مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۱-۳۷، شماره ۱، سال ۱۳۸۵ (۱۲۳-۱۱۳)

اثر متقابل تنش خشكي و زمان بندي مصرف كود نيتروژنه بر عملكرد و برخي خصوصيات فيزيولوژيكي مرتبط با آن در گندم

علي احمدي[۱]،حميدرضا عيسوند[۲] و كاظم پوستيني[۳]
۱، ۲، ۳، استاديار، دانشجوي دوره دكتري و دانشيار، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي، دانشگاه تهران
تاريخ پذيرش مقاله ۸٤/۲/۷

خلاصه

به منظور بررسي اثر تنش خشكي و زمان بندي مصرف كود نيتروژنه بـــر برخي خصوصيات فيزيولوژيكي، عملكرد اقتصادي، بيولوژيک و سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در پر شدن دانه گندم نان رقم مهدوي، آزمايش مزرعه‌اي به صورت كرتهاي خرد شده در قالب طرح بلوكهاي كامل تصادفي با چهار تكرار در سال زراعي ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه تحقيقاتي دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران واقع در شهرستان كرج انجام شد. رژيم رطوبتي خاك به عنوان فاكتور اصلي در دو سطح شاهد (**C**) و تنش خشكي(**S**) و زمان‌بندي مصرف كود نيتروژنه (تيمار كودي) به عنوان فاكتور فرعي در سه سطح عدم مصرف نيتروژن (**N_0**) ، مصرف ۱۲۰ كيلوگرم نيتروژن در هكتار به صورت ۲۰% زمان كاشت، ۸۰% زمان گرده افشاني (**N_1**) و ٤۰% زمان كاشت، ٦۰% زمان گرده افشاني (**N_2**) در نظر گرفته شدند. اثر رژيم رطوبتي خاك بر صفات عملكرد دانه, عملكرد بيولوژيك, وزن هزاردانه و شاخص برداشت معني دار بود و اين صفات در شرايط تنش خشكي كاهش چشمگيري از خود نشان دادند. نحوه زمان بندي مصرف كود نيتروژنه بر عملكرد (دانه و بيولوژيك) معني دار بود در حاليكه بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت اثر معني داري نداشت. بيشترين ميزان عملكرد دانه (٤/۸ تن در هكتار)و عملكرد بيولوژيك (۱٤/٤ تن در هكتار) از تيمار **N_2** و كمترين مقادير آنها از تيمار **N_0** بدست آمد. اثر متقابل رژيم رطوبتي خاك و تيمارهاي كودي براي اين دو صفت معني دار بود به طوري كه با افزايش تخصيص نيتروژن به مرحله كاشت در شرايط عدم تنش خشكي، عملكرد دانه و بيولوژيک روند افزايشي داشتند در حاليكه در شرايط تنش اين روند ثابت و يا نزولي بود. بيشترين سطح برگ و سرعت رشد در تيمار **N_2** و كمترين آنها در تيمار **N_0** مشاهده شد. اثر متقابل رژيم رطوبتي خاك و تيمارهاي كودي بر سرعت رشد معني دار بود بطوريكه تيمار **N_2** در شرايط كنترل بيشترين و در شرايط تنش كمترين سرعت رشد را نشان داد. همبستگي بين سرعت رشد و عملكرد دانه در شرايط كنترل مثبت و معني دار بود, اما در شرايط تنش اين رابطه به لحاظ آماري معني دار نبود. در شرايط تنش خشكي سهم عملكرد دانه از مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در مقايسه با شرايط عدم تنش افزايش نشان داد. اثر تيمار كودي بر اين صفت معني دار بود و سهم عملكرد دانه از مواد فتوسنتزي قبل از گرده‌افشاني در تيمار **N_2** از ساير تيمارهاي كودي كمتر بود. در اين آزمايش همبستگي بين عملكرد دانه و سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در پر شدن دانه، در هردو رژيم رطوبتي خاک منفي بود.

واژه‌هاي كليدي: تنش خشكي, كود نيتروژنه, مواد فتوسنتزي، عملكرد, گندم

مكاتبه كننده: حميدرضا عيسوند E-mail: hrisvand@gmail.com

مقدمه

گندم معمولي در محدوده وسيعي از شرايط آب و هوايي جهان رشد مي‌كند و با بيشترين پراكندگي در دنيا، در حقيقت از سازگارترين گونه‌هاي غلات به شمار مي‌رود (۵). ذخيره كربن قبل از گرده افشاني در آب و هواي مديترانه‌اي مهم مي‌باشد, چرا كه پرشدن دانه گندم بطور زيادي به انتقال مجدد مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني وابسته است. وقوع تنش خشكي در زمان پرشدن دانه‌ها از طريق كاهش فتوسنتز سبب كاهش عملكرد مي‌شود. بنابراين، نياز مقصد براي پركردن دانه از طريق انتقال مجدد مواد فتوسنتزي ذخيره شده تأمين مي‌گردد (۲). نقش مهم و قابل توجه دو عامل رطوبت و نيتروژن خاك بر شاخص سطح برگ مسأله‌اي است كه توسط اكثر محققين مورد تأكيد قرار گرفته است. رطوبت كافي به همراه عنصر نيتروژن نه تنها باعث افزايش سطح برگ گياه بلكه باعث افزايش طول عمرگياه نيز مي‌شود. زياد شدن سطح برگ تا حد مطلوب، سبب افزايش سرعت رشد خواهد شد (۱، ۳، ۵).

انتقال مجدد كربن به دانه در گياهان تحت تأثير توسعه سريع كمبود آب، تنها از ساقه اصلي و پنجه اول نبوده بلكه به نظر مي رسد كه توسط انتقال مجدد كربن از پنجه هاي دوم و سوم نيز به صورت تكميلي حمايت شود (۱۸). بطور كلي در الگوي توزيع مواد فتوسنتزي انعطاف پذيري زيادي وجود دارد. مثلاً در گندم عمده مواد فتوسنتزي برگ پرچم، پس از گرده افشاني به دانه منتقل مي‌شود در حاليكه برگهاي پايين ريشه‌ها و پنجه‌ها را تغذيه مي‌كنند. اگر برگهاي فوقاني حذف شوند و يا تحت سايه قرار گيرند، برگهاي پايين‌تر نقش تغذيه دانه را بعهده مي‌گيرند. از طرف ديگر اگر سنبله و برگهاي پايين‌تر حذف شوند، آنگاه برگ پرچم ريشه‌ها و پنجه‌ها را تغذيه مي‌كند (۹).

متوسط وزن هر دانه در درجه اول بوسيله مقدار مواد پرورده موجود براي انتقال به سنبله از فاصله زماني گلدهي تا رسيدن، تعيين مي‌شود. اين امر به نوبه خود به طول دورة سبز ماندن سطح برگ پس از گلدهي و فعاليت فتوسنتز سنبله و همچنين روابط مبدأ – مقصد وابسته است. در فصولي كه دوام سطح برگ به دليل خشكي يا بروز بيماري كم است، مقادير فراواني مواد پرورده كه پيش از گلدهي در ساقه و غلاف برگها ذخيره شده مي‌تواند به مصرف پرشدن دانه برسد. مقدار اين مواد ذخيره‌اي به شرايط محيطي پيش از ظاهر شدن سنبله وابسته است (۱). در برخي بررسي‌ها پنجه‌هاي دير تشكيل شده و نابارور در غلات به دليل عدم مشاركت مستقيم آنها در توليد عملكرد دانه و همچنين رقابت آنها با ساقه اصلي براي مواد فتوسنتزي، مضر شناخته شده‌اند (۱۱). اما كوباتا و همكاران (۱۹۹۲) عقيده دارند كه اين پنجه‌ها منبع ماده خشك خوبي جهت پرشدن دانه هستند (۱۲).

با مسن شدن برگها و از دست رفتن نيتروژن آنها، ميزان حداكثر فتوسنتز ـ در حالت اشباع نوري ـ در برگ پرچم كاهش مي‌يابد, اما گمان مي‌رود كه ميزان نيتروژن به تنهايي عامل اين قضيه نباشد. زيرا زمانيكه برگهاي هم سن اما متفاوت از نظر ميزان نيتروژن مورد مقايسه قرار گرفتند تفاوت اندكي از خود نشان دادند. براساس آزمايشات مزرعه‌اي، ميزان نيتروژن در اغلب خاكهاي كشاورزي ممكن است بقدر كافي موجود باشد تا از بروز اثر تيمار كود نيتروژنه، بر فتوسنتز خالص در طول بخش عمده‌اي از زندگي گياه جلوگيري كند، اما در دورة پس از گلدهي، كاهش ميزان جذب به همراه افزايش تقاضاي زياد دانه‌ها براي نيتروژن، مي‌تواند سبب نقصان نيتروژن در برگها و كاهش فتوسنتز شود (۱۲). انتقال مجدد مواد فتوسنتزي ساخته شده تا قبل از گلدهي، در شرايطي كه فتوسنتز جاري در اثر شرايط نامساعد محيطي (بويژه خشكي) محدود شود، در پر شدن دانه اهميت بسزايي دارد. كمبود آب در زمان پرشدن دانه اغلب سهم مواد فتوسنتزي ذخيره شده را نسبت به فتوسنتز جاري در پرشدن دانه افزايش مي‌دهد (۷، ۸، ۱۳).

در مطالعه اثر تنش خشكي و سطوح مختلف نيتروژن بر پيري و رابطه آن با انتقال مجدد كربن ذخيره شده (قبل از گلدهي) در دوره پرشدن دانه دو رقم گندم، تنش خشكي باعث افزايش درصد انتقال مجدد مواد فتوسنتزي به دانه و همچنين افزايش ميزان اسيد آبسيزيك (ABA) در برگ شد. در شرايط تنش خشكي فعاليت اسيد اينورتاز[1] و ساكارز سنتاز[2] در مرحله مياني پرشدن دانه افزايش مي‌يابد. پيري و انتقال مجدد تحريك

1. Acid invertase
2. Sucrose synthase

شده در اثر تنش خشكي در مرحله پرشدن دانه در گندم، فرايندهاي مرتبط بهم هستند و افزايش ABA در اين شرايط ممكن است نقش تنظيم كنندگي داشته باشد (۲۱).

نيتروژن و رطوبت خاک هر يک از عوامل محرک رشد رويشي هستند. اثرات مثبت يا منفي هر يک از اين عوامل بر عملكرد، بستگي به ميزان عامل ديگر دارد. عملكرد محصول نتيجه برهمكنش مجموعه واكنشها و فرايندهاي فيزيولوژيكي است كه به نحوي متاثر از عوامل محيطي هستند. اين تحقيق نيز با هدف بررسي اثر متقابل توزيع زماني مصرف نيتروژن و نيز رژيم رطوبت خاك بعنوان عاملي كه معمولا در شرايط اقليمي كشورمان با كمبود آن مواجه هستيم، بر برخي خصوصيات فيزيولوژيكي مرتبط با عملكرد در گندم مهدوي در شرايط اقليمي كرج انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمايش در سال ۱۳۸۰ در مزرعه تحقيقاتي دانشكده كشاورزي كرج وابسته به دانشگاه تهران، با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دريا و ميانگين بارندگي (۳۰ ساله) ۲۶۰ ميليمتر، اجرا شد (٤). طول جغرافيايي محل آزمايش، ۵۱ درجه شرقي و عرض جغرافيايي آن ۳۵ درجه و ۴۸ دقيقه شمالي مي‌باشد. جهت تعيين نيتروژن، فسفر و پتاس خاك، نمونه هايي از عمق ۳۰-۰ سانتيمتري به طور ضربدري از مزرعه (محيط آزمايش) تهيه و مورد آزمون قرار گرفت. تجزيه خاک، نيتروژن كل را ۰/۱ درصد، پتاسيم قابل جذب را ۱۶۰ mg/kg و فسفر قابل جذب را ۲۰mg/kg نشان داد. متوسط بارندگي و دماي ماهانه در مدت زمان انجام آزمايش به شرح زير بود:

ماه	مهر	آبان	آذر	دي	بهمن	اسفند	فروردين	ارديبهشت	خرداد	تير	مرداد
متوسط دما (^{o} C)	۱۶/۹۳	۱۰/۵۷	۵/۳	۵/۵	۲/۰۷	۸/۹۳	۱۵/۸	۱۹/۵۷	۲۲/۱۳	۲۵/۸	/۴۳ ۲۷
متوسط‌بارندگي (mm)	۴۵/۵	۲۰/۶	۸۸/۹	۴/۲	۳۵/۳	۱۵/۴	۱۶/۶	۲۱/۴	۱/۷	۰/۶	۱/۶

طرح آماري مورد استفاده در اين تحقيق, كرتهاي خرد شده در قالب بلوكهاي كامل تصادفي با چهار تكرار بود. عوامل آزمايشي عبارت بودند از: رژيم رطوبتي خاک در دو سطح تنش و كنترل (كرتهاي اصلي) و تقسيط كود نيتروژنه در سه سطح، شاهد (عدم مصرف نيتروژن)، مصرف ۱۲۰ كيلوگرم در هكتار نيتروژن به صورت ۲۰% زمان كاشت + ۸۰% زمان گل‌دهي و مصرف۱۲۰ كيلوگرم نيتروژن در هكتار بصورت ٤۰% زمان كاشت+ ٦۰% زمان گل‌دهي كه در متن اين مقاله جهت سهولت بيان، به ترتيب N_0 , N_1 و N_2 ذكرشده اند. كود نيتروژنه مصرفي اوره بود. هر بلوك به دو پلات اصلي و ٦ پلات فرعي تقسيم شد. مساحت هر پلات فرعي $7/5m^{2}$ بود كه ۶ خط كاشت را شامل مي شد. فاصله پلاتهاي اصلي از همديگر ۳ متر و فاصله پلاتهاي فرعي ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. عمليات كاشت هفته اول آذر صورت گرفت. ميزان بذر مصرفي، Kg/ha ۱۸۰ در نظر گرفته شد. اعمال تنش خشكي از انتهاي مرحله ساقه رفتن شروع و تا رسيدگي ادامه داشت. آبياري كرتهاي كنترل مطابق عرف منطقه انجام شد ولي آبياري كرتهاي تحت تنش تا بروز علائم ظاهري تنش در گياه (تيره شدن و حالت پژمردگي در حدود ساعت ۱۰ صبح) به تعويق مي‌افتاد. قبل از انجام آبياري از منطقه عمق ريشه، نمونه خاك جهت تعيين پتانسيل آبي خاك (تعيين سطح تنش) تهيه شد. پس از تعيين درصد وزني رطوبت نمونه‌هاي خاك (قبل از آبياري)، با استفاده از منحني مكش رطوبتي خاك، پتانسيل آبي خاك قبل از هر مرحله آبياري تعيين مي‌گرديد. براي تعيين درصد رطوبت خاك، از عمق پنج تا ٤۰ سانتيمتري نمونه برداري شد. با توجه به اطلاعات اين نمونه برداري، پتانسيل رطوبتي خاک تيمار تنش در عمق ذكر شده، به مرز ۳/۱۶- مگا پاسكال(Mpa) رسيد. در اين تحقيق از رقم مهدوي (*T. aestivum var Mahdavi*) استفاده شد. گندم مهدوي با تيپ رشد بهاره، رقمي پر محصول و مقاوم نسبت به بيماريها بوده و نسبت به شوري و سرما متحمل است. اين رقم با حدود ۱۱-۱۰ درصد پروتئين براي پخت نانهاي ايراني مناسب است (نشريه ترويجي بخش غلات موسسه اصلاح و تهيه نهال و بذر، سال ۱۳۷۵).

اندازه گيري صفات

تعيين سطح برگ: در مرحله گل‌دهي با در نظر گرفتن اثر حاشيه‌اي و بطور تصادفي از هر پلات يك خط نيم‌متري برداشت و تعداد بوته‌ها يادداشت گرديد. تا در صورت نياز در

تجزيه كوواريانس از آنها استفاده شود. در آزمايشگاه فيزيولوژي گياهي، سطح برگ پرچم و برگ زيرين بطور جداگانه و همچنين سطح برگ كل، بوسيله دستگاه تعيين سطح برگ، تعيين گرديد. نمونه ها جهت خشک شدن در داخل آون (دماي 75^{0}C) به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن، بوسيله ترازويي با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزين شدند.

براي تعيين سرعت رشد محصول[1] در فاصله گلدهي تا رسيدگي، در دو مرحله گل‌دهي و رسيدگي نمونه‌هاي نيم‌متري از هر واحد آزمايشي برداشت گرديد. اين نمونه‌ها پس از انتقال به آزمايشگاه در آون (دماي 75^{o}C ، ٤٨ ساعت) خشك شدند. سپس با ترازوي دقيق توزين شدند و سرعت رشد بوسيله فرمول زير محاسبه گرديد (۲):

$$CGR = \frac{Dm_2 - Dm_1}{T_2 - T_1} \times \frac{1}{G_A}$$ (گرم در روز در واحد سطح زمين)

Dm_1: وزن خشك اوليه Dm_2: وزن خشك ثانويه

T_1 : زمان اوليه T_2: زمان ثانويه

عملكرد اقتصادي (عملكرد دانه) و عملكرد بيوماس از طريق برداشت نمونه‌هاي يك‌متري از واحدهاي آزمايشي در مرحله رسيدگي تعيين شدند. اين نمونه‌ها پس از گذشت ۴۸ ساعت در دماي 75^{0} C ، توزين شدند. اين وزن بعنوان كل بيوماس توليدي (به استثناي ريشه) در نظر گرفته شد. پس از بوجاري، دانه هاي بدست آمده با ترازوي حساس توزين شدند و شاخص برداشت محاسبه گرديد.

جهت تعيين وزن هزار دانه، از هرتيمار، هزار عدد بذر بوسيله دستگاه بذر شمار، شمارش و توزين شدند. براي محاسبه سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه از فرمولهاي زير استفاده شد (۱۹) :

ماده خشك (كلش) در رسيدگي ـ ماده خشك در گلدهي = ميزان انتقال مجدد ماده خشك تجمع يافته در مرحله رويشي

$$\frac{\text{انتقال مجدد ماده خشك}}{\text{عملكرد دانه}} \times ۱۰۰ = \text{سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه(\%)}$$

1. Crop Growth Rate (CGR)

محاسبه درصد تغييرات برخي صفات نسبت به شرايط كنترل، بصورت زير انجام شد (مثلاً عملكرد دانه):

$$\frac{\text{عملكرد دانه در شرايط كنترل – عملكرد دانه در شرايط تنش خشكي}}{\text{عملكرد دانه در شرايط كنترل}} \times ۱۰۰$$

تجزيه داده‌ها

بررسي نرمال بودن داده‌ها، تجزيه آنها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهاي Minitab ، SAS ، MSTAT-C ، SPSS و Excel انجام شد.

نتايج و بحث

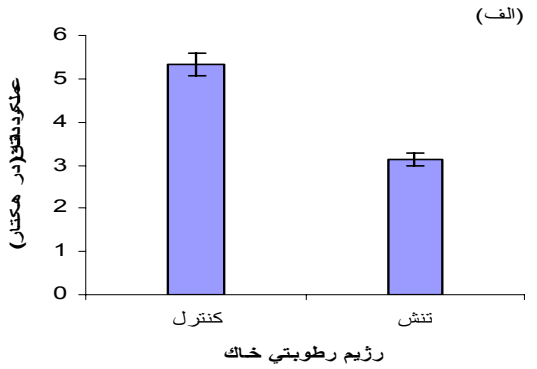
عملكرد دانه- اثر تنش خشكي و زمان بندي مصرف كود نيتروژنه بر عملكرد دانه به لحاظ آماري معني دار بود و تنش خشكي بطور قابل ملاحظه اي عملكرد دانه را كاهش داد (جدول ۱ و شكل ۱ الف). عملكرد دانه در تيمارهاي زمان بندي مصرف نيتروژن و شاهد در شكل يک قسمت ب آمده است. در شرايط تنش خشكي تفاوت معني داري بين عملكرد دانه تيمارهاي كودي وجود نداشت. بيشترين ميزان عملكرد دانه از تيمار CN_2 به دست آمد. درحاليكه كمترين عملكرد مربوط به تيمار SN_O بود (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشكي و نحوه تقسيط كود نيتروژنه بر عملكرد دانه معني دار بود. با افزايش سهم نيتروژن مصرفي در مرحله كاشت (تغيير تيمار كودي از N_1 به N_2)، روند تغيير عملكرد در شرايط تنش و كنترل متفاوت بود و در شرايط تنش افزايش جزئي و غير معني داري داشت در حاليكه در شرايط كنترل اين افزايش معني دار و قابل توجه (بطور ميانگين ۱/۲۹ t/ha) بود (جدول ۲). تنش خشكي بواسطه تحت تأثير قرار دادن منبع فتوسنتزي، از سه طريق سبب كاهش عملكرد دانه مي شود:۱) كاهش سطح فتوسنتزي ۲) كاهش داوم سطح فتوسنتزكننده و ۳) محدود نمودن فتوسنتز از طريق عوامل روزنه‌اي و غير روزنه‌اي (٦). بنابراين بسته به زمان وقوع تنش و همچنين شدت و مدت آن، ميزان اثر آن بر عملكرد دانه و عملكرد بيولوژيك متغيير خواهد بود. در اين آزمايش، تنش خشكي عملكرد را كاهش داد كه بخشي از اين كاهش مربوط به كاهش وزن دانه بود (شكل ۳ الف). عرضه مواد غذايي بويژه نيتروژن به لحاظ تأثيري كه در گسترش و

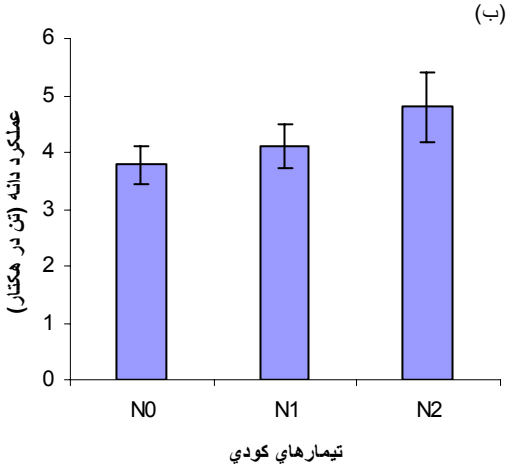
توسعه برگها دارد يكي از عوامل مهم در تعيين ميزان عملكرد (بيولوژيك و دانه) مي‌باشد. تيمار كودي N_2 به لحاظ اينكه در فاز رويشي ميزان بيشتري نيتروژن در اختيار گياه قرار داد، در صورت فراهم بودن رطوبت (تيمار CN_2)، سبب بهبود رشد و بطور كلي افزايش بيوماس توليدي گرديد (شكل ۲ الف). اين تيمار حداكثر عملكرد دانه را هم بخود اختصاص داد. نتايج حاصل از ديگر آزمايشات نيز بيانگر اين موضوع هستند كه در صورت فراهم بودن ميزان نيتروژن كافي(و نه زياد از حد) قبل از مرحله زايشي در شرايط عدم تنش خشكي، عملكرد دانه و بيوماس افزايش مي يابد (۱۵).

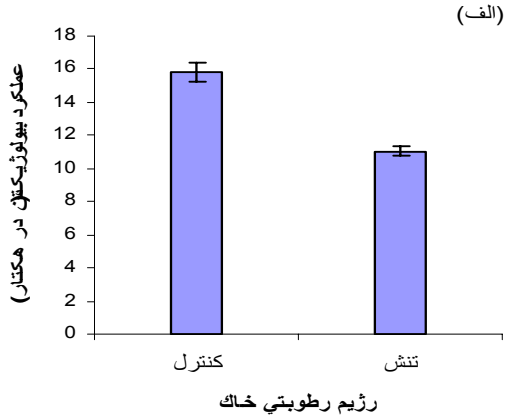
نتايج از همبستگي مثبت و معني دار عملكرد دانه در هردو شرايط كنترل (r =+۰/٦۷) و تنش خشكي (r = +۰/٦۵) با شاخص برداشت حكايت داشت. در شرايط تنش خشكي وزن هزار دانه افت شديدي داشت كه ممكن است يكي از دلايل كاهش شاخص برداشت در اين شرايط باشد.

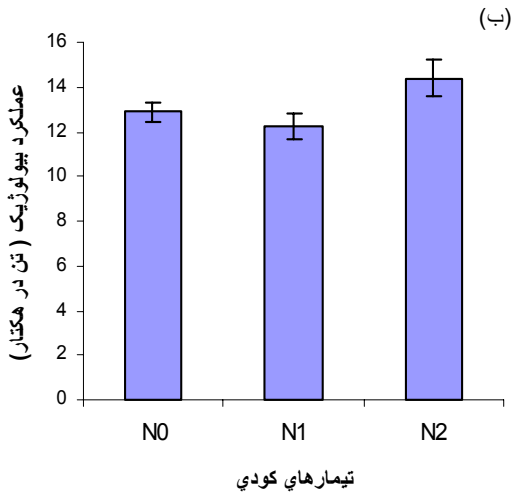
شكل ۱- اثر رژيم رطوبتي خاك (الف) و تيمارهاي كودي (ب) بر عملكرد دانه رقم گندم مهدوي

عملكرد بيولوژيك- در بررسي كل ماده خشك توليدي(به استثناي ريشه)، اختلاف بين تيمار تنش و كنترل از نظر آماري معني دار بود (شكل ۲ الف) و تنش خشكي سبب كاهش ۱۵/۹ درصدي عملكرد بيولوژيك گرديد (جدول۳). پس از مقايسه ميانگين ها به روش دانكن مشخص شد كه تيمار N_O و N_1 از نظر توليد عملكرد بيولوژيک با هم اختلاف معني داري ندارند، اما تيمار N_2 با آنها متفاوت بود و عملكرد بيولوژيک را افزايش داد (شكل ۲- ب). اثر متقابل تنش خشكي و نحوه زمان بندي مصرف كود نيتروژنه بر عملكرد بيولوژيك معني دار بود به گونه اي كه با افزايش سهم نيتروژن مصرفي در مرحله كاشت (تغيير وضعيت كودي از N_1 به N_2) شدت افزايش عملكرد بيولوژيک در تيمار عدم تنش بيشتر از تيمار تنش بود (جدول ۲).









شكل ۲- اثر رژيم رطوبتي خاك (الف) و تيمارهاي كودي (ب) بر عملكرد بيولوژيك رقم گندم مهدوي

جدول ۱ - مقادير F جدول تجزيه واريانس براي صفات عملكرد دانه, عملكرد بيولوژيك, وزن هزار دانه و شاخص برداشت

منابع تغييرات	درجه آزادي	عملكرد دانه	عملكرد بيولوژيك	وزن هزار دانه	شاخص برداشت
تكرار (R)	۳	۰/۱۳^{ns}	۳/۷۱^{ns}	۱/۸۱ ^{ns}	۵۷/۴۸ ^{ns}
رژيم رطوبتي (A)	۱	۲۸/۸۴**	۳۱/۰۹*	۵۰/۶۰*	۶۳۵/۹۲**
خطا (R * A)	۳	۰/۱۲ ^{ns}	۲/۹۵ ^{ns}	۱/۶۷ ^{ns}	۲۸/۶۶ ^{ns}
زمان بندي مصرف كود نيتروژنه (B)	۲	۲/۱۹**	۹/۸۶**	۳/۹۴^{ns}	۷۴/۴۳^{ns}
A×B	۲	۱/۲۱*	۴/۰۱*	۰/۰۰۸^{ns}	۲۳/۶۰^{ns}
خطا	۱۲	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۶۲ ^{ns}	۲/۹۱ ^{ns}	۲۶/۹۴ ^{ns}
ضريب تغييرات (CV%)		۱۲/۹۲	۶/۰۲	۳/۹۰	۱۵/۷۹

** و * به ترتيب معني دار در سطح يك و پنج درصد. ns عدم معني دار

جدول ۲- مقايسات ميانگين صفات عملكرد دانه, عملكرد بيولوژيك, وزن هزار دانه و شاخص برداشت

تيمار	عملكرد دانه (تن در هكتار)	عملكرد بيولوژيك (تن در هكتار)	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
CN_0**	b*۴/۵۸	b۱۳/۴۱	a۴۴/۶۶	ab۳۳/۱۵
CN_1	b۵/۰۶	b۱۳/۲۲	a۴۵/۹۸	ab۳۸/۴۰
CN_2	a۶/۳۵	a۱۶/۳۲	a۴۴/۹۹	a۴۲/۵۰
SN_0	c۲/۹۸	bc۱۲/۳۷	a۴۱/۶۹	b۲۵/۸۸
SN_1	c۳/۱۷	c۱۱/۲۶	a۴۳/۱۰	b۲۸/۸۱
SN_2	c۳/۲۷	bc۱۲/۴۹	a۴۲/۱۴	b۲۸/۴۷

* مقايسه ميانگين ها با آزمون دانكن انجام شده است. ميانگينهاي داراي حروف مشابه در ستون تفاوت معني داري باهم ندارند.

** جهت توضيح تيمارها به بخش مواد و روشها مراجعه شود.

جدول۳ - درصد تغييرات عملكرد دانه, عملكرد بيولوژيك, وزن هزار دانه و شاخص برداشت در شرايط تنش نسبت به كنترل

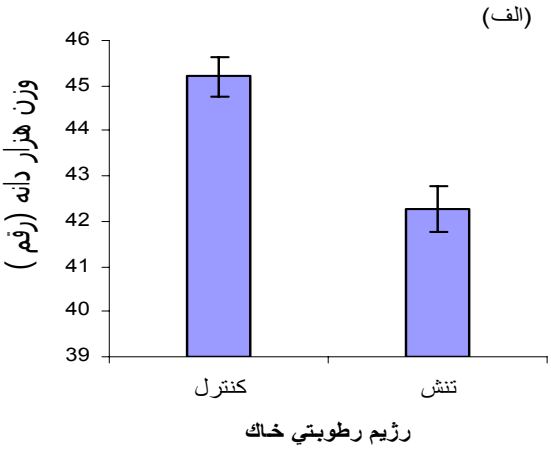
تيماركودي	عملكرد دانه	عملكرد بيولوژيك	وزن هزار دانه	شاخص برداشت
N_0*	-۳۵/۱۵	-۷/۷۵	-۶/۶۵	-۲۱/۹۲
N_1	-۳۸/۷۳	-۱۴/۸۳	-۶/۲۶	-۲۴/۹
N_2	-۴۸/۵	-۲۳/۴۲	-۶/۳۳	-۳۳/۰۱
ميانگين	-۴۱/۱۴	-۱۵/۹۳	-۶/۴۸	-۲۴/۴۶

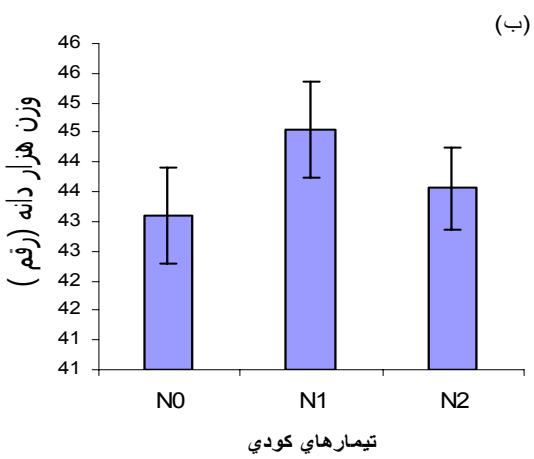
*جهت توضيح تيمارهاي كودي به بخش مواد و روشها مراجعه شود.

افزايش توليد ماده خشك در اثر افزايش سهم نيتروژن كاربردي در مرحله كاشت (تيمار CN_2)، ممكن است مربوط به افزايش پنجه زني و رشد زياد برگها در اثر فراهم بودن نيتروژن و رطوبت در زمان پنجه زني و مرحله خطي منحني رشد باشد. البته در شرايط تنش خشكي تفاوت معني داري بين دو تيمار كودي از نظر توليد ماده خشک مشاهده نشد (جدول ۲). در شرايط تنش، افزايش كود نيتروژنه سبب افزايش رشد برگها شده و موجب مي شود كه رطوبت موجود در خاك خيلي زود تخليه شود و گياه نتواند به رشد خود ادامه دهد، بنابراين عملكرد بيولوژيك آن كاهش خواهد يافت (۱۵). بطور كلي عرضه نيتروژن همراه با رطوبت كافي در اوايل رشد (مرحله رويشي) باعث افزايش بيوماس توليدي خواهد شد كه در آزمايشات زيادي به آن اشاره شده است(۵، ۱۵، ۱۶) و زيادي نيتروژن در صورتي كه مشكل كمبود رطوبت وجود داشته باشد سبب نقصان عملكرد بيولوژيك مي شود (۱۴) در اين آزمايش نيز اختصاص سهم عمده نيتروژن مصرفي (۸۰%) در مرحله گرده افشاني، تيمار N_1، تفاوت معني‌داري از نظر افزايش عملكرد بيولوژيك ايجاد نكرد.

وزن هزاردانه- وزن هزار دانه تحت تاثير تيمارهاي كودي قرار نگرفت و تيمارهاي كودي با تيمار شاهد اختلاف معني داري نداشتند، اما تنش خشكي به طور معني داري آن را كاهش داد (شكل۳- الف). تنش خشكي بواسطه مختل كردن مكانيزم هاي سنتز نشاسته سبب كاهش قدرت مخزن گرديده و مي تواند دليلي براي كاهش وزن هزار دانه و بطور كلي عملكرد

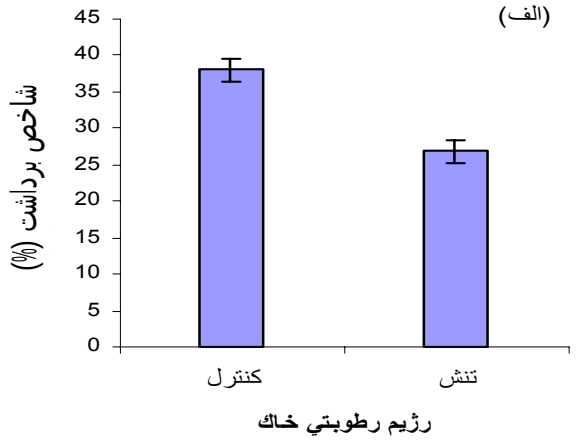
دانه باشد (٦). تنش خشكي در اين آزمايش به ميزان ٦/٤٨% وزن هزار دانه را كاهش داد (جدول٣). كوباتا و همكاران در بررسي اثر رطوبت نسبي پس از گرده افشاني بر عملكرد و وزن هزار دانه نتيجه مشابهي (تا ٣٠ % كاهش) را گزارش كردند و علت آن را توقف زودتر رشد دانه در تيمار تنش ذكر كردند(١٢). دليل ديگر كاهش وزن دانه مي تواند كاهش تجمع قند در ساقه در اوايل گرده افشاني باشد (٢٠) زيرا عدم تجمع مواد فتوسنتزي سبب كاهش سهم انتقال مجدد در پرشدن دانه مي شود. در آزمايشي كه بصورت گلخانه اي توسط يانگ و همكاران (٢٠٠١) انجام شد، وجود نيتروژن در شرايط تنش سبب بهبود وزن هزار دانه شد اما در شرايط بدون تنش وضعيت برعكس بود(٢١). در اين آزمايش هرچند كه وزن هزاردانه از نظر آماري تحت تاثير تيمارهاي كودي قرار نگرفت اما وزن هزاردانه در تيمارهاي N_1 و N_2 بيشتر از N_0 بود (شكل ٣- ب).

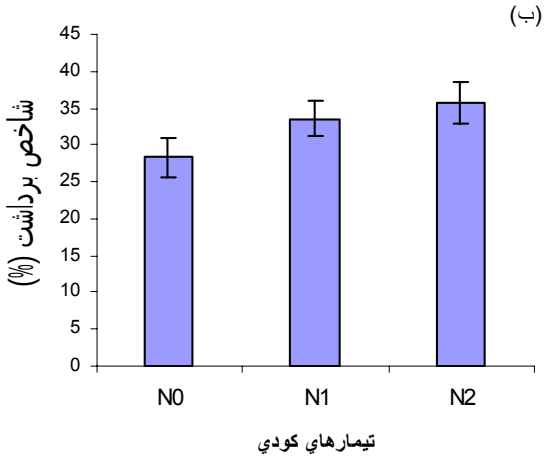




شكل ٣- اثر رژيم رطوبتي خاك (الف) و تيمارهاي كودي (ب) بر وزن هزار دانه رقم گندم مهدوي

شاخص برداشت- اثر تنش خشكي بر شاخص برداشت معني دار بود(جدول ١). ميانگين شاخص برداشت در تيمار كنترل ٣٨/٠٢% و در تيمار تنش ٢٧/٧٢% بود(شكل ۴ الف). تنش خشكي سبب كاهش اين شاخص به ميزان٢٤/٤٦% گرديد (جدول ٢). به احتمال قوي كاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشكي بواسطه كاهش عملكرد دانه مي باشد. در آزمايشات انجام شده توسط سيديكو و همكاران (٢٠٠٠) و كوباتا و همكاران (١٩٩٢) نيز تنش خشكي سبب كاهش عملكرد دانه گرديد (١٢، ٢٠).

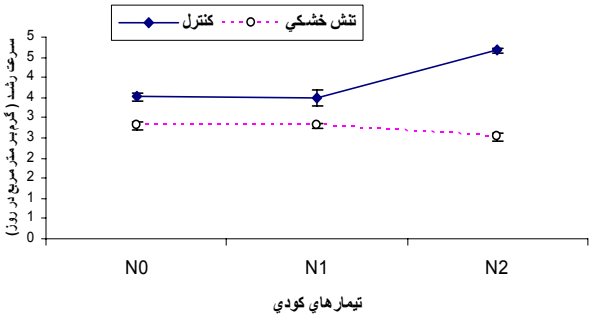




شكل ٤- اثر رژيم رطوبتي خاك (الف) و تيمارهاي كودي (ب) بر شاخص برداشت رقم گندم مهدوي

كاهش عملكرد دانه در شرايط تنش به چند دليل ممكن است رخ دهد كه در بخش عملكرد دانه ذكر شده‌اند. مقايسه ميانگين تيمارهاي آزمايشي نشان داد كه تيمار CN_2 با بيشترين شاخص برداشت با تيمارهاي CN_O و CN_1 تفاوت معني داري نداشت. اما با تيمارهاي SN_O، SN_1 و SN_2 تفاوت داشت. همچنين تيمارSN_O با كمترين شاخص برداشت با تيمارهايSN_1 و SN_2 تفاوت معني داري نشان نداد (جدول ۲). در مجموع تقسيط كود نيتروژن بصورت٤٠% كاشت،٦٠% گلدهي و تامين رطوبت كافي(شرايط كنترل)، به دليل افزايش سطح برگ و همچنين دوام آن و بطور كلي پايين بودن محدوديت منبع، عملكرد دانه را افزايش داد و سهم بيشتري از عملكرد بيولوژيك را به خود اختصاص داد.

سرعت رشد- اثر رژيم رطوبتي خاک بر سرعت رشد معني دار بود و در شرايط تنش خشكي سرعت رشد به ميزان ۳۰ درصد كاهش يافت (جدول ۴). تيمارهاي كودي نيز سرعت رشد را تحت تاثير قرار دادند. تيمار N_2 با بيشترين سرعت رشد با دو تيمار ديگر تفاوت معني دار داشت اما تيمار هاي N_0 و N_1 از نظر آماري تفاوت معني داري با هم نداشتند. اثر متقابل رژيم رطوبتي و تيمار كودي نيز بر سرعت رشد معني دار بود. اين اثر درشكل ۵ نشان داده شده است.



شكل ۵- اثر تيمارهاي كودي بر روند تغييرات سرعت رشد در دو شرايط رطوبتي و كنترل

از آنجائيكه تنش خشكي سبب كاهش سطح برگ و همچنين بسته شدن روزنه ها مي‌شود (٦)، در اين شرايط، هم ميزان منبع و هم سرعت عمل آن كاسته مي شود، بنابراين كاهش سرعت رشد در تيمار تنش خشكي منطقي است. در بين تيمارهاي كودي، تيمار N_2 به لحاظ دريافت ميزان بيشتر كود نيتروژنه در فاز رويشي، سطح برگ بيشتري داشت، از آنجايكه سرعت رشد نتيجه حاصلضرب سطح برگ در فتوسنتز خالص[1] مي باشد بنابراين افزايش سرعت رشد قابل انتظار است. تيمار كودي و رژيم رطوبتي بر سرعت رشد اثر متقابل شديدي داشتند به گونه اي كه تيمار CN_2 داراي بيشترين سرعت رشد و تيمار SN_2 داراي كمترين سرعت رشد بود (شكل ۵). كاهش شديد سرعت رشد تيمار SN_2 احتمالاً به لحاظ اثر متقابل محدوديت رطوبت و زيادي نيتروژن در مرحله رويشي بود.

شاخص سطح برگ- اثر رژيم رطوبتي و همچنين تيمارهاي كودي بر سطح برگ معني دار بود. در شرايط تنش، شاخص سطح برگ به مقدار زيادي كاهش يافت (جدول ۴). اختلاف بين تيمارهاي كودي از نظر توليد سطح سبز برگ معني دار بود و تيمارN_2 سبب توليد سطح برگ بيشتري گرديد هرچند تفاوت بين N_0 وN_1 معني دار نبود. ميزان سطح برگ پرچم و برگ زيرين تنها تحت تاثير رژيم رطوبتي خاك قرار گرفت و تيمارهاي كودي اثر معني داري بر آن نداشتند. تنش خشكي سطح برگ پرچم و برگ زيرين آن را بطور ميانگين به ميزان ۳۹/٦ درصد نسبت به شرايط كنترل كاهش داد (جدول ۴). گياه در شرايط تنش خشكي به مكانيزمهاي دفاعي مختلفي متوسل

1. Net assimilation rate

مي شود كه يكي از مهمترين آنها كاهش سطح برگ يا در واقع كاهش سطح تعرق كننده است (۳). به عبارت ديگر با كم شدن رطوبت خاك در ناحيه فعاليت ريشه, پتانسيل آب برگها نيز كاهش مي يابد (۲۰) و اين كاهش پتانسيل سبب كاهش پتانسيل فشاري (كه لازمة رشد و گسترش سلولها مي باشد) مي گردد. بنابراين توسعه و گسترش سطح برگ در چنين شرايطي با محدوديت روبرو مي شود. البته رشد ساير اندامها نيز تحت تاثير قرار گرفته و كند مي شود اما به لحاظ حساسيت رشد برگ به پتانسيل فشاري و بالا بودن آستانه فشار تورژسانس براي رشد برگ نسبت به ساير اندامها، برگها از اولين اندامهايي هستند كه رشدشان محدود مي شود (۳). در آزمايش گيونتا و همكاران نيز تنش خشكي سبب افت شديد شاخص سطح برگ گندم دوروم گرديد كه اين كاهش در دوره قبل از سنبله دهي تاثير معني داري بر مصرف آب نداشت اما كاهش شاخص سطح برگ در دوره سنبله دهي تا حداكثر وزن سنبله سبب كاهش مصرف آب گرديد(۱۰).

جدول ۴- درصد تغييرات سرعت رشد, شاخص سطح برگ، شاخص سطح برگ پرچم و برگ زيرين آن و سهم مواد فتوسنتزي قبل ازگرده افشاني در عملكرد دانه در شرايط تنش نسبت به كنترل

تيمار	سرعت رشد در مرحله پرشدن دانه	شاخص سطح برگ كل در گلدهي	سطح برگ پرچم و برگ زيرين آن در گلدهي	سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه
كودي				
N_0	-۲۰/٤٥	-٤۰/۳۸	-٤۰/۳٥	+۷۷/۸۷
N_1	-۱۹/۷۰	-۳٤/۷۸	-٤۲/۹۰	+۷٤/۳۷
N_2	-٤٦/۰۳	-۲۷/۳۲	-۳۹/۸	+۷۰/۷٥
ميانگين	-۳۰/٤٥	-۳۳/۹۰	-۳۹/٦۰	+۷٤/٤۰

فراهم بودن نيتروژن در زمان مناسب، تيمارN_2 ، سبب شد تا سطح برگ در اين تيمار بيشتر از تيمارهايN_0 و N_1 باشد زيرا حداكثر گسترش و توسعه برگها تا زمان گلدهي مي باشد و در واقع در زمان گلدهي حداكثر شاخص سطح برگ وجود دارد (۵). در تيمار N_1 به لحاظ تقسيط قسمت عمده نيتروژن مصرفي در زمان گلدهي، نيتروژن كافي براي رشد برگها در اختيار گياه نبود و برگها به اندازه تيمار N_2 توسعه نيافتند. در بين تيمارهاي N_0 و N_1 اختلاف معني داري مشاهده نگرديد. دليل اين امر به احتمال قوي مربوط به نحوه تقسيط نيتروژن در تيمار N_1 مي باشد زيرا در اين تيمار فقط ۲۰% نيتروژن در زمان كاشت در اختيار گياه قرار گرفت.

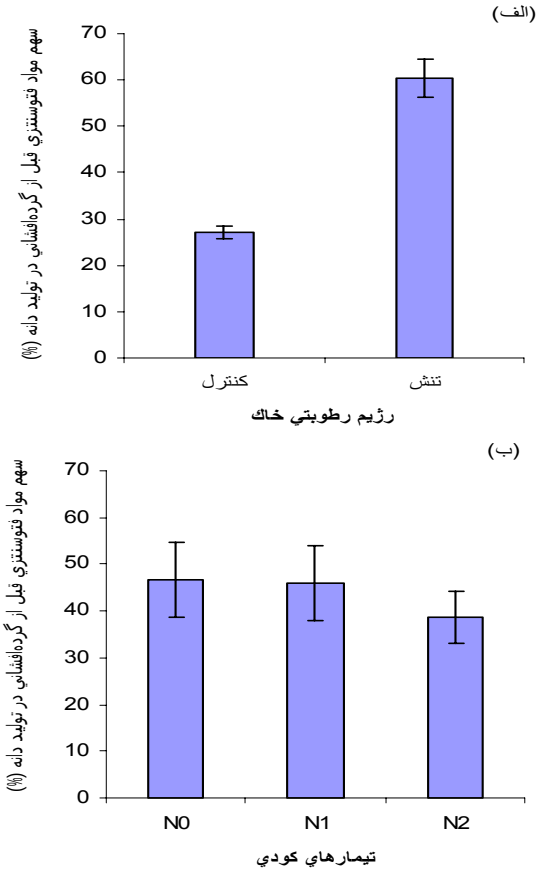
سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه (كارايي انتقال مجدد)

تنش خشكي به طور معني داري سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه را افزايش داد (شكل ۶-الف). در شرايط تنش، اين پارامتر ۷٤/۴% بيشتر از شرايط كنترل بود (جدول۴). نتايج آزمايش كوباتا و همكاران نيز مؤيد افزايش سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در توليد عملكرد دانه در شرايط تنش خشكي مي باشد كه يكي از دلايل اين امر را كاهش فتوسنتز جاري پس از گرده افشاني در اثر تنش خشكي دانسته اند(۱۲). با وجوديكه تيمارN_2 داراي كمترين سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني(۳۸/۵%) در توليد عملكرد دانه بود(شكل۶- ب) اما اثر تيمارهاي كودي در اين مورد معني دار نبود.

تنش خشكي (پتانسيل آبي برگ= Mpa ۱/۵-) سبب بسته شدن روزنه‌ها شده، موجب كاهش فتوسنتز خالص و تجمع هيدروكربنهاي محلول در آب كه در دوره زماني بين گرده‌افشاني و رشد خطي دانه براي پرشدن دانه استفاده مي‌شوند، مي‌گردد. بنابراين در چنين شرايطي نياز به مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني براي پرشدن دانه‌هاي تشكيل شده، افزايش مي‌يابد. البته در طي فرايند انتقال مجدد بخشي از ماده خشك صرف ايجاد انرژي شده و در واقع بصورت هزينه تخصيص مجدد مواد از بين مي‌رود (۱۷). سهم عملكرد گندم از مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني، در شرايط مزرعه ۵۷-۷ درصد محاسبه شده است (۸). در آزمايش ما سهم عملكرد دانه در شرايط تنش خشكي از مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني۱۷/۵% و در شرايط كنترل۱۰% بود. در آزمايش ديگري نيز سهم مواد فتوسنتزي ساخته شده قبل از گل دهي (انتقال

مجدد) در عملكرد دانه گندم، تحت شرايط مرطوب ۱۳% و در شرايط خشك ۲۷% بود (۲).

اثر متقابل رژيم رطوبتي و تيمارهاي كودي بر اين صفت معني دار نبود، اما بيشترين سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در عملكرد دانه مربوط به تيمارSN_O و كمترين آن مربوط به تيمار CN_2 بود. در شرايط SN_O به علت محدوديت بيشتر در انجام فتوسنتز خالص پس از گرده افشاني (حاكم بودن شرايط خشكي)، منطقي به نظر مي رسد كه سهم انتقال مجدد مواد قبل از گرده افشاني در عملكرد آن بالاتر باشد. همچنين با توجه به شرايط تيمار CN_2 (فراواني نيتروژن و رطوبت كافي) كه در آن شرايط محيطي طي پرشدن دانه محدود كننده فتوسنتز نيست، به تبع سهم عملكرد دانه از مواد قبل از گرده افشاني ناچيز خواهد بود و مواد فتوسنتزي ناشي از فتوسنتز جاري(بويژه برگ پرچم و سنبله) سبب پرشدن دانه شده اند. در آزمايش گلخانه‌اي يانگ‌وهمكاران(۲۰۰۱)نيز تنش خشكي باعث افزايش درصد انتقال مجدد مواد فتوسنتزي به دانه گرديد (۲۱).



شكل ٦- اثر رژيم رطوبتي خاك (الف) و تيمارهاي كودي (ب) بر سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده‌افشاني در توليد دانه

آزمايشات نشان داده اند كه فرايند انتقال تا مراحل آخر دوره تنش، يعني زماني كه ساير فرايندها قوياً متوقف نشوند بدون تغيير باقي مي ماند. حساسيت نسبي فرايند انتقال نسبت به تنش خشكي سبب مي شود كه گياه بتواند در جايي كه نياز است (رشد دانه) و حتي زماني كه تنش خيلي شديد باشد، ضمن انتقال اندوخته خود، از آن استفاده نمايد. در حقيقت توانايي تداوم در انتقال تركيبات كربن دار، عاملي كليدي در تمام جنبه هاي مقاومت گياه به خشكي است (۳). همبستگي بين سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در توليد دانه با عملكرد دانه در شرايط تنش، منفي و معني‌دار بود($r = -0/٦٦$)

اما در شرايط كنترل اين رابطه منفي و غيرمعني‌دار بود (r = -۰/۲۱). در شرايط تنش خشكي به خاطر محدود شدن فتوسنتز جاري، انتقال مجدد نقش بارزتري دارد. در آزمايش پالتا و همكاران نيز در شرايط تنش خشكي سهم مواد فتوسنتزي قبل از گرده افشاني در توليد عملكرد دانه افزايش يافت كه نتايج اين آزمايش را تاييد مي كند(۱۸). البته نتايج آزمايش گيونتا و همكاران، عكس نتايج اين آزمايش مي باشد و آنها به اين نتيجه رسيدند كه با افزايش سطح تنش ميزان كمتري از مواد فتوسنتزي ذخيره شده در ساقه به دانه انتقال مي يابد(۱۰).

با توجه به نتايج بدست آمده از اين آزمايش مي توان چنين نتيجه گيري كرد كه نيتروژن از عوامل مهم در توليد عملكرد (بيولوژيك و اقتصادي) است اما مهمتر از آن، ميزان رطوبت خاك مي باشد كه تعيين كننده مثبت يا منفي بودن اثر كود نيتروژنه است. به عبارتي و همانطور كه ديديم اين دو عامل با هم اثر متقابل دارند و در شرايطي كه رطوبت محدود كننده نبود، ميزان بهينه نيتروژن باعث افزايش عملكرد شد و در شرايط تنش خشكي يا اثري نداشت و يا اثر آن منفي بود. نكته ديگري كه بايد در نظر داشت مصرف تقسيطي كود نيتروژنه است. زيرا مصرف يكباره آن در زمان كاشت دو وضعيت را بوجود خواهد آورد؛ يكي اينكه ممكن است سبب رشد زياد از حد در مرحله رويشي شده و موجبات ورس را فراهم كند (در كشتهاي بهاره) و يا اينكه در فصل زمستان در اثر بارندگيها و موقعي كه گياه به لحاظ پايين بودن دما فعاليت جذب ندارد از دسترس ريشه خارج شود (در كشتهاي پاييزه). لذا راهكار مناسب مصرف ميزان كود نيتروژنه لازم حد اقل در دو مرحله كاشت و گرده افشاني است تا ضمن افزايش كميت عملكرد دانه، كيفيت آن نيز ارتقاء يابد (اثرات متقابل زمان بندي مصرف كود نيتروژنه و تنش خشكي بر كيفيت عملكرد دانه در مقاله اي جداگانه مورد بحث قرار گرفته است).

منابع مورد استفاده

REFERENCES

۱. امام، ي. و م. نيك نژاد، ۱۳۷۳. مقدمه اي بر فيزيولوژي عملكرد گياهان زراعي، ترجمه، انتشارات دانشگاه شيراز،۵۷۱ صفحه.
۲. سرمدنيا، غ. كوچكي، ۱۳۷٦. فيزيولوژي گياهان زراعي (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهي مشهد. ٤٦۷ صفحه.
۳. كافي، م. ا. زند، ب، كامكار، ح، تشريفي، و م، گلداني، ۱۳۷۹ . فيزيولوژي گياهي جلد دوم (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهي مشهد، ۳۷۹ صفحه.
٤. مدرسي، ر. ۱۳۷۲. بررسي روابط بين خصوصيات مورفولوژيكي و عملكرد در گندم، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشگاه تهران، دانشكده كشاورزي كرج، ۱۲۰ صفحه.
۵. نور محمدي، ق. ع، سيادت و ع، كاشاني، ۱۳۸۰. زراعت غلات، (جلد اول)، (تأليف)، انتشارات دانشگاه شهيد چمران اهواز، ٤٤٦ صفحه.
6. Ahmadi, A. & D. A. Baker. 2000. Stomatal and non-stomatal factors limiting photosynthesis in wheat under drought stress condition, Iranian Journal of Agricultural Sciences, 31(4): pp813-825.
7. Bidinger, F., R.B. Musgrave, & R.A. Fischer. 1977. Contribution of stored preanthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature (London) 270: 431-433.
8. Gallagher , J.N., P.V. Briscoe, and B.H.Inter. 1976. Effects of drought on grain growth. Nature, 264: 541-542
9. Evans, L.T., L. F. Wardlaw, & R.A. Fischer. 1975. In crop physiology, ed. L.T.Evans. London: Cambridge University Press.
10. Giunta, F., R. Motzo, & M. Deiddo. 1995. Effects of drought on leaf area development, biomass partitioning and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric. Res. 46: 99-110.
11. Kirby, E. J. M. & H.G. Jones. 1977. The relations between the main shoot and tillers in barley plants. J. Agric. Sci. (Cambridge) 88:381-389.
12. Kobata, T., J.A. Palta, & N.C. Turner. 1992. Rate of development of post anthesis water defecits and grain filling of spring wheat. Crop. Sci. 32: 1238-1242.

13. Johnson, R.R. & D.N.Moss. 1976. Effects of water stress on $^{14}co_2$ fixation and translocation in wheat during grain filling. Crop Sci. 16: 697-701.
14. Mecelli, F., M. Martin, & G. Zebri. 1992. Yield quality and nitrogen efficency in winter wheat fertilized with increasing N levels at different times. J. Agron. Crop Sci. 68: 337-345.
15. McDonald, G. K. 1992. Effects of nitrogen fertilizer on the gorowth, grain yield and grain protein concentration of wheat. Aust. J. Agric Res. 43: 946-967.
16. Nel. A.A. & F.J. Dijkhuis. 1990. The effect of seeding rate, timing of nitrogen application and ferequency of irrigation on wheat growth, yield and water use. South- African Journal of Plant and Soil. V. 7 (3): 163-166.
17. Nicolas, M.E., H. Lambers, R.J.Simpson, & M.J. Dalling. 1985. Effects of drought on metabolism and partitioning of carban in two wheat varieties differing in drought tolerance. Ann. Bot. (London) 55: 727-747.
18. Palta, A.J., T. Kobata, N.C. Turner, & I.R.Fillery. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. Crop Sci. 34: 118-124.
19. Papakosta, D. K. & A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agron. J. 83:864-870.
20. Siddique M.R.B., A. Hamid, & M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 35-39.
21. Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, & L. Liu. 2001. Water deficit-induced senecence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filing. Agron. J. 93: 196-206.