. داده‌ها مربوط به ايستگاه هواشناسي مزرعه تحقيقاتي دانشكده كشاورزي مي‌باشد.

فاکتور برگ‌زدایي در ٤ سطح شامل بدون برگ‌زدایي (D_0)، حذف تمام برگ‌ها بجز برگ پرچم در مرحله غلاف‌رفتن[1] (D_1)، حذف تمام برگ‌ها بجز برگ پرچم در مرحله گرده‌افشاني[2] (D_2)، حذف تمام برگ‌ها در مرحله غلاف‌رفتن (D_3) بود. حذف برگ‌ها به صورت دستي و بر روي تمام گیاهان موجود در هر کرت صورت گرفت و فاکتور کودي نیز داراي دو سطح شامل: بدون کود نیتروژن (N_0) و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله اوایل به ساقه رفتن (N_1)، بود.

براي اندازه‌گیري میزان و درصد کارایي انتقال مجدد از روابط زیر استفاده شد (Ehdaie & Waines, 1996; Ahmadi et al., 2004).

میزان انتقال مجدد (میلي‌گرم در ساقه) = وزن خشك ساقه در مرحله رسیدگي ـ وزن خشك ساقه در مرحله‌اي که به حداکثر مي‌رسد

$$\text{\% کارایي انتقال مجدد} = \frac{\text{مقدار ماده خشك انتقال یافته از ساقه}}{\text{حداکثر وزن ساقه}} \times ۱۰۰$$

براي این منظور۲۰ عدد ساقه اصلي کاملاً مشابه در مرحله به غلاف‌رفتن از هر کرت انتخاب شده و علامت گذاري شدند و در مرحله به حداکثر رسیدن وزن ساقه‌ها (۱۰ روز بعد از گرده‌افشاني)۱۰عدد از بوته‌ها در این مرحله کف‌بر شده و پس از جدا کردن سنبله و برگها، جهت خشك کردن به آون (۸۵ درجه سانتیگراد و به مدت ٤۸ ساعت) انتقال داده‌شدند و سپس وزن خشك آنها یادداشت شد و از تفاوت این مقدار با وزن خشك ساقه در مرحله رسیدگي

میزان انتقال مجدد محاسبه شد. روش استفاده شده به روش وزني معروف است.

براي تعیین درصد پروتئین دانه از دستگاه Red Grain Near Infera Analyzer مدل Zeltex- Germany استفاده گردید. این دستگاه میزان پروتئین را با استفاده از میزان جذب نور قرمز دور توسط نیتروژن دانه برآورد مي‌کند. براي این منظور ۱۰۰ گرم دانه در فنجان مخصوص دستگاه ریخته و پس از قرار دادن فنجان در دستگاه، درصد پروتئین و درصد رطوبت دانه‌ها توسط دستگاه برآورد شد. در صورت وجود تفاوت‌هاي زیاد در درصد رطوبت دانه‌ها بایستي درصد پروتئین دانه براي رطوبت ۱۲/۵ درصد بالانس شوند. که براي این منظور از رابطه زیر استفاده مي‌شود (Ananymous, 1998).

$$\text{درصد پروتئین در رطوبت ۱۲/۵ درصد} = \frac{\text{درصد پروتئین قرائت شده} * ۸۷/۵}{\text{درصد رطوبت نمونه} - ۱۰۰} \times ۱۰۰$$

ولي با توجه به عدم وجود تفاوتهاي زیاد در نمونه‌ها از بالانس درصد رطوبت دانه صرف نظر شد. در این آزمایش میزان نیتروژن دانه مستقیماً اندازه‌گیري نشد و از درصد پروتئین دانه به عنوان شاخصي براي نشان دادن اثر برگزدایي و کود نیتروژن بر توانایي تأمین نیتروژن از سمت مبدأ براي مخزن استفاده شد. Zhu et al., (2006) نیز با تقسیم درصد پروتئین دانه به عدد ۵/۷، میزان نیتروژن دانه را در گندم محاسبه نمودند.

تجزیه واریانس داده‌هاي مربوط به شرایط فاریاب و تنش به صورت جداگانه و همچنین به صورت مرکب صورت گرفت و براي این منظور پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از برنامه Minitab از برنامه‌هاي MSTATC و SAS استفاده شد، جهت رسم نمودارها از برنامه Excel و براي مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌اي دانکن در سطح آماري ۵% استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس جداگانه آزمایشها حاکي از عدم تأثیر معني‌دار تیمارهاي برگزدایي بر عملکرد دانه در هر دو رژیم رطوبتي بود و حالت مشابهي نیز براي تیمار نیتروژن مشاهده شد (جدول۲). نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات Joodi et al. (2006) مطابقت داشت. نتایج آزمایشات Zhenli et al. (1998) و Yin et al. (1998) نیز حاکي از عدم تأثیر تیمارهاي حذف ۱/۲ و ۱/٤ پهنك برگهاي گندم در مرحله گرده‌افشاني بر عملکرد دانه بودند. در ضمن اثر متقابل بین تیمار برگزدایي و کود نیتروژن در هیچ از آزمایشهاي جداگانه و نه در تجزیه مرکب مشاهده نشد (جدول ۲).

به هر حال نتایج تجزیه مرکب آزمایش اثر معني‌دار محیط رطوبتي و همچنین برگزدایي بر عملکرد دانه را نشان داد (جدول ۳). تحمیل تنش خشکي در مقایسه با شاهد عملکرد دانه را به میزان٤۰ درصد کاهش داد.

---

۱. مرحله ٤۵- ٤۳ بر حسب شاخص زادوکس

۲. مرحله ٦۹- ٦٤ برحسب شاخص زادوکس

برگزدايي كامل در مرحله غلاف برگ (D3) در مقايسه با ساير سطوح برگزدايي عملكرد كمتري را به همراه داشت. در حالي كه بين شاهد (گياهان دست‌نخورده) (D0) و برگزدايي با حفظ برگ پرچم در مرحله غلاف‌برگ (D1) و مرحله گرده‌افشاني (D2) تفاوت معني‌داري مشاهده نشد (شكل۱- الف). اثر متقابل بين رژيم رطوبتي و برگزدايي و يا كود نيتروژن بر عملكرد دانه‌اي معني‌دار نبود (جدول۳).

بررسي وزن هزار دانه در تجزيه جداگانه آزمايش‌ها حاكي از عدم وجود اثر معني‌دار تيمار برگزدايي در هر دو آزمايش بود. از سوي ديگر اثر تيمار كود نيتروژن تنها در آزمايش فارياب معني‌داربود. در تيمار مصرف كود نيتروژن وزن هزار دانه پايين‌تر (۸ درصد) از تيمار بدون مصرف كود بود. در مورد وزن هزاردانه نيز اثر متقابل بين برگزدايي و كود نيتروژن در تجزيه جداگانه آزمايش‌ها مشاهده نشد (جدول۲). با وجودي كه Delfin et al. (2005) افزايش تعداد دانه و عدم تغيير وزن دانه را در واكنش به مصرف كود نيتروژن در گندم زمستانه گزارش كرده‌بودند، ولي در اين آزمايش با توجه به عدم عكس‌العمل عملكرد دانه در برابر مصرف كود نيتروژن احتمالاً به نظر مي‌رسد مصرف كود نيتروژن از طريق افزايش تعداد دانه، كاهش وزن دانه‌ها را به همراه داشته است. پيش‌تر نيز رابطه جبراني و معكوس بين اجزاي عملكرد، مخصوصاً تعداد دانه با وزن دانه مورد تأكيد قرار گرفته بود (Hay & Walker, 1989).

جدول ۲- تجزيه واريانس عملكرد، وزن هزار دانه، درصد پروتئين، كارايي و ميزان انتقال مجدد در آزمايش فارياب (الف) و آزمايش تنش خشكي (ب)

الف:

منابع تغييرات	درجه آزادي	عملكرد	وزن هزار دانه	كارايي انتقال مجدد	انتقال مجدد	پروتئين
		گرم در مترمربع	گرم	درصد	گرم در ساقه	درصد
تكرار	۲	۸۹۵۸/۵۱ ns	۰/۸۱۶ ns	۰/۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۲٤ ns
برگزدايي D	۳	۳۰۸۱۸/۹۵ ns	۵/٤۳ ns	۳/٦ *	۰/۰۲۵ ns	۰/۱۰٤ ns
كود نيتروژن N	۱	۳/۸٤ ns	٤٤/۷۹ **	۱/۲ ns	۰/۰۰٦ ns	۰/۰۰۷ ns
اثرات متقابل N×D	۳	۱۳۳٤۹/٤٦ ns	۳/۷۱ ns	۰/۵ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۲۲ ns
اشتباه	۱٤	۱۳۸۰۵/۵۲	۲/٤٦	۰/۸	۰/۰۰۵	۰/۲٤۷
ب:						
تكرار	۲	۲۲۲٦/۲ ns	۳/۱۲ ns	۰/۳ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۱۲۹ ns
برگزدايي D	۳	٦۵۳۷/۸۱۵ ns	۳/٤۸ ns	۹/۸ **	۰/۰٤ **	۳/۰۲۱ *
كود نيتروژن N	۱	٤۹۷۲/۰۳٤ ns	۲/٤ ns	۱/۱ ns	۰/۰۷۳ **	۱۸/۳۷۵ **
اثرات متقابل N×D	۳	۷٦۷/۹۹ ns	۳/۳٦ ns	۰/۸ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۷۰۵ ns
اشتباه	۱٤	۳۰۷۲/٦۲	۱/۵۸	۱/٦	۰/۰۰٤	۰/۹۱٦

** و * به ترتيب معني دار در سطح آماري يك و پنج درصد و ns غير معني‌دار از لحاظ آماري.
تيمار برگزدايي در چهار سطح شامل شاهد يا بدون برگزدايي(D0)، برگزدايي با حفظ برگ پرچم در مرحله غلاف رفتن(D1)، برگزدايي با حفظ برگ پرچم در مرحله گرده‌افشاني (D2) و برگزدايي كامل در مرحله غلاف رفتن (D3) و تيمار كود نيتروژن نيز در دو سطح شامل مصرف ۲۵۰ كيلو گرم در هكتار كود اوره (N1) در مرحله ساقه‌دهي و بدون كوددهي (N0) بود.

جدول ۳- تجزيه واريانس مركب دو رژيم رطوبتي براي اثرات برگزدايي و كود نيتروژن بر عمكلرد، وزن‌هزار دانه، درصد پروتئين دانه و انتقال مجدد

منابع تغيير	درجه آزادي	عملكرد	وزن‌هزاردانه	پروتئين دانه	كارايي انتقال مجدد	انتقال مجدد
		گرم در مترمربع	گرم	درصد	درصد	ميلي گرم در ساقه
محيط رطوبتي (M)	۱	۱۰۷٦۹۲/۲ **	۱۲٦۰/۲ **	۱۰/۵۸ **	٤٤ **	۱۲٦۱۰۰۸/۳ **
تكرار داخل آزمايش	٤	۵۷٤۰/۷	۲/۰٦	۰/۱۸	۱/٦	٤۷۷/۰۸
برگزدايي(D)	۳	۵۳۰۸۸/۳ **	٤/٦۷ *	۱/۳۳ ns	۹/٦ **	۳۸۵۷۲/۲۲ **
نيتروژن(N)	۱	۲۱۵۹٦ ns	۰/۷۲ ns	۹/۵٤ **	٤/۹ **	٦۰۲۰۸/۳۳ **
N×D	۳	۸۲۲۰/۱۵ ns	۱/۹۷ ns	۰/٦۰ ns	۰/۷ ns	٤۸۲۵ ns
M ×D	۳	۱۰۱۳/۳۸ ns	۱۸/۷۱ **	۱/۷۸ *	٤/٤ **	۱٦۹۵۸/۳ *
M ×N	۱	۲۲٤۱۸/۲ ns	۹/۲٦ ns	۸/۸٤ **	۰/۷ ns	۱۷٦۳۳/۳ **
M × D ×N	۳	۹۰۱۸/۸ ns	۲/۳۹ ns	۰/۳ ns	۰/۲ ns	۱۳۷۲/۲ ns
خطا	۲۸	۱۰۷۹٤/٦	۱/۱۲	۰/۵۷	۱/۳	٤۷۰۰/۸۹
ضريب تغييرات %	-	۱۸/۲۳	۲/۷۱	٦/٦۷	۳۲/۹۵	۲۲/۵٤

** و * به ترتيب معني دار در سطح آماري يك و پنج درصد ، ns غير معني‌دار از لحاظ آماري.

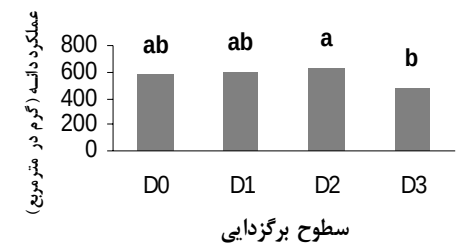
تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که اثر محیط رطوبتي و همچنین اثرات متقابل سطوح برگزدایي با محیط رطوبتي بر وزن هزار دانه مشهود بود (جدول۳). وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکي پایین‌تر (۹ درصد) از شرایط فاریاب بود. در شرایط تنش خشکي تفاوتي بین سطوح مختلف برگزدایي مشاهده نشد، در حالي که در شرایط فاریاب گیاهان برگزدایي نشده (شاهد D0) در مقایسه با تیمارهاي حذف برگ وزن هزار دانه کمتري داشتند (شکل۲- الف). تنش از طریق تأثیر بر دوره موثر پرشدن دانه‌ها وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار مي‌دهد (Yang et al., 2001). با توجه به کاهش عملکرد در گیاهان کاملاً برگزدایي شده و از سوي دیگر افزایش وزن هزار دانه در این گیاهان، مي‌توان عنوان نمود که احتمالاً برگزدایي زود هنگام (مرحله غلاف‌برگ)، عملکرد را از طریق کاهش تعداد دانه تحت تأثیر قرار داده است و با توجه به اثر جبراني موجود بین اجزاي عملکرد (Hay & Walker, 1989)، کاهش تعداد دانه افزایش وزن دانه‌ها را به همراه داشته‌است و احتمالاً افزایش وزن دانه در گیاهان کاملاً برگزدایي شده یکي از دلایل ثبات (افت غیرمعني‌دار) عملکرد مي‌باشد.

کارایي و میزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه

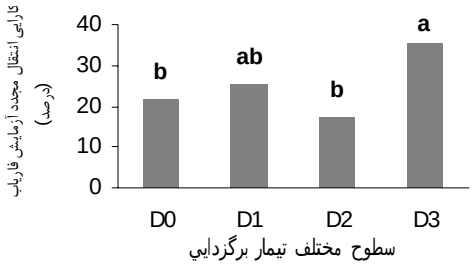
اثر برگزدایي بر کارایي انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه در شرایط فاریاب و تنش معني‌دار بود(جدول۲). حذف تمام برگها در شرایط فاریاب کارایي انتقال مجدد مواد را افزایش داد در حالي که سایر سطوح برگزدایي (D1 و D2) با شاهد (D0) تفاوتي را نشان ندادند (شکل۱- ب). مقایسه میانگین اثرات برگزدایي بر کارایي انتقال مجدد در شرایط تنش خشکي نشان داد که تیمار برگزدایي در مرحله غلاف برگ با حفظ برگ پرچم، بالاترین کارایي انتقال مجدد مواد را به خود اختصاص داده بود (شکل ا- پ) و از سوي دیگر میزان انتقال مجدد نیز در این رژیم رطوبتي براي گیاهان برگزدایي شده بالاتر از شاهد (بدون برگزدایي) بود ولي تفاوتي بین سطوح برگزدایي وجود نداشت (شکل ا- ت).

در تجزیه مرکب آزمایش‌ها نتایج حاکي از آن بود که اثر رژیم رطوبتي و همچنین اثر متقابل بین رژیم رطوبتي و برگزدایي نیز براي میزان و کارایي انتقال مجدد معني‌دار بود(جدول۳). بالاترین کارایي انتقال مجدد مواد در شرایط تنش خشکي و در گیاهان برگزدایي شده در مرحله غلاف برگ با حفظ برگ پرچم (D1) مشاهده شد (شکل۲-ب).

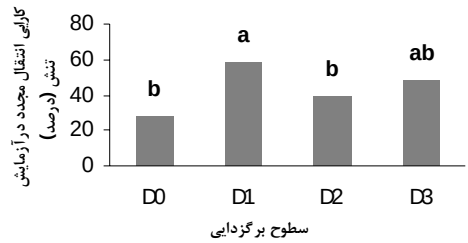
الف)



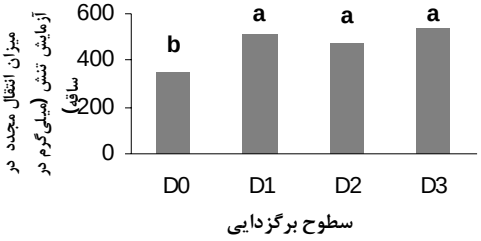
ب)



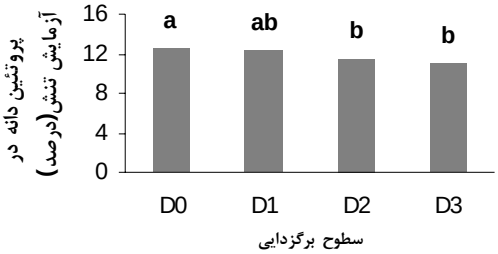
پ)



ت)



ث)



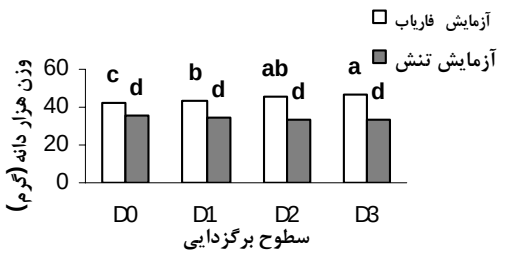
شکل۱- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف برگزدایي بر عملکرد دانه (الف)، کارایي انتقال مجدد از ساقه به دانه در شرایط فاریاب (ب) و شرایط تنش (پ)، میزان انتقال مجدد در شرایط تنش (ت) و پروتئین دانه در شرایط تنش (ث). توضیحات مربوط به سطوح برگزدایي در زیر نویس جدول ۲ آورده شده‌است.

مقايسه ميانگين كارايي انتقال مجدد مواد در دو شرايط تنش و فاريابِ حاكي از آن بود كه در شرايط تنش خشكي ميزان انتقال مجدد مواد بطور متوسط ۱۹ درصد و كارايي انتقال مجدد حدود ۳ برابر بيشتر از شرايط فاريابِ بود. از سوي ديگر مقايسه ميانگين‌ها نشان داد كه پايين‌ترين ميزان انتقال مجدد مواد در شرايط فاريابِ صورت مي‌گيرد. گياهان برگزدايي شده در شرايط تنش خشكي ميزان انتقال مجدد بيشتري را در مقايسه با گياهان برگزدايي نشده (شاهد D0) نشان دادند (شكل ۲- پ).

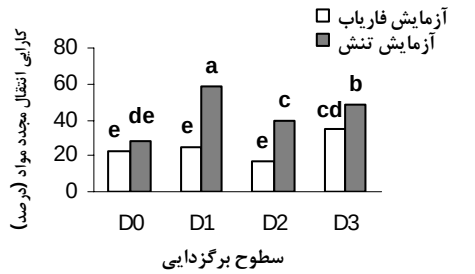
احتمالاً تنش خشكي از طريق افزايش فعاليت آنزيمهاي فروكتان اگزو هيدرولاز (FEH) و ساكارز فسفات سينتاز (SPS)، تأمين ساكارز را از سوي ساقه براي دانه‌ها افزايش مي‌دهد (Yang et al., 2001). از سوي ديگر به نظر مي‌رسد حذف منابع فتوسنتزي پس از شكل‌گيري مخزن‌ها با توجه به ثابت ماندن نياز مخزن‌ها بعد از برگزدايي، موجب افزايش ميزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه گردد. حذف تمام برگها گندم در مرحله ۸ روز بعد از گرده‌افشاني نيز موجب افزايش انتقال مجدد و كاهش وزن ساقه‌ها گرديد (Plaut et al., 2004).

اثر تيمار نيتروژن بر كارايي انتقال مجدد در شرايط فاريابِ و بر ميزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه در شرايط تنش خشكي (جدول۲) معني‌دار بود. مصرف نيتروژن كارايي انتقال مجدد را در شرايط فاريابِ به ميزان ۱۵ درصد و ميزان انتقال مجدد را در شرايط تنش به ميزان ۲۱ درصد افزايش داد. نتايج تجزيه مركب دو آزمايش نيز نشان داد كه اثرات متقابل نيتروژن با رژيم رطوبتي بر ميزان انتقال مجدد نيز شديداً معني‌دار بود (جدول۳). تيمار مصرف كود نيتروژن در شرايط تنش خشكي بالاترين ميزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه را به همراه داشت (شكل ۳- الف). با توجه به تحميل تنش خشكي از مرحله غلاف‌برگ به نظر مي‌رسد مصرف نيتروژن در مرحله ساقه‌دهي از طريق افزايش رشد رويشي (Delfine et al., 2005)، موجب تجمع بيشتر اسيميلاتها در ساقه مي‌گردد و در ادامه وقوع تنش خشكي افزايش انتقال مجدد را بدنبال خواهد داشت (Yang & Zhang, 2006).

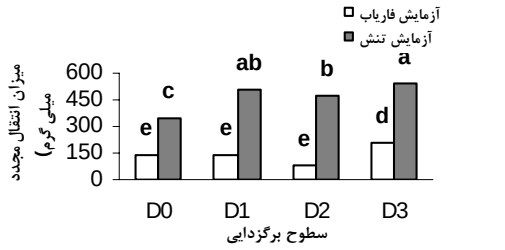
الف)



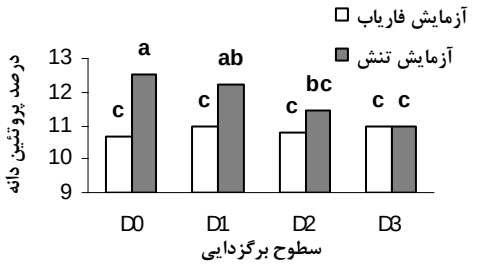
ب)



پ)



ت)



شكل ۲- مقايسه ميانگين اثرات متقابل برگزدايي و رژيم رطوبتي براي وزن‌هزاردانه (الف)، كارايي انتقال مجدد (ب)، ميزان انتقال مجدد(پ) و درصد پروتئين دانه (ت). توضيحات مربوط به سطوح برگزدايي در زيرنويس جدول ۲ آورده شده‌است.

پروتئين دانه

با وجودي كه حذف برگ‌ها در شرايط فاريابِ هيچ تأثيري روي درصد پروتئين دانه نداشت ولي اجراي تيمارهاي برگزدايي در شرايط تنش خشكي كاهش

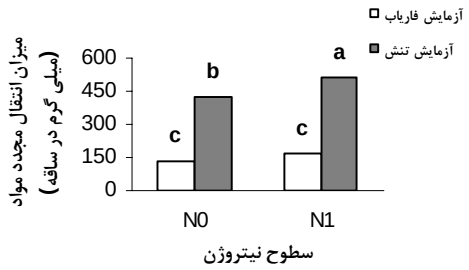
معني‌دار درصد پروتئين دانه را به دنبال داشت (جدول۲)، بطوريكه بيشترين درصد پروتئين دانه در گياهان برگزدايي نشده (شاهد D0) مشاهده شد (شكل۱-ث). اثر تيمار نيتروژن نيز تنها در شرايط تنش خشكي معني‌دار بود و مصرف كود نيتروژن درصد پروتئين دانه را به ميزان قابل توجهي افزايش داد.اثرمتقابل برگزدايي و كود نيتروژن براي هيچ يك از آزمايش‌ها معني‌دار نبود.

تجزيه واريانس مركب دو رژيم رطوبتي نيز حاكي از آن بود كه اثر رژيم رطوبتي و اثرات متقابل برگزدايي با رژيم رطوبتي بر درصد پروتئين دانه معني‌دار بود (جدول۳)، در شرايط فاريابتفاوتي بين سطوح برگزدايي وجود نداشت حال آنكه در شرايط تنش، برگزدايي درصد پروتئين دانه‌ها را كاهش داد بطوريكه كمترين درصد پروتئين در گياهان كاملاً برگزدايي شده مشاهده شد (شكل ۲- ت). احتمالاً تفاوت در پاسخ‌دهي به تيمارهاي برگزدايي در شرايط مختلف رطوبتي، به تفاوت در نقش برگها يا ساير اندامها در انتقال مجدد و تأمين نيتروژن دانه اشاره دارد. با وجوديكه برگها به عنوان اصلي‌ترين اندام تأمين كننده نيتروژن دانه‌ها مي‌باشند (Hortensteiner & Feller, 2002)، ولي ساير اندامها از جمله ريشه‌ها نيز در عين حالي كه حجم كمي دارند، مي‌تواند در انتقال مجدد نيتروژن به دانه حائز اهميت باشند (Anderson, 2005). در گندم محدوديت تأمين نيتروژن از سوي مبدأ نيتروژني عامل اصلي محدود كننده در رابطه با پروتئين دانه مي‌باشد (Marater et al., 2003) و با توجه به نقش تنظيمي ABA (اسيد آبسيزيك) بر فعاليت آنزيمهاي تجزيه كلروفيل نظير كلروفيلاز و اندو و اگزو پپتيدازها احتمالاً تنش خشكي از طريق افزايش ABA و تسريع تجزيه كلروفيل (Hortensteiner & Feller, 2002)، انتقال مجدد نيتروژن را در گياهان داراي برگ (شاهد D0) ازسمت برگ به سوي مقصدها (دانه) افزايش مي‌دهد.

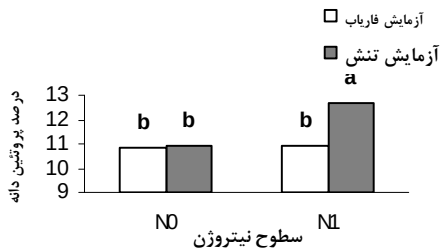
اثر كود نيتروژن و همچنين اثر متقابل رژيم رطوبتي با كود نيتروژن بر درصد پروتئين دانه به لحاظ آماري معني‌دار بود (جدول۳). بيشترين درصد پروتئين در شرايط تنش خشكي و در تيمار مصرف كود نيتروژن مشاهده شد (شكل ۳- ب).

مقايسه متوسط درصد پروتئين شرايط فاريابا با شرايط تنش خشكي حاكي از آن بود كه درصد پروتئين دانه در شرايط تنش بالاتر از شرايط فاريابمي‌باشد. به نظر مي‌رسد در شرايط تنش خشكي مكانيزم‌هاي سنتز نشاسته در مقايسه با مكانيزم‌هاي سنتز پروتئين حساس‌تر مي‌باشند، بنابراين در شرايط تنش خشكي افت سنتز نشاسته چشمگيرتر است (Ahmadi & Baker, 2000) لذا با وقوع تنش خشكي نسبت پروتئين به نشاسته افزايش مي‌يابد.

الف)



ب)



شكل ۳- مقايسه ميانگين اثرات متقابل برگزدايي و كود نيتروژن براي ميزان انتقال مجدد (الف) و درصد پروتئين دانه (ب). توضيحات مربوط به سطوح نيتروژن در زير نويس جدول ۲ آورده‌شده است.

در اين بررسي حذف برگ عملاً تأثيري بر عملكرد نداشت، با توجه به زمان برگزدايي براي تيمارهاي مرحله گرده‌افشاني كه بعد از شكل گيري اجزاي اصلي عملكرد مي‌باشند و از سوي ديگر افزايش ميزان انتقال مجدد مواد از ساقه براي دانه مخصوصاً براي شرايط تنش رطوبتي بروز پديده جبران در ثبات عملكرد محتمل به نظر مي‌رسد. افزايش فعاليت فتوسنتزي قسمت‌هاي باقيمانده (Zhenlin et al., 1998) و همچنين نقش قابل توجه فتوسنتز سنبله و تداوم آن در شرايط تنش خشكي به خاطر خصوصيات خشكي‌پسندي اين اندام (Tambussi et al., 2005) نيز مي‌توانند در اين رابطه حائز اهميت باشند. عدم تطابق زمان به حداكثر رسيدن تابش خورشيدي با مرحله شكل‌گيري مقصدهاي فيزيولوژيك (دانه‌ها) و همچنين قرار داشتن سلولهاي اندوسپرمي در محيط اشباع از اسيميلاتها حاكي از وجود محدوديت

مخزن براي گندم مي‌باشد (Borras et al., 2004) و احتمالاً اين امر مي‌تواند به عدم توانايي گندم در استفاده از تمام مواد اسيميلاتي توليدي اشاره داشته باشد. با توجه به عدم واكنش عملكرد به حذف برگ در شرايط فاريا‌ب (شاهد) انتظار مي‌رفت با حذف برگ‌ها در شرايط تنش به خاطر كاهش تلفات آبي ناشي از تعرق و به تبع آن حفظ و افزايش ذخيره آبي خاك براي مراحل انتهايي پرشدن دانه‌ها، عملكرد بهبود يابد ولي چنين واكنشي مشاهده نشد. با توجه به ابعاد كوچك كرت‌هاي آزمايشي (كه با توجه به دستي بودن حذف برگ‌ها در نظر گرفته شد) احتمالاً حركت‌هاي جانبي و عمقي آب در خاك، تبخير سطحي در اثر تابش خورشيدي (كه احتمالاً بعد از برگزدايي شديدتر مي‌شود) و همچنين تعرق علف‌هاي هرز از جمله دلايل عدم تأثيرگذاري كاهش تعرق ناشي از برگزدايي بر عملكرد باشند.

نتيجه گيري كلي

با توجه به عدم كاهش عملكرد در تيمارهاي حذف برگ در رقم مورد مطالعه و مطابقت آن با ساير تحقيقات، نتايج دلالت بر وجود منابع فتوسنتزي و تعرق‌كننده مازاد بر نياز گياه گندم دارد كه با حذف اين برگها و حفظ ذخيره رطوبتي خاك براي مراحل حساس انتهايي رشد مي‌توان زمينه افزايش راندمان مصرف‌آب (WUE) را در شرايط آب و هوايي ايران را فراهم نمود. تحقيقات بعدي محققين در اين زمينه در حال اجرا مي‌باشد.

REFERENCES

1. Ahmadi, A. & Baker, D. A. (2000). Stomantal and non-stomatal limitations to photosynthesis in wheat under drought stress condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 31, 813-825. (In Farsi).
2. Ahmadi, A. & Baker, D. A. (2001). The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulation*, 35, 81–91.
3. Ahmadi, A., Siosemardeh, A. & Zali, A. A. (2004). A comparison between the capacity of photoassimilats storage and remobilization, and their contribution to yield in four wheat cultivars under different moisture regimes. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35, 921-931. (In Farsi).
4. Ananymous. (1998). *Zeltex ZX-800 whole grain analyzer manual*. Version7. 130 Western Maryland Parkway.
5. Andersson, A. (2005). *Nitrogen redistribution in spring wheat, root contribution, spike translocations and protein quality*. Ph. D. dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences Alnarap.
6. Borras, L., Slafer, G. A. & Otegui, M. E. (2004). Seed dry Weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crop Research*, 86,131-146.
7. Delfin, S., Tognetti, R., Dsiderio, E. & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy of Sustain Development*, 25,183-191.
8. Ehdaie, B. & Waines, J. G. (1996). Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Journal of Genetics and Breeding*, 50, 47–55.
9. Emam, Y. & Saghe-eslam, J. (1999). Effect of defoliation on dry matter accumulation and final yield of grain corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 30, 215-222. (In Farsi).
10. FAO. (2003- 2006). *Statistical book*.
11. Hay, R. K. M., & Walker, A. J. (1989). *An introduction to the physiology of crop yield*. Translated by: Emam, Y., and M. Niknejad. Shiraz University Press.
12. Hortensteiner, S., & Feller, U. (2002). Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*, 53, 927–937.
13. Joodi, M., Ahamadi, A., Poostini, K. & Sharifzadeh, F. (2006). Effect of leaf removal on photosynthetic activity of flag leaf and grain growth in bread wheat. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37, 203-211. (In Farsi).
14. Marater, P., Porte, J. R., Jamieson, P. D. & Triboï, E. (2003). Modeling grain Nitrogen accumulation and protein composition to understand the Sink/Source regulations of Nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiology*, 133, 1959-1967.
15. Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S. & Wrigkey, C. V. (2004). Transport of dry mater into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*, 86,185-198.
16. Puckridge, D. W. (1969). Photosynthesis of wheat under field conditions Π. Effect of defoliation on the carbon dioxide uptake of community. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20, 623-624.
17. Richards, R. A. (1983). Manipulation of leaf area and its effect on grain yield in droughted wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 34, 23-31.
18. Satorre, A. H. & Slafer, G. A. (2002). *Wheat, ecology, physiology and yield determination*. Translated by: Kafi, M., A, Jafarnezhad, and M. Jami Alahmadi. Ferdowsi University of Mashhad Press.

19. Shangguan, Z. P., Shao, M. A. & Dyckmans, J. (2000). Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 44, 141-149.
20. Tambussi, E. A., Nogues, S. & Araus, J. L. (2005). Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. *Planta*, 221, 446- 458.
21. Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. & Liu, L. (2001). Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 93, 196–206.
22. Yang, J. & Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New phytologist*, 169, 223-236.
23. Yin, Y., Wang, Z., He, M., Fu, J. & Lu, S. (1998). Postanthesis allocation of photosynthates and grain growth in wheat cultivars as affected by source/sink change. *Biologia Plantrum*, 41, 2103-209.
24. Yong-Zhan, M., Mackown, C. T. & Van Sonford, D. A. (1996). Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. *Field Crops Research*, 47, 201-209.
25. Zhenlin, W., Yanping, Y., Mingrong, H. & Hongming, C. (1998). Source-sink manipulation effects on postanthesis photosynthesis and grain setting on spike in winter wheat. *Photosynthetica*, 35, 453-459.
26. Zhu, G. X., Midmore, D. J., Radford, B. J. & Yule, D. F. (2004). Effect of timing of defoliation on wheat (*Triticum aestivum* L.) in central Queensland. *Field Crops Research*, 88, 211-226.
27. Zhu, G. X., Midmore, D. J., Yule, D. F. & Rodford, B. J. (2006). Effect of timing of defoliation on wheat (*Triticum aestivum*) in central Queesland 2. N uptake and relative N use efficiency. *Field Crops Research*, 96, 160-167.