دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و یکم، ۱۳۹۹

اثر مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی

عبدالکریم بنی سعیدی[۱]، محمد معتمدی[۲]

دریافت: ۹۷/۵/۲۹ پذیرش: ۹۸/۶/۱۲

چکیده

تنش خشکی یکی از عوامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی در بیشتر نقاط جهان است. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد شناخت حساس‌ترین مرحله رشد گیاه در شرایط تنش می‌تواند رهگشای مدیریت زراعی گیاه در شرایط تنش باشد. پژوهشی در سال ۱۳۹۲ در قالب آزمایش اسپلیت پلات با پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان شوشتر اجرا شد. این پژوهش شامل تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه (V_1= قطع آبیاری از ابتدای ۱۰ برگی گیاه تا مرحله ظهور تاسل ها، V_2=قطع آبیاری از ظهور ۵۰ درصد تاسل تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها و V_3= آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد) به‌عنوان کرت اصلی و سطوح نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی بود. نتایج نشان داد عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک در تیمار قطع آبیاری از زمان ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها بود و با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، میزان انتقال ماده خشک کاهش معنی‌داری یافت. تیمار قطع آبیاری از زمان ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها با میانگین ۴۰ درصد، دارای بیشترین سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه بود. افزایش میزان نیتروژن مصرفی، عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تأمین رطوبت و نیتروژن کافی در مرحله قبل از گلدهی، از طریق افزایش تحریک سهم و میزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه در صورت بروز تنش در مرحله بعد، از کاهش شدید وزن دانه تا حدودی جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: انباشت، انتقال مجدد، کود نیتروژن، ماده خشک

بنی سعیدی، ع. و م. معتمدی. ۱۳۹۹. اثر مقدار مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴۱: ۷۷-۶۸.

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران- مسئول مکاتبات. k.banisaidi@gmail.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در دنیا است که یکی از اهداف کشت آن عملکرد دانه است. رطوبت یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید ذرت به‌خصوص در مناطق خشک است (چوگان، ۱۳۹۱). تنش خشکی باعث ایجاد طیفی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود (عباسی و همکاران، ۲۰۱٤). تنش خشکی از طریق ایجاد اختلال در روابط آبی گیاه، ظرفیت تبادل گازی فتوسنتزی، آماس سلولی، روابط منبع و مخزن (انجوم و همکاران، ۲۰۱۷)، فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان، تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساختمان آنزیم‌ها باعث اختلال در رشد گیاه زراعی می‌شود (مهرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹٦).

عملکرد دانه در غلات از سه منبع فتوسنتز جاری، انتقال آسیمیلات های ذخیره‌شده قبل از گلدهی به دانه و آسیمیلات های ذخیره‌شده موقت در ساقه بعد از گلدهی تأمین می‌شود (مصطفوی راد و همکاران، ۱۳۸۵). تنش خشکی از طریق تأثیر بر قدرت منبع و مخزن بر انتقال مواد فتوسنتزی اثر می‌گذارد (بحرانی و همکاران، ۱۳۹۲). محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و در پی آن، کاهش فتوسنتز جاری باعث افزایش وابستگی عملکرد گیاهان زراعی به فرآیندهای تسهیم انتقال مجدد ماده خشک در مرحله پر شدن دانه‌ها می‌شود (حق جو و بحرانی، ۲۰۱۵، فطری و همکاران، ۱۳۹۲). مادح خاکسار و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند با افزایش شدت تنش خشکی سهم فتوسنتزی جاری در پر شدن دانه‌ها کاهش و در مقابل سهم توزیع مجدد مواد فتوسنتزی افزایش یافت. قبادی و همکاران (۱۳۹٤) گزارش دادند در شرایط بدون تنش سهم ذخایر فتوسنتزی در عملکرد دانه ۵ تا ۲۰ درصد بود، ولی در شرایط تنش سهم این ذخایر فتوسنتزی به حدود ٤۰ تا ٦۰ درصد افزایش یافت.

تأمین نیتروژن مناسب همانند رطوبت برای تولید محصول مناسب، لازم و ضروری است. این امر به دلیل اهمیت و شرکت عنصر نیتروژن در ترکیبات مهم متابولیسمی درون گیاه است (فتائی، ۱۳۸٦). کاربرد نیتروژن کافی در مراحل مختلف رشد گیاه بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، زیست‌توده گیاهی (کیهانی و مدحج، ۱۳۹۳) و میزان جذب نیتروژن توسط گیاه مؤثراست (خودشناس و همکاران ۱۳۹٤).

در شرایط کمبود رطوبت، کمبود نیتروژن می‌تواند فشار مضاعفی را بر رشد و عملکرد گیاه وارد آورد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). فولادوند و یدوی (۱۳۹٤) گزارش نمودند همبستگی بالایی بین رطوبت قابل‌استفاده و میزان نیتروژن مصرفی وجود دارد. افزایش نیتروژن از طریق توسعه ریشه گیاهی سبب افزایش قابلیت جذب رطوبت در اطراف ریشه می‌شود و درنتیجه باعث کاهش اثر تنش خشکی می‌شود ولی در شرایط کمبود رطوبت مناسب، افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش اثر تنش خشکی و کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود.

مجدم و همکاران (۱۳۸۸) بیان نمودند کارایی و سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه با افزایش شدت تنش خشکی افزایش و کارایی و سهم فتوسنتز جاری کاهش و با افزایش میزان نیتروژن سهم فتوسنتز جاری افزایش یافت. شناخت روابط برهمکنشی رطوبت خاک و نیتروژن در دسترس گیاه، می‌تواند زمینه‌ساز بهبود سیستم مدیریت تولید عملکرد اقتصادی ذرت در صورت تغییر هر یک از این عوامل مؤثر در تولید باشد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه ذرت سنیگل کراس ۷۰٤ بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر با ارتفاع ٦۷ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤۸ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی اجرا شد. پژوهش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بر روی ذرت SC.704 انجام شد. این پژوهش شامل تنش خشکی به‌صورت زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه به‌صورت V_1= قطع آبیاری از ابتدای ۱۰ برگی گیاه تا مرحله ظهور تاسل ها، V_2=قطع آبیاری از ظهور ۵۰ درصد تاسل تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها و V_3= آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد به‌عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شد. شایان‌ذکر است، اعمال هریک از تیمارهای مرحله قطع آبیاری از طریق تعیین مشخصات فنولوژیک در هر کرت آزمایشی انجام شد بدین منظور حداقل ۵۰ بوته به‌وسیله روبان به‌طور تصادفی در هر کرت مشخص گردید و تعیین دقیق ورود گیاه به هر مرحله بر اساس بررسی گیاهان علامت‌گذاری شده و بر اساس ورود حداقل ۵۰ درصد گیاهان به یک مرحله انجام شد و کرت‌های فرعی به سطوح مختلف نیتروژن شامل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌عنوان کرت فرعی اختصاص

داده شد. هر کرت شامل ٦ ردیف به طول ۱۰ متر و با فواصل بین ردیفی ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ای ۱۹ سانتی‌متر بود. همچنین فاصله دو کرت فرعی یک پشته نکاشت و فاصله دو کرت اصلی دوپشته نکاشت در نظر گرفته شد و فاصله بین تکرارها دو متر بود.

عملیات خاک‌ورزی شامل شخم با گاوآهن برگردان دار، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح زمین یک هفته پیش از کشت ذرت انجام گردید. پس از کودپاشی جهت مخلوط شدن کود با خاک نیز یک دیسک سبک زده شد و بعدازآن عملیات تسطیح و فارو بندی اجرا گردید.

بر اساس نتایج آزمون خاک، نیتروژن موردنیاز از منبع اوره تأمین و دو مرحله به‌صورت ۵۰ درصد به‌عنوان کود پایه در زمان کاشت و باقیمانده به‌صورت سرک در مرحله ۸ – ٦ برگی به روش نواری در کرت‌های آزمایشی توزیع شد (لک و همکاران، ۱۳۸٦). همچنین فسفر و پتاسیم موردنیاز نیز از کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم محاسبه در زمان کاشت به‌صورت کود پایه استفاده شد.

بذرهای ذرت قبل از کاشت با سم ویتاواکس (کاربوکسین تیرام) به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. پس از انجام عملیات تهیه زمین، بذرهای ذرت در شیارهایی به عمق ۳ تا ٤ سانتی‌متر که قبل از کاشت توسط بیلچه ایجادشده بودند قرار گرفتند و روی آن‌ها با خاک پوشانیده شد. اولین آبیاری کرت‌های آزمایشی پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی نیز با توجه به بافت خاک، درجه حرارت محیط و نیاز گیاه تا مرحله ۱۰ برگی انجام و بعدازآن تیمارهای تنش اعمال گردید. در طول دوره رشد نیز مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. در طول فصل رشد مزرعه آزمایشی ازلحاظ آفات و بیماری‌ها تحت کنترل بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

عمق	فسفر PPM	پتاسیم PPM	نیتروژن PPM	EC $ds.m^{-1}$	pH	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۰-۳۰	۱۳	۱۵۰	۰/۰۹	۲/۷	۷/۱	شنی رسی لومی	٦۰	۱۰	۳۰

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، عملیات برداشت نهایی در هر کرت از دو خط عملکردی به طول هشت متر پس از حذف حاشیه‌ها به‌صورت دستی انجام گرفت. محصول کل هر کرت فرعی پس از بسته‌بندی به آزمایشگاه منتقل شد. برای محاسبه عملکرد ماده خشک کل، یک نمونه تصادفی در هر کرت برداشت و پس از توزین اولیه، نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت خشک گردید و سپس با توجه به وزن اولیه، عملکرد ماده خشک کل بر اساس وزن خشک تصحیح شد (لک و همکاران، ۱۳۸۵). برای محاسبه عملکرد دانه، پس از جداسازی دانه‌ها از بلال‌ها یک نمونه ۲۵۰ گرم از هر کرت انتخاب و پس از خشک نمودن نمونه‌ها در آون (دمای آون؟) میزان عملکرد دانه بر اساس رطوبت دانه به میزان ۱٤ درصد محاسبه شد.

به‌منظور محاسبه انتقال مجدد ماده خشک، به دانه در مرحله ابریشم دهی و رسیدگی فیزیولوژیک ۱۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت‌شده و سپس نمونه‌ها به مدت ٤۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و پس‌ازآن وزن آن‌ها محاسبه شد. میزان انتقال ماده خشک از اندام رویشی به دانه با استفاده از روش پیشنهادی پامپانا و همکاران (۲۰۰۷) و دینگ و همکاران (۲۰۱٦) محاسبه شد.

ماده خشک در مرحله رسیدگی (به‌جز دانه) – ماده خشک در مرحله گرده‌افشانی= میزان انتقال مجدد

و کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه از رابطه‌های ارائه‌شده توسط پامپانا و همکاران (۲۰۰۹)، لی و همکاران (۲۰۱٦) و اردونی و همکاران (۲۰۰٦) محاسبه گردید.

۱۰۰× وزن خشک اندام هوایی در مرحله گرده‌افشانی/ انتقال مجدد ماده خشک = کارایی انتقال ماده خشک

۱۰۰× عملکرد دانه/ انتقال مجدد ماده خشک = سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه

عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی[1] (کارایی مصرف نیتروژن) از طریق محاسبه شاخص عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی محاسبه شد (دوبرمن، ۲۰۰۵ و لی و همکاران، ۲۰۱۸)

1 Partial Factor Productivity of applied Nitrogen (PFPN)

۱۰۰ × نیتروژن مصرف شده/ عملکرد دانه = عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی

داده‌های حاصل از پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن مورد ارزیابی قرار گرفتند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی از طریق مرحله قطع آبیاری، میزان نیتروژن و اثر متقابل آنها در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثرات متقابل ملاحظه می‌شود شاهد بدون قطع آبیاری و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد عملکرد دانه در تیمار تنش خشکی در مرحله ابتدای ۱۰ برگی تا ظهور تاسل ها واکنش بیشتری را نسبت به افزایش نیتروژن از تنش در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم خود بروز داد.

مرحله گلدهی و اوایل پر شدن دانه، حساس‌ترین مرحله به تنش در ذرت است (همتی و همکاران، ۱۳۹۳). تنش در مرحله گل‌دهی موجب کاهش مواد پرورده اختصاص‌یافته به بلال و نقصان رشد محور بلال می‌گردد (ربانی و امام، ۱۳۹۰). درنتیجه، رویش ابریشم‌های بلال را بیشتر از رشد تاسل ها تحت تأثیر قرار داده و این امر موجب تأخیر بیشتر بین زمان گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها می‌گردد. تنش کمبود رطوبت از طریق کاهش سطح برگ و اختلال درروند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و درنتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود (مجدم و همکاران، ۱۳۸۸). لک و همکاران (۱۳۸۵) گزارش نمودند عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب به میزان ۴۰ درصد کاهش داشت که این کاهش عمدتاً به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود.

مصرف نیتروژن بیشتر در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی تا حدودی فرصت جبران اثرات ناشی از تنش خشکی را در مراحل بعدی رشد فراهم نموده است، به‌طوری‌که وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی با کاهش گلچه‌های بارور و تعداد دانه باعث کاهش عملکرد دانه گردید. نتایج همبستگی بین صفات (جدول ٤) نشان می‌دهد که انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد ماده خشک دردانه، رابطه منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. با توجه به اینکه در شرایط بدون تنش مواد فتوسنتزی موردنیاز برای پر شدن دانه از مواد فتوسنتز جاری گیاه تأمین می‌شود، وجود رابطه منفی بین عملکرد دانه با سهم انتقال مجدد ماده خشک به دانه نشان‌دهنده تأثیر تنش خشکی بر کاهش میزان فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه است که منجر به افزایش ماده خشک انتقال‌یافته در تیمار تنش می‌شود ولی افزایش انتقال مجدد ماده خشک در شرایط تنش به دلیل کاهش سطح سبز گیاهی و فتوسنتز جاری لزوماً باعث افزایش عملکرد اقتصادی در گیاه تحت تنش نخواهد شد. بهشتی و بهبودی فر (۱۳۸۹) نیز وجود همبستگی منفی بین عملکرد دانه و درصد و بازدهی مجدد ماده خشک را گزارش نمودند.

جدول ۲- نتایج واریانس عملکرد دانه، عامل جزئی تولید نیتروژن، انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد

منابع تغییرات	درجه آزادی	سهم انتقال مجدد	کارایی انتقال مجدد	انتقال مجدد ماده خشک	عامل جزئی تولید نیتروژن	عملکرد دانه
			میانگین مربعات			
تکرار	۲	۳/۱۳^{ns}	۹/۲*	۱۵٦^{ns}	٤/۰۸^{ns}	۱۳۵۰^{ns}
مرحله قطع آبیاری (S)	۲	۱۱۳۹**	۱۱٤٤**	۲۲۵۵**	۱۰۹٤/۷٦**	۲۹٦۱۱۲**
خطا a	٤	۱۱/۱۷	۱/۲۰٤	۹٦/۷۷	٤/۹۸	۱۳٦۵
نیتروژن (N)	۲	۳۲۱/٤**	۱۹۸**	۲۱۲*	۳۷۱۲/٦۲**	۱۷٦۰۱۸**
S×N	٤	۲۰/۹۲**	۱۰۷**	۷٤۲**	٦۷/۹۳**	۱۱٦۳۲**
خطا b	۱۲	۵/۵	۰/۳۲٦	۳٤/۹	٤/۰۸	٤٤۸/۵
CV%		۸/۵	۲/۵	٤	۳/۱	۳/۵

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد آماری، ns غیر معنی‌دار را نشان می‌دهد.

عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی

میان سطوح مختلف مرحله قطع آبیاری، مقادیر کود نیتروژن و برهمکنش آنها در سطح ۱ درصد آماری اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها دارای کمترین مقدار عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی بود (جدول ۳).

بین رطوبت موجود در خاک و قابلیت استفاده از عنصر غذایی رابطه نزدیکی وجود دارد به‌طوری‌که منفعت حاصل از کاربرد کود را می‌توان نتیجه‌ای از شرایط آبی در خاک دانست (قبادی و همکاران، ۱۳۹٤). در شرایط کمبود رطوبت در خاک جذب عناصر غذایی به‌ویژه، جذب نیتروژن توسط گیاه دچار اختلال شده و از سویی دیگر کاهش رطوبت در دسترس گیاه در مرحله گلدهی با افت محتوی رطوبت نسبی برگ باعث کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود که این امر زمینه کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ در مرحله ابریشم دهی را فراهم می‌آورد و درنتیجه از طریق کاهش عرضه مواد پرورده و تأثیر منفی آن بر تولید دانه در بلال منجر به کاهش عملکرد دانه و سودمندی مصرف نیتروژن می‌شود. ولی اگرچه تنش رطوبتی در شرایط گلدهی بیشتر از سایر مراحل باعث کاهش سودمندی مصرف نیتروژن گردید ولی افزایش کاربرد نیتروژن از طریق افزایش غلظت عنصر در محلول خاک تا حدودی توانسته نسبت به سطوح پایین نیتروژن در شرایط تنش منجر به افزایش عملکرد دانه گردد. حمزئی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند کاهش مقدار آب مصرفی باعث کاهش کارایی نیتروژن گردید. فولادوند و یدوی (۱۳۹٤) بیان نمودند با افزایش مصرف کود نیتروژن، کارایی استفاده از کود نیتروژن کاهش می‌یابد.

انتقال مجدد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان انتقال مجدد ماده خشک درمراحل مختلف قطع آبیاری، سطوح مختلف نیتروژن و برهمکنش آنها به ترتیب در سطح ۱، ۵ و ۱ درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). کمبود رطوبت در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها در کلیه مقادیر نیتروژن باعث افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای به دانه شد. عملکرد دانه در غلات از سه منبع فتوسنتز جاری، انتقال اسیمیلات های ذخیره‌شده قبل از گلدهی به دانه و اسیمیلات های ذخیره‌شده موقت در ساقه بعد از گلدهی تأمین می‌شود (مصطفوی راد و همکاران، ۱۳۸۵). به نظر می‌رسد در مرحله پر شدن دانه‌ها بروز تنش کمبود رطوبت به دلیل کاهش سطح برگ و درنتیجه کاهش فتوسنتز جاری در گیاه، باعث افزایش مشارکت بخش‌های رویشی در انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای به دانه شد.

لک و همکاران (۱۳۸٦) گزارش نمودند کارایی بخش‌های رویشی در انتقال مجدد ماده خشک به وزن خشک این اندام‌ها در مرحله گلدهی بستگی دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که انتقال مجدد ماده خشک همبستگی (۰/۷٦٤) مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با سهم انتقال مجدد ماده خشک به دانه داشت (جدول ٤). این نتایج نشان‌دهنده نقش فرایند انتقال مجدد درتامین ماده خشک دانه در شرایط تنش است.

کارایی انتقال مجدد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرحله قطع آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آنها اثر معنی‌داری بر کارایی انتقال مجدد داشت (جدول ۲). تیمار بدون قطع آبیاری (شاهد) و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۷ درصد دارای کمترین میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک بود.

در شرایط مطلوب ازلحاظ آبیاری سطوح بالاتر مصرف نیتروژن از طریق افزایش تولید و دوام سطح برگ منجر به افزایش مقدار فتوسنتز جاری در طول دوره پر شدن دانه می‌شود که این امر باعث کاهش کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه می‌شود ولی در شرایط بروز تنش رطوبتی مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن در مقایسه با مقادیر کمتر آن به لحاظ تولید سطح برگ بیشتر و افزایش مواد پرورده در اندام‌های رویشی موجب افزایش انتقال ماده خشک در زمان پر شدن دانه گردید.

بیشتر بودن کارایی انتقال مجدد ماده خشک در مرحله گلدهی به دلیل افزایش تقاضای دانه‌ها به مواد فتوسنتزی و کاهش عرضه فتوسنتز جاری در مرحله گلدهی منجر به افزایش کارایی انتقال مجدد ماده خشک گردید. این وضعیت بیانگر آن است که تحت شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی نسبت ماده خشک منتقل‌شده به ذخیره‌شده بیشتر می‌شود تا کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید. مصطفوی راد و همکاران (۱۳۸۵) گزارش نمودند در شرایط تنش خشکی، حرکت مواد پرورده ذخیره‌شده در ساقه و برگ‌ها تا قبل از مرحله گلدهی، به‌طرف دانه تسریع پیداکرده و سرعت کاهش کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی افزایش می‌یابد.

سهم انتقال مجدد

مرحله قطع آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آنها بر سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط بدون تنش با میانگین ۱۱ درصد دارای کمترین سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه بود (جدول ۳). تنش خشکی از طریق اختلال درروند جذب و انتقال عناصر غذایی و از دیگر سویی از طریق کاهش سطح سبز گیاهی منجر به کاهش عرضه مواد فتوسنتزی و با تغییر در اجزای عملکرد موجب کاهش عملکرد دانه گردید. تنش خشکی در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا مرحله قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها حساس‌ترین مرحله به کاهش رطوبت بود به‌طوری‌که دارای کمترین میزان عملکرد دانه بود. تنش در مرحله گلدهی باعث افزایش سهم و میزان انتقال مجدد ماده خشک به عملکرد دانه گردید به‌طوری‌که بروز تنش خشکی در این مرحله سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه به‌واسطه کاهش فتوسنتز جاری را افزایش داد.

با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای کمترین سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه بود. افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش زیست‌توده گیاهی و تأمین فتوسنتز جاری لازم در دوره پر شدن دانه باعث کاهش سهم انتقال مجدد ماده در خشک در عملکرد دانه گردید.

این نتایج نشان داد که بروز تنش رطوبتی در مرحله گلدهی گیاهان به دلیل تسریع روند کاهش سطح برگ و فتوسنتز جاری، میزان وابستگی عملکرد دانه آن‌ها را به انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌شده در اندام‌های رویشی را افزایش می‌دهد که این امر در سطوح کمتر نیتروژن تشدید می‌یابد.

جدول ۳- برهمکنش مرحله قطع آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه، عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی، انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد

تیمار		سهم انتقال مجدد	کارایی انتقال مجدد	انتقال مجدد ماده خشک	عامل جزئی تولید نیتروژن	عملکرد دانه
مرحله قطع آبیاری	نیتروژن (kg/ha)	(%)	(%)	(g/m^2)	(kg grain/kg N applied)	(g/m^2)
	۵۰	d۳۰/٤	d۷۲/۲	d۱٤٦	c۸۱/٦	e٤۸۱
V1	۱۰۰	e۲۰/۵	e۲۲/۲	d۱٤۹	d٦٦/۱	c۷۲٤
	۱۵۰	e۱۹/۹	f۲۰/۲	bc۱۵٤	e٤٦/٦	c۷۷۳
	۵۰	a٤۱/۵	a٤٤	ab۱۵۷	cdv۸/٦	g۳۱۷
V2	۱۰۰	b۳۳	b٤۰	ab۱٦۲	fe٤۷/۵	f٤۰۵
	۱۵۰	c۳۰/۲	c۳٦	a۱٦۷	g۳۵/۵	e٤٦٤
	۵۰	g۱۸	d۲۸	cd۱۵۱	a۹۲/۲	d۵۳٤
V3	۱۰۰	h۱۲	e۱۷	f۱۳٦	b۷۲/۵	bv۸۸
	۱۵۰	iv۷	f۱۱	e۱۰٦	c۵۵/٦	a۹۰۸

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

V_1=قطع آبیاری از ابتدای ۱۰ برگی گیاه تا مرحله ظهور تاسل ها

V_2=قطع آبیاری از ظهور ۵۰ درصد تاسل تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها

V_3=آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، عامل جزئی تولید نیتروژن، انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد

	عملکرد دانه	عامل جزئی تولید نیتروژن	انتقال مجدد ماده خشک	کارایی انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد
عملکرد دانه	۱				
عامل جزئی تولید نیتروژن	۰/۱۵۳^{ns}	۱			
انتقال مجدد ماده خشک	-۰/۷٤٦**	-۰/۱٦۱^{ns}	۱		
کارایی انتقال مجدد	-۰/٦٦۷*	۰/۲۳۸^{ns}	۰/٤۰۲^{ns}	۱	
سهم انتقال مجدد	-۰/۹۸**	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۷٦٤**	۰/۵۸۵^{ns}	۱

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری ns غیر معنی‌دار را نشان می‌دهد

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که زمان تنش خشکی می‌تواند بر میزان عملکرد دانه و انتقال مجدد خشک به دانه تأثیرگذار باشد. به‌طوری‌که کمترین مقدار عملکرد دانه و عامل جزئی تولید نیتروژن مصرفی و بیشترین مقدار انتقال مجدد ماده خشک در مرحله قطع آبیاری در مرحله ظهور تاسل ها تا مرحله قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها بود. از سویی افزایش مقدار نیتروژن در زمان رشد رویشی می‌تواند از طریق بهبود گسترش سایه‌انداز گیاهی در صورت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه می‌تواند با افزایش تحریک سهم و میران انتقال مجدد ماده خشک به دانه از افت شدید عملکرد دانه تا حدودی جلوگیری نماید.

منابع

بحرانی، ع. س. حامدی و م. س. تدین. ۱۳۹۲. تأثیر نیتروژن و خشکی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک در گندم و جو. مجله اکو فیزیولوژی گیاهی. سال پنجم، شماره ۱۳: ۱٤-۱.

بهشتی، ع؛ و ب، بهبودی فر. ۱۳۸۹. بررسی تجمع و انتقال مجدد ماده خشک در ژنوتیپ های سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۸، شماره ٤، صفحه ۷۱۷-۷۲۵.

چوگان، ر. ۱۳۹۱. وضعیت تولید ذرت در جهان و ایران. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مقالات کلیدی). دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ۱۹-۱ صفحه.

حمزه ئی، ج.، ح. نجفی و ح. بابایی. ۱۳۹۵. اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱٤، شماره ٤: ٦۹۸-٦۸٦.

خودشناس، م.، ع. قدبیکلو و ج.داد پور. ۱۳۹٤. اثرات نوع و مقدار نیتروژن و آبیاری برجذب نیتروژن ذرت علوفه‌ای و نیترات باقی‌مانده خاک. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۹، شماره ٦:۱٦۵۰-۱٦٤۰.

ربانی، ج؛ و ی. امام. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، سال اول، شماره ۲: ۷۸-٦۵.

سپهری، ع.س.، ع. مدرس ثانوی، ب. قره یاضی و ی. یمینی.۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران، جلد ٤، شماره ۳: ۲۰۱- ۱۸٤.

فتائی، ا .۱۳۸٦. مقدمه‌ای بر شناخت محیط‌زیست. چاپ اول، انتشارات مهدتمدن،۲۵۳ صفحه.

فطری، م.، م. ا. قبادی، م. قبادی و غ.ر. محمدی. ۱۳۹۲. بررسی اثر عمق کاشت و انواع مالچ بر تسهیم و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در نخود دیم.(*Cicerarietinum*L) مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال پنجم، شماره ۲۰: ٦۹-۵۵.

فولادوند، م؛ و ع.م. یدوی. ۱۳۹٤. اثر تراکم کاشت، مقدار و تقسیط کود نیتروژن بر خصوصیات کیفی و کارایی استفاده از نیتروژن گلرنگ (*Carthamustinctorius*L.) در رقابت با علف‌های هرز. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۳، شماره ۲: ۳٦۸-۳۵۸.

قبادی، ر.ع. شیرخانی و ع. جلیلیان. ۱۳۹٤. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (SC704). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) شماره ۱۰٦: ۸۷-۷۹.

کیهانی، ع؛ و ع. مدحج. ۱۳۹۳. واکنش رشد هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.) به کود نیتروژن. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی سال ششم، شماره ۲۱: ۱۵-۵.

لک، ش.، ا. نادری، س.ع. سیادت، ا. آینه بند و ق. نور محمدی.۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰٤ مجله علوم زراعی ایران جلد هشتم شماره ۲: ۱۷۰-۱۵۳.

لک، ش.، ا. نادری، س.ع. سیادت، ا. آینه بند و ق. نور محمدی.۱۳۸٦. تأثیر سطوح مختلف آبیاری نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال یازدهم شماره ٤۲: ۱٤-۱.

مادح خاکسار، آ.، ا. نادری، ا. آینه بند و ش. لک. ۱۳۹۳. برهمکنش کم آبیاری و قطع آب بر توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای، فتوسنتز جاری و رابطه آن با عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی سال ششم، شماره ۲۲: ٦۸-۵۳.

مجدم، م.، ا. نادری، ا. ق. نورمحمدی، س. ع. سیادت و ا. آینه بند. ۱۳۸۸. تأثیر تنش کمبود آب و مدیریت نیتروژن بر عملکرد دانه، میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان (رامین). مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال اول، شماره ۱: ۹۵-۸٦.

مدحج، ع.، ا. نادری، ی. امام، ا. آینه بند و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۸. اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در ژنو تیپ‌های گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی. مجله به زراعی نهال و بذر جلد ۲-۲۵ شماره ۳: ۳۷۱-۳۵۳.

مصطفوی راد، م.، ز. طهماسبی سروستانی و ر. محمودی. ۱۳۸۵. مطالعه اثر نوع کود نیتروژنه بر انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن عملکرد و اجزاء عملکرد در ارقام برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد سیزدهم، شماره ۳: ۸۷-۷٦.

مهرابیان مقدم، ن. م.، ج. آروین، غ.ر. خواجویی‌نژاد و ک. مقصودی.۱۳۹٦. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در *مزرعه مجله به زراعی نهال و بذر دوره ۲۷-۲، شماره ۱:* ۵۵-٤۱.

مهرابیان مقدم، ن. م. ج. آروین، غ. ر. خواجویی نژاد و ک. مقصودی. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله به زراعی نهال و بذر، شماره ۱، جلد ۲-۲۷: ۵۵-٤۱.

همتی، ر. ک. مقصودی و ی. امام. ۱۳۹۳. پاسخ‌های مو رفو -فیزیولوژیک ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در منطقه نیمه‌خشک شمال فارس. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، سال چهارم، شماره ۱۱: ۷٤-٦۷.

Abbasi, A. R. R. Sarvestani, B. Mohammadi, and A. Baghery. 2014. Drought stress-induced changes at physiological and biochemical levels in some common vetch (*Vicia sativa* L). Genotypes Jou. Of Agri. Sci. and Tech.16: 505–516.

Anjum S. A., U. Ashraf, M. Tanveer, I. Khan, S. Hussain, B. Shahzad, A. Zohaib, F. Abbas, M. F. Saleem, I. Ali and L. C. Wang. 2017. Drought Induced Changes in Growth, Osmolyte Accumulation and Antioxidant Metabolism of Three Maize Hybrids. Fron. in Plant Sci. 8:1-12.

Arduini, I., A. Masoni, L. Ercoli, and M. Mariotti. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Europ. J. Agronomy 25: 309–318.

Ding, J., Y. Zir, C. Li, Y. Peng, X. Zhu and W. Guo. 2016. Dry Matter Accumulation, partitioning, and Remobilization in High-Yielding Wheat under Rice–Wheat Rotation in China. Agro. Jour. 108: 604-614.

Dobermann A. R. 2005. Nitrogen Use Efficiency - State of the Art. University of Nebraska -Lincoln Digital Commons @University of Nebraska - Lincoln.

Haghjoo, M. and A. Bagrani. 2015. Grain yield, dry matter remobilization and chlorophyll content in maize (*Zea mays L.*) as influenced by nitrogen and water deficit. Bang. Jour. of Bot. 44(3): 359-365.

Li, L. Y., Ying, K. T., Bo, G.J., Jun, C. Z. and Z. J., Bin. 2018. Reducing nitrogen fertilization of intensive kiwifruit orchards decreases nitrate accumulation in soil without compromising crop production. Journal of Integrative Agriculture 17(6): 1421–1431.

Liu, E. K., X. R. Mei, R. C. Yana, D. Z. Gong, and Y. Q. Zhanga. 2016. Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. Agri. Water Mana. 167: 75–85.

Pampana S., Mariotti M., Ercoli L., and Masoni A. 2007. Remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by genotype and environment. Ital. J. Agron., 3:303-314.

Pampana, S., L. Ercoli, A. Masoni, and I. Arduini. 2009. Remobilization of dry matter and nitrogen in maize as affected by hybrid maturity class. Ital. J. Agron 2:39-46.

The effect of the amount nitrogen applied on grain yield and dry matter remobilization of maize (*Zea mays* L.) in drought stress conditions

A.K. Banisaidi[1], M. Motamadi[1]

Received: 2018-8-20 Accepted: 2019-9-3

Abstract

Drought stress is one of the main factors limiting agricultural production in most parts of the world. Research showed the recognizing the sensitive stage of plant growth can cause appropriate in terms of crop water stress management. In order to assess the effect of the water stress and nitrogen on grain yield, nitrogen uptake efficiency, and dry matter remobilization on corn (*Zea mays* L.), a field experiment was carried out in shushtar in 2013. The experiment was carried out in a split plot design based on randomized complete blocks with four replications. This study included drought stress as irrigation at different stages of plant growth (V_1= withholding irrigation at the beginning of 10 leaves to emerge tassel, V_2= withholding irrigation at rise of 50 percent of tassel, until becoming a brown silk, V_3= irrigation according to plant requirement until the end of the growing season) as main plot and three levels of nitrogen rate (50, 100, 150 kg N/ha) as sub plots were investigated. The results showed that the grain yield significantly under the influence of stress the lack of moisture. The maximum dry matter remobilization was in the rise of 50 percent of tassel, until becoming a brown silk and increase N fertilizer, dry matter remobilization decreased. Treatment of no water stress (control) and application of 150 kg N/ha with an average of 7.4% has a minimum rate of dry remobilization efficiency. The rise of 50 percent of tassel, until becoming a brown silk treatment, with an average of 29.1% has the maximum contributions of dry matter remobilization in grain yield. Increase the amount of nitrogen was significantly reduced nitrogen agronomic efficiency. Applied moisture and N fertilizer on before flowering stage in the event of water stress at this stage was increased through stimulation of the amount of dry matter remobilization can be prevented to some extent a drastic reduction of grain weight.

Key Words: Accumulation, dry matter, nitrogen fertilizer, remobilization

1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoshtar Branch, Islamic Azad University, Shoshtar, Iran