دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هفتم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۶ (۵۶۲-۵۵۱)

واکنش عملکرد و فیزیولوژی ذرت شیرین به کاربرد کود اوره پوشش‌دار در سطوح مختلف آبیاری

نسرین فرید[۱]، سید عطاءاله سیادت[۲]*، محمدرضا قلمبران[۳] و محمدرضا مرادی تلاوت[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کود نیتروژن با پوشش پلیمر زیستی بر صفات فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد ذرت شیرین تحت شرایط کم آبیاری، آزمایشی به‌صورت نوارهای خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال زراعی۱۳۹۴ انجام شد. عامل آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) در نوارهایی در طول بلوک و کود اوره در شش سطح (شاهد بدون کود، کود اوره خالص، کود اوره با پوشش گوگردی، کود اوره با پوشش نشاسته، کود اوره با پوشش آگار و کود اوره با پوشش کیتین) در نوارهایی عمود بر تیمار آبیاری در هر بلوک مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر آبیاری و نوع کود نیتروژن پوشش‌دار بر رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، شاخص سطح برگ، پیچش برگ، عملکرد اقتصادی بلال و نیز برهمکنش این دو عامل بر کلروفیل a و b و عملکرد دانه در هکتار معنی‌دار بود. استفاده از کود اوره پوشش‌دار به‌طور متوسط موجب افزایش ۲۹/۴۱، ۱۵/۰۶، ۲۴/۸۸، ۳۴/۱۱ و ۱۴/۸۸درصد به‌ترتیب در میزان شاخص سطح برگ، رطوبت نسبی، پیچش برگ، عملکرد اقتصادی بلال در هکتار و علوفه تر در هکتار نسبت به مصرف اوره خالص شد. همچنین بیشترین میزان کلروفیل a و b و عملکرد دانه در هکتار از تیمار کود اوره با پوشش کیتین به‌همراه آبیاری کامل و کمترین آن از ترکیب تیماری کود شاهد با ۶۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. کاهش آبیاری به‌میزان ۴۰ درصد موجب کاهش ۱۵/۸۹، ۳۱/۰۲، ۴۲/۸۵ و ۴۰/۳۳ درصدی به‌ترتیب در رطوبت نسبی برگ، شاخص سطح برگ، پیچش برگ و عملکرد اقتصادی بلال در هکتار نسبت به آبیاری کامل شد. بیشترین عملکرد اقتصادی بلال با میانگین ۱۰۲۳۸/۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری کامل و ۹۸۵۳/۳ کیلوگرم از تیمار کود اوره با پوشش کیتین و کمترین عملکرد بلال از تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی به‌همراه تیمار کودی شاهد به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، کلروفیل، عملکرد بلال، پیچش برگ

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۳- استادیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
* نویسنده مسئول: seyedatasiadat@yahoo.com

مقدمه

گیاهان برای رشد و نمو خود حداقل به ۱۴ عنصر غذایی نیاز دارند که در بین آن‌ها نیتروژن از اهمیت بیشتری برخوردار است. اگرچه نیتروژن تنها عنصر ضروری مورد نیاز گیاه نیست، اما به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در تغذیه گیاهان کاربرد فراوانی دارد و مصرف آن به‌صورت کود شیمیایی ضروری به‌نظر می‌رسد. کلروپلاست بدون حضور نیتروژن و یا کمبود آن قادر به سنتز پروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها نیست و در نتیجه فعالیت‌های فتوسنتزی متوقف می‌شود (Allen *et al*., 2006). کود اوره پوشش‌دار به‌عنوان جدیدترین و پیشرفته‌ترین فنّاوری تأمین مواد معدنی، نیتروژن درون محلول خاک را تنظیم و آن را مطابق با نیاز غذایی گیاه آزاد می‌کند (Wu and Liu., 2008). بررسی‌ها نشان می‌دهند که در مقایسه با اوره طبیعی، کود اوره پوشش‌دار می‌تواند موجب افزایش عملکرد محصول شود (Chen *et al*., 2002). کود اوره پوشش‌دار با افزایش نیتروژن قابل جذب، رشد گیاه را افزایش و تلفات نیتروژن مصرفی را کاهش و موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و کاهش آلودگی مزارع، آب و محیط می‌شود. نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Majnooni-Heris *et al*., 2011). چن و همکاران (Chen *et al*., 2007) مشاهده کردند که کود اوره با پوشش پلیمری، محتوی کلروفیل را در برنج زودرس و دیررس افزایش و موجب تیرگی رنگ برگ شد. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2016) در مطالعه خود روی اثر کود اوره آهسته‌رهش بر خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت خربزه نشان دادند که این نوع کود اوره محتوی کلروفیل، فتوسنتز و عملکرد جذب ریشه خربزه را افزایش داد و جذب و آسیمیلاسیون نیتروژن و عملکرد و کیفیت محصول را بهبود بخشید.

از دیگر عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی، رطوبت خاک است. کمبود آب از تنش‌های عمومی است که آثار نامطلوب بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد. تنش خشکی موجب کاهش پتانسیل آب و خسارت به غشاء و سیستم فتوسنتزی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و کاهش دی‌کسید کربن می‌شود (Shangguan *et al*., 2000). بنابراین تنش خشکی کاهش سطح برگ و رشد اندام هوایی گیاه و عملکرد دانه را در بر خواهد داشت (Zand-Parsa *et al*., 2006). ثابت شده است که عناصر غذایی به‌صورت محلول در آب توسط گیاه جذب می‌شوند. بنابراین هر گونه محدودیت در منابع آبی، منجر به محدودیت برخی منابع غذایی و موجب کاهش رشد رویشی و عملکرد گیاه می‌شود (Dong and Wang, 2007). ژائو و همکاران (Zhao *et al*., 2007) اظهار داشتند که تنش کم‌آبی با کاهش فعالیت آنزیم‌ها موجب کاهش ساخت کلروفیل برگ می‌شود. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش سنتز ترکیب‌های رنگ‌دانه کلروفیل که با ژن‌های خانواده cab کد می‌شوند (Allakhverdiev *et al*., 2000) و یا با اکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست، رنگ‌دانه‌ها و نیز پروتئین‌ها نسبت داد (Tambussi *et al*., 2000). محتوای آب نسبی معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است و به‌عنوان شاخص تحمل خشکی بکار می‌رود (Teulate *et al*., 1997). پتانسیل آب برگ همبستگی منفی با پیچش برگ دارد و از این‌رو حفظ پتانسیل آب برگ عامل مهمی در عملکرد گیاه است (Gomosta *et al*., 1981). گوبیس و همکاران (Gubiš *et al*., 2007) کاهش محتوای آب نسبی برگ را در اثر تنش کم‌آبی گزارش کردند. محتوای رطوبت نسبی در تنظیم فشار آماس سلول و آب نسبی برگ، نقش مهمی را در فعالیت فتوسنتز در طول دوره خشکی ایفا می‌کند (Huilian *et al*., 1996). همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی طی دوره رشد گیاه برای افزایش کارآیی مصرف کود، عملکرد و در نتیجه کارآیی مصرف آب ضروری است (Vaezi *et al*., 2002). از آنجا که بکارگیری کودهای پوشش‌دار به‌عنوان جایگزین کودهای مرسوم به دلیل هماهنگ‌سازی رهایش عنصر و جذب آن توسط گیاه منجر به افزایش قابل ملاحظه کارآیی مصرف عناصر غذایی و متعاقب آن عملکرد محصول خواهد شد، از این‌رو مطالعه حاضر انجام شد که هدف آن بررسی اثر کود اوره پوشش‌دار بر صفات فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد ذرت شیرین تحت شرایط کم‌آبیاری بود.

موادوروش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر هم‌زمان کود اوره با پوشش پلیمر زیستی و کم‌آبیاری در طول دوره رشد بر صفات فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد ذرت شیرین، پژوهشی در تابستان سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز) با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه با ارتفاع ۵۱ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت نوارهای خردشده در قالب طرح

بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با دو عامل، آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و کود اوره در شش سطح (شاهد، کود اوره، کود اوره با پوشش گوگردی، کود اوره با پوشش نشاسته، کود اوره با پوشش آگار و کود اوره با پوشش کیتین) اجرا شد. جهت پوشش‌دار کردن کود اوره (ازت ۴۶ درصد)، از سه پلیمر نشاسته، آگار و کیتین استفاده و درصد پوشش به‌صورت وزنی و به نسبت نشاسته به اوره ۱/۱۰، آگار به اوره ۸/۱۰۰ و کیتین به اوره ۵/۱۰۰ انتخاب شد. به‌منظور بررسی میزان آزادسازی عنصر نیتروژن، ۲۰ گرم گرانول اوره پوشش‌دار با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بشر قرار داده شد و میزان یون آمونیوم آزاد شده به مدت شش ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با استفاد از الکترود یون آمونیوم (Ion selective Model/Bante) تعیین شد (Tao *et al*., 2011). میزان کود اوره مصرفی جهت اعمال تیمار آزمایشی، ثابت و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که با توجه به ابعاد هر کرت (شش خط کاشت به طول شش متر و فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر) محاسبه و در پنج سانتی‌متری کنار و در عمق ۱۰ سانتی‌متری ردیف‌های کاشت به صورت نواری قرار داده شد. جهت اطلاع از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد که نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است. مقدار کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و نیاز به استفاده از کود پتاسیم با توجه به آزمون خاک نبود.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

Table 1. Some physico-chemichal properties of the experimental field soil in depth of 0-30 cm

بافت خاک Soil texture	ماده آلی Organic matter (%)	وزن مخصوص ظاهری Apearece specific weight ($cm.m^{-3}$)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH (1:2)	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)
سیلت رسی Clay loam	0.66	1.35	0.31	7.2	214	6.2	0.05

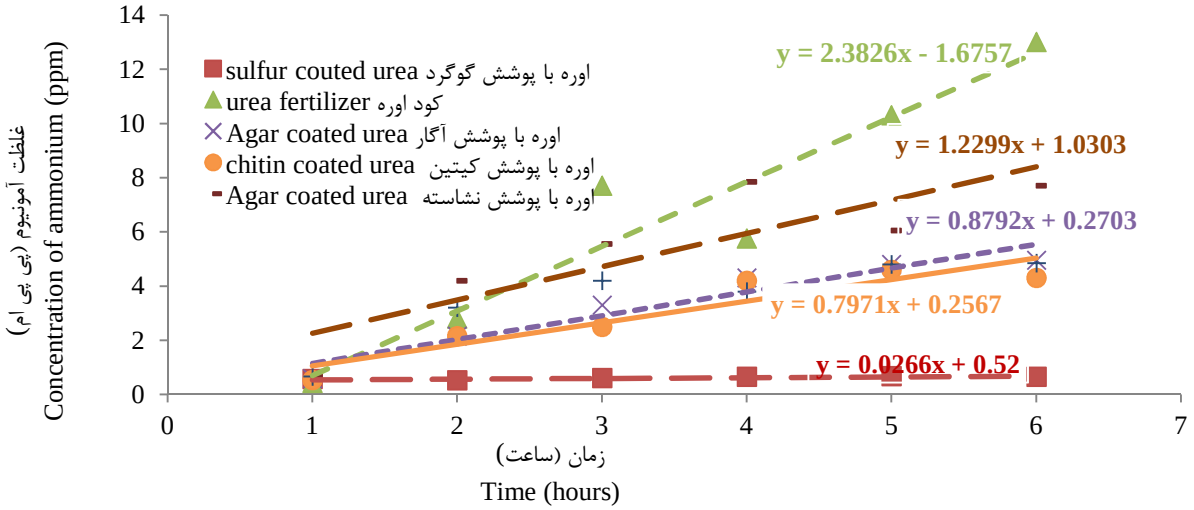
برای تعیین حجم آب مورد نیاز هر کرت آزمایشی، مساحت دقیق هر کرت مشخص و سپس بر اساس مطالعات انجام‌شده توسط کلانتر احمدی و همکاران (Kalantar-Ahmadi *et al*., 2006) در خوزستان و توصیه بر آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. مقدار تبخیر با توجه به ضریب تشتک اصلاح و تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. ضرایب گیاهی ماهانه بر اساس ضرایب گیاهی دوره‌های اولیه، میانی و انتهایی رشد از جدول نشریه شماره ۵۶ سازمان خواروبار جهانی و چهار مرحله رشد گیاهی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه طرح و پس از اعمال ضرایب اصلاحی مربوط به باد و رطوبت و سایر پارامترهای مؤثر، محاسبه شد. سپس ضریب تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده در ضریب گیاهی ذرت شیرین در مراحل مختلف رشد ضرب و تبخیر و تعرق گیاه از روابط پیشنهادی آلن و همکاران (Allen *et al*.,1998) محاسبه و حجم آب مورد نیاز گیاه در هر مرتبه آبیاری، بر اساس تیمار آبیاری و راندمان ۹۰ درصد با استفاده از پمپ، کنتور و لوله، به‌صورت یکنواخت انجام شد.

جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b در زمان گلدهی نمونه‌هایی از جوان‌ترین برگ توسعه‌یافته هر بوته تهیه و مقدار کلروفیل a و b (میلی‌گرم کلروفیل a و b در هر گرم برگ) با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر و روابط آرنون (Arnon *et al*., 1975) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ (LAI) در مرحله گلدهی از دومین ردیف هر کرت سطحی برابر با ۰/۶۸ مترمربع برداشت و توسط دستگاه سطح‌سنج برگ (مدل WinArea UT-11) مساحت برگ اندازه‌گیری و محاسبه شد. محتوی رطوبت نسبی برگ (RWC) با استفاده از روش ارائه‌شده توسط ریتچی و همکاران (Ritchie *et al*., 1990) اندازه‌گیری شد. میانگین درصد لوله‌ای شدن برگ نیز قبل از آبیاری در مزرعه با استفاده از کولیس و رابطه پیشنهادی سانئوکا و آگاتا (Saneoka and Agata, 1996) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن بلال، در مرحله رسیدگی (۹۰ روز پس از کاشت) ذرت شیرین (شیری- خمیری) پس از حذف نیم متر حاشیه از هر طرف، باقیمانده طول خط برداشت شد. پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایش، تجزیه آماری آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۱ انجام و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ویژگی کودهای پوشش‌دار: در این آزمایش کودهای پوشش داده شده با پلیمرهای زیستی با کود اوره با پوشش

گوگردی و کود اوره مقایسه شد (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، شیب آزادسازی یون آمونیوم از کودهای پوشش‌دار با پلیمرهای زیستی، نسبت به کود اوره خالص کمتر اما نسبت به کود اوره با پوشش گوگردی بیشتر بود. همان‌طور که شیب نمودارها نشان می‌دهد، پوشش‌دار کردن کود اوره با کیتین، آگار، نشاسته و گوگرد به‌ترتیب موجب ۶۶/۵۴، ۶۳/۱۰، ۴۸/۳۸ و ۹۸/۸۸ درصد کاهش سرعت رهایش یون آمونیوم نسبت به کود اوره خالص شد.



شکل ۱- آزادسازی یون آمونیوم در کودهای پوشش‌دار
Figure 1. Release of ammonium in coated urea fertilizers

رطوبت نسبی: اثر سطوح آبیاری و نوع کود پوشش‌دار بر محتوی نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). رطوبت نسبی برگ به‌طور متوسط در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۸/۶ و ۱۵/۸۹ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت (جدول ۳). عامل کاهش محتوای نسبی آب برگ، عدم دسترسی گیاه به حجم کافی آب در محدوده توسعه ریشه تحت تأثیر کم‌آبیاری بود. کمبود آب از طریق تأثیر بر آماس سلولی و باز و بسته شدن روزنه‌ها، اثر منفی بر فرآیندهای فتوسنتزی، رشد و عملکرد گیاه دارد (Gui-Rui *et al.*, 2004). رستم‌پور و همکاران (Rostampoor *et al.*, 2010) نیز کاهش ۷ و ۱۴ درصدی رطوبت نسبی برگ را به‌ترتیب در تیمار ۷۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی ذرت گزارش کردند. همچنین، مقایسه میانگین رطوبت نسبی برگ نشان داد که کود اوره با پوشش پلیمری به‌طور متوسط موجب افزایش رطوبت نسبی به‌میزان ۱۵/۰۶ و ۳۳/۲۷ درصد نسبت به کود اوره و شاهد شد (جدول ۳). استفاده از کودهای آهسته‌رهش با پوشش پلیمری، به‌دلیل ساختار چند سلولی پلیمرهای زیستی با بهبود شرایط فیزیکی خاک سبب بهبود تهویه خاک و ارتقای شرایط خاک جهت کشت محصول می‌شود (Ko *et al.*, 1996). بنابراین در آزمایش حاضر کاربرد پوشش‌های پلیمری موجب بهبود شرایط رطوبتی خاک و رابطه نزدیک پتانسیل آب برگ و رطوبت خاک موجب حفظ رطوبت نسبی برگ در این تیمار شد. موسوی فیض‌آبادی (Moosavi-Feyzabadi *et al.*, 2013) گزارش کردند که کاربرد برگی کود نیتروژن قبل از گرده‌افشانی و تشکیل بذر، موجب افزایش رطوبت نسبی برگ به‌میزان ۴ درصد نسبت به شاهد شد. زوریکا (Zorica, 2001) گزارش کرد که کمبود نیتروژن و تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و توسعه برگ‌ها در دو ژنوتیپ ذرت شد. وی کاهش تقسیم و طویل شدن سلول در اثر کمبود نیتروژن را دلیل کاهش توسعه برگ‌های گیاه معرفی کرد.

کلروفیل: برهمکنش آبیاری و کود اوره اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a و b برگ ذرت شیرین داشت (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a و b از ترکیب تیماری آبیاری کامل و کود اوره با پوشش کیتین به‌دست آمد و کمترین مقدار آن در ترکیب تیماری ۶۰ درصد نیاز آبی و شاهد مشاهده شد (جدول ۴). از آنجایی که رطوبت عامل ضروری

در جذب عناصر غذایی است، کمبود شدید رطوبت خاک منجر به کاهش جذب نیتروژن از خاک می‌شود و در اثر کاهش نیتروژن در گیاه، مقدار کلروفیل‌های a و b کاهش می‌یابد (Mihalovic *et al.*, 1997). از آنجایی که در این آزمایش کود نیتروژن فقط در هنگام کاشت استفاده شد، بنابراین درصد پایین نیتروژن خاک مزرعه (جدول ۱) و کاهش حجم آب قابل دسترس در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، جذب کمتر نیتروژن و به موازات آن کاهش نیتروژن برگ را به‌دنبال داشت که موجب اختلال در فرآیند ساخت کلروفیل و کاهش آن شد. کودهای آهسته‌رهش با ایجاد هماهنگی بین تقاضای گیاه و آزادسازی عناصر مغذی در محلول خاک، موجب افزایش میزان جذب نیتروژن نسبت به کود اوره همراه با آب قابل دسترس در زمان گلدهی گیاه، موجب بهبود شرایط تولید کلروفیل برگ و سبزینگی گیاه و در نتیجه افزایش مواد فتوسنتزی و عملکرد گیاه خواهد شد (Agrium, 2009). هنگامی که رطوبت خاک از دست می‌رود، محدودیت نیتروژن اثر مثبت کود نیتروژن را کاهش می‌دهد و میزان کلروفیل نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Chen *et al.*, 2007)؛ بنابراین وجود نیتروژن تا حدی از خسارت‌های ناشی از تنش کم‌آبی جلوگیری می‌کند. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2016) نیز نشان دادند که استفاده از کود اوره پوشش‌دار با پوشش پلی‌الفین و کود فرمالدئید متیل اوره موجب غلظت بالاتر نیتروژن در طول دوره رشد گیاه شد و تولید کلروفیل در برگ را به‌دلیل دسترسی بیشتر برگ‌ها به نیتروژن بهبود بخشید. ساکی‌نژاد و بخشنده (Sakinejad and Bakhshandeh., 2009) نیز اظهار داشتند که کمبود شدید رطوبت خاک منجر به کاهش جذب نیتروژن از خاک می‌شود و در اثر کاهش نیتروژن در گیاه، محتوای کلروفیل a و b کاهش می‌یابد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع کود نیتروژن و آبیاری بر رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a و b، شاخص سطح برگ، لوله‌ای شدن برگ، عملکرد دانه، عملکرد علوفه تر و عملکرد بلال

Table 2. Analysis of variance for the effect of nitrogen fertilizer type and irrigation on leaf rolling, leaf area index, relative water content, chlorophyll a and b, grain yield, fresh forage yield and ear yield

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
		LR	LAI	RWC	Chl.a	Chl.b	GY	FFY	EY
تکرار Block	3	3.92	0.35	44.95	0.0006	0.05	78412.44	7492501.1	189240080.3
آبیاری (A) Irrigation (A)	2	5246.22**	4.59**	1112.98**	0.69**	4.14**	16977970.90**	70056577.6**	102726226.3**
خطای A Error A	6	46.10	0.20	9.15	0.03	0.04	141310.27	593019.7	1312451.7
نیتروژن (B) Nitrogen (B)	5	273.53**	4.21**	1555.52**	0.32**	5.71**	6243490.03**	5886255**	63358205.9**
خطای B Errror B	15	70.34	0.54	16.78	0.02	0.12	885732.15	7683770.1	4379209.8
برهمکنش A×B A×B	10	86.21^{ns}	0.22^{ns}	14.20^{ns}	0.04*	0.64**	690962.47**	1253466.3	2382249.7^{ns}
خطای ab Errror ab	30	70.59	0.13	10.26	0.02	۰0.09	186938.66	766917.7	196885
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		27.75	15.43	4.08	23.99	18.60	29.03	8.44	17.32

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

†: صفات مطالعه شده عبارت‌اند از: LR پیچیدگی برگ، LAI شاخص سطح برگ، RWC محتوای آب نسبی برگ، Chl.a کلروفیل a، Chl.b کلروفیل b، GY عملکرد دانه، FFY عملکرد علوفه تر، EY عملکرد بلال.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

†: The traits studied are including: LR, leaf rolling; LAI, leaf area index; RWC, relative water content; Chl.a, chlorophyll a; Chl.b, chlorophyll b; GY, grain yield; FFY, fresh forage yield; EY, ear yield.

شاخص سطح برگ: اثر سطوح آبیاری و نوع کود اوره مصرفی بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش میزان آب قابل دسترس گیاه موجب کاهش ۱۷/۳۶ و ۳۱/۰۲ درصدی در شاخص سطح برگ گیاه ذرت شیرین به‌ترتیب در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی شد (جدول ۳). برگ‌ها مهم‌ترین اندام فتوسنتز کننده برای گیاه هستند. افزایش شاخص سطح برگ سبب می‌شود گیاه میزان مواد فتوسنتزی بیشتری را به سبب استفاده بیشتر از نور خورشید تولید کند. لیزاسو و همکاران (Lizaso *et al.*, 2003) بیان کردند که میانگین نور فعال فتوسنتزی جذب‌شده توسط سطح برگ در مرحله تاسل‌دهی فاکتور تعیین‌کننده عملکرد ذرت بود و کاهش در عملکرد دانه همبستگی بالایی با کاهش سطح برگ داشت. موسوی (Mussavi., 2012) نیز اثر منفی تنش خشکی بر شاخص سطح برگ ذرت را تأیید کرد.

مقایسه میانگین شاخص سطح برگ نشان داد که کود اوره پوشش‌دار موجب افزایش ۲۹/۴۱ و ۴۹/۰۳ درصدی در شاخص سطح برگ ذرت شیرین به‌ترتیب نسبت به مصرف کود اوره رایج و شاهد شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که کمبود نیتروژن، شاخص سطح برگ را به‌دلیل کاهش توسعه و دوام برگ کاهش می‌دهد. کمبود نیتروژن از طریق کاهش شاخص سطح برگ و نیز به‌هم خوردن سنتز و تخریب پروتئین، پیری زودرس برگ‌ها را سبب می‌شود. در کودهای پوشش‌دار با ترکیبات پلیمری با توجه به آزادسازی آهسته و طولانی‌مدت نیتروژن، می‌توان اظهار داشت که افزایش شاخص سطح برگ به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن در طول دوره رشد گیاه است. ژنکسی و همکاران (Zhenxie *et al.*, 2008) در مطالعه اثر نوع و مقدار کاربرد کود نیتروژن روی نمو و جذب نیتروژن در ذرت تابستانه مشاهده کردند که کاربرد کودهای پوشش‌دار موجب افزایش شاخص سطح برگ ذرت تابستانه نسبت به کود اوره فاقد پوشش شد. در مطالعه دیگری نشان داده شد که کاربرد کود اوره پوشش‌دار (کود آهسته‌رهش ۷۰ و ۱۰۰ روزه) چه به‌صورت عمقی و چه پخش سطحی، باعث افزایش سطح برگ گیاه سویا شد. پیری برگ با کاربرد عمقی کود پوشش‌دار به تأخیر افتاد و موجب افزایش رشد برگ و فعالیت فتوسنتزی تا مرحله رسیدگی برگ شد که این امر موجب افزایش در مقدار تولیدات فتوسنتزی و رشد گره در سویا و تأخیر در پیری گره شد (Yoshihiko *et al.*, 1991).

درصد لوله‌ای شدن برگ: درصد لوله‌ای شدن برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نوع کود اوره پوشش‌دار قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش مقدار آب قابل دسترس، درصد پیچش برگ به‌میزان ۳۳/۹۸ و ۴۲/۸۵ درصد به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی کاهش یافت (جدول ۳). کاهش حجم آب قابل دسترس در تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد موجب کاهش رطوبت نسبی برگ و در نتیجه کاهش فشار آماس سلولی و افزایش پیچش برگ در این دو تیمار نسبت به آبیاری کامل شد. پیچش برگ یکی از علائم کاهش وضعیت آب برگ است (Sobrado, 1987). سازوکار این عمل در کاهش فشار آماس در سلول‌های برگ قرار دارند. در هنگام بروز خشکی، سلول‌های بادکنکی در طول رگبرگ اصلی پهنک برگ‌ها آب از دست داده و سبب پیچش و عمودی شدن برگ‌ها می‌شوند که نتیجه آن کاهش جذب نور است (Sakinejad, 2002). مقایسه میانگین درصد لوله‌ای شدن برگ نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار پیچش برگ به‌ترتیب در تیمار شاهد (۳۷/۷۳ درصد) و کود اوره با پوشش پلیمری (میانگین ۲۴/۸۸ درصد) به‌دست آمد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که استفاده از پلیمر زیستی ضمن بهبود شرایط خاک، موجب افزایش وضعیت رطوبت نسبی برگ و کاهش پیچش برگ به‌دلیل حفظ فشار آماس سلولی می‌شود. همراه با پیچش برگ، جذب دی‌اکسید کربن و هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (Bahavar *et al.*, 2009).

وزن بلال در واحد سطح: نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که عملکرد بلال در هکتار در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نوع کود مصرفی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش مقدار آب قابل دسترس وزن بلال در هکتار به میزان ۲۲/۴ و ۴۰/۳۳ درصد به‌ترتیب در سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کاهش یافت (جدول ۳). کمبود آب زمینه کاهش شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم می‌آورد که با کاهش عرضه مواد پرورده و تأثیر منفی آن بر عملکرد، موجب کاهش عملکرد اقتصادی ذرت شیرین می‌شود. پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad *et al.*, 2005) اعلام کردند که تنش خشکی بر عملکرد دانه و کلیه اجزای عملکرد اثر معنی‌داری داشته و تنش شدید موجب کاهش ۳۷ درصدی عملکرد ذرت شد.

مقایسه میانگین داده‌های نوع کود اوره مصرفی بر وزن بلال در هکتار نشان داد که میانگین کود اوره با پوشش

پلیمری موجب بهبود عملکرد بلال شد، به‌نحوی که کود اوره با پوشش پلیمرهای زیستی موجب افزایش ۲۰/۲۸و ۶۱/۷۷ درصدی در عملکرد بلال به‌ترتیب نسبت به تیمار کود اوره و شاهد شد (جدول ۳). نیتروژن، میزان ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد که این مسئله به‌طور مثبتی با عملکرد دانه در غلات و لگوم‌ها ارتباط دارد (Fageria *et al* 2006). در مطالعه حاضر شاخص سطح برگ بیشتر در تیمار تحت کود اوره با پوشش کیتین موجب افزایش سطح سبز و مواد فتوسنتزی تولیدی و در نتیجه عملکرد بیشتر بلال شد. به‌نظر می‌رسد که کمبود نیتروژن در انتهای دوره رشد گیاه در تیمار کود اوره رایج موجب کاهش ماده خشک گیاه و در نتیجه عملکرد بلال ذرت شیرین شد. کودهای آهسته‌رهش قابلیت دسترسی به نیتروژن را در طول دوره رشد و انتهای فصل رشد افزایش می‌دهند و موجب پر شدن دانه تشکیل شده می‌شوند. امانی و همکاران (Amany *et al*., 2006) بیان داشتند که استفاده از کودهای آهسته‌رهش موجب افزایش وزن بلال و تعداد دانه در بلال شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نوع کود نیتروژن بر رطوبت نسبی، لوله‌ای شدن و شاخص سطح برگ و عملکرد بلال و علوفه تر
Table 2. Mean comparison of the effect of irrigation and nitrogen fertilizer type on relative water content (RWC), leaf area index (LAI), leaf rolling, ear yield and fresh forage yield

تیمار Treatment	رطوبت نسبی برگ RWC (%)	شاخص سطح برگ LAI	لوله‌ای شدن برگ Leaf rolling (%)	وزن بلال Ear yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield ($kg.ha^{-1}$)
آبیاری Irrigation					
آبیاری کامل Full irrigation	85.52	2.81	13.99	10238.6	12077.7
۸۰ درصد نیاز آبی 80% water requirement	78.04	2.32	33.98	7945.9	10381.1
۶۰ درصد نیاز آبی 60% water requirement	71.93	1.94	42.85	6109.2	8660.7
LSD	2.01	0.3	4.76	934.58	966.0
نیتروژن Nitrogen					
شاهد Control	58.95	1.45	37.74	3798.8	6238.5
اوره خالص Pure urea	73.50	2.01	31.86	7858.3	10615.8
کود اوره با پوشش گوگرد Sulphur coated urea	76.45	2.14	32.25	7833.8	9880.0
کود اوره با پوشش نشاسته Starch coated urea	87.37	2.78	25.61	9803	11281.9
کود اوره با پوشش آگار Agar coated urea	86.49	2.75	29.29	9440.0	11751.3
کود اوره با پوشش کیتین Chitin coated urea	88.20	3.02	24.88	9853.3	1247.6
LSD	2.84	0.42	6.74	1321.7	1367.0

عملکرد دانه: عملکرد دانه در هکتار در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کود و آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین ماده خشک دانه به‌ترتیب در ترکیب تیماری کود اوره با پوشش کیتین با آبیاری کامل (۳۱۷۰/۰۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد با ۶۰ درصد آبیاری (۱۰۵/۱۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۴). نیتروژن موجب توسعه سطح برگ و حفظ عملکرد برگ در طول دوره رشد گیاه و افزایش مقدار تجمع ماده خشک در طول پر شدن دانه می‌شود (Tollenaar *et al*., 1997). کود آهسته‌رهش با هماهنگی بین عرضه و تقاضای گیاه موجب افزایش شاخص سطح برگ و طول عمر برگ شده و به حفظ تولید مواد فتوسنتزی در زمان پر شدن

دانه کمک کرده و موجب افزایش ماده خشک دانه در این دوره می‌شود. از سوی دیگر آبیاری مناسب از طریق در اختیار قرار دادن عنصر غذایی نیتروژن موجب افزایش رشد و تأثیر بر بیوماس گیاه شده و در نهایت ماده خشک کل گیاه و دانه را افزایش می‌دهد. در مطالعه اسکواب و مورداک (schwab and Murdock, 2010) استفاده از کود اوره با پوشش پلیمری موجب افزایش ماده خشک گیاه شد که در نهایت افزایش عملکرد دانه را نسبت به تیمار کود اوره بدون پوشش را در برداشت. در مطالعه سیادت و همکاران (Siadat *et al*., 2015) ماده خشک دانه ذرت شیرین تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

عملکرد علوفه تر: ارزیابی عملکرد علوفه در هکتار اختلاف معنی‌داری را در هر دو فاکتور آبیاری و نوع کود مصرفی نشان داد (جدول ۲). کاهش در مقدار آب قابل‌دسترس به‌ترتیب موجب کاهش ۱۴/۰۴ و ۲۸/۲۹ درصدی در وزن گیاه در بوته در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی شد (جدول ۳). به‌طور کلی، افزایش تجمع ماده خشک نشان‌دهنده توانایی سایه‌انداز گیاهی در استفاده از عوامل محیطی نظیر نور و مواد غذایی برای تولید ماده خشک است. مقدار آب قابل دسترس مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد از طریق بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک موجب افزایش تجمع ماده خشک در اندام رویشی و عملکرد علوفه می‌شود. مسجدی و همکاران (Masjedi *et al*., 2008) نیز کاهش عملکرد علوفه را تحت تاثیر تنش خشکی در ذرت مورد تأیید قرار دادند.

مقایسه میانگین کود اوره مصرفی بر عملکرد علوفه تر در هکتار نشان داد که پوشش کود اوره با پلیمر زیستی موجب افزایش ۱۴/۸۸ و ۴۹/۹۷ درصدی در عملکرد علوفه به‌ترتیب نسبت به استفاده از کود اوره خالص و شاهد شد (جدول ۳). افزایش ماده خشک در ذرت با افزایش مصرف نیتروژن، فعالیت آنزیم‌های شرکت کننده در واکنش‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد و در نتیجه تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و کارایی فتوسنتزی افزایش یافته و در نهایت بیوماس گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین، کودهای اوره پوشش داده شده با ترکیبات پلیمری به‌سبب افزایش فراهمی نیتروژن در دوره رشد گیاه موجب افزایش عملکرد علوفه شدند. در مطالعه امانی و همکاران (Amany *et al*., 2006) نیز استفاده از کود اوره کندرهش موجب افزایش عملکرد علوفه در گیاه شد.

نتیجه‌گیری کلی

نیتروژن در مزرعه یا توسط گیاه جذب و یا به‌دلیل ظرفیت جذب پایین خاک، با حرکت آب در خاک کاهش می‌یابد و موجب آلودگی منابع آبی نزدیک مزرعه می‌شود. بنابراین، اساسی‌ترین راه حل برای مقابله با این مشکل استفاده از کودهای پوشش‌دار است. با پوشش‌دار کردن کودهای شیمیایی رایج می‌توان به کودهای کندرها دست یافت که عناصر غذایی خود را به‌صورت آهسته و پیوسته آزاد می‌کنند. از آنجا که اعمال مدیریت آبیاری به‌تنهایی قادر به حل مشکل آبشویی نیتروژن نیست، برای کنترل تلفات آن، مدیریت آبیاری توأم با مدیریت کود می‌تواند موثر باشد. مدیریت این دو فاکتور مؤثر بر رشد گیاهان، می‌تواند کارایی مصرف آن‌ها را افزایش دهد، نیتروژن و آب را ذخیره کند، آلودگی زیستی را کاهش دهد و در نهایت موجب افزایش عملکرد گیاهان شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کود اوره با پوشش پلیمری با هماهنگ‌سازی عرضه و تقاضای گیاه ضمن افزایش ویژگی‌های فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد گیاه، موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و کاهش آلودگی محیط زیست خواهد شد. استفاده از کود اوره پوشش‌دار با پوشش پلیمر زیستی به‌ویژه کیتین موجب افزایش شاخص سطح برگ، رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a و b برگ، عملکرد اقتصادی بلال، عملکرد علوفه تر و عملکرد دانه ذرت شیرین و در مقابل، کاهش لوله‌ای شدن برگ شد. همچنین تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی موجب کاهش ویژگی‌های فیزیولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد بلال و عملکرد علوفه تر ذرت شیرین به‌ترتیب به‌میزان ۴۰ و ۲۹ درصد شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح آبیاری و نوع کود نیتروژن مصرفی بر کلروفیل‌های a و b

Table 3. The comparison of interaction of effect irrigation and kind of nitrogen on chlorophyll a,b

		کود اوره با پوشش کیتین Chitin coated urea	کود اوره با پوشش آگار Agar coated urea	کود اوره با پوشش نشاسته Starch coated urea	کود اوره با پوشش گوگرد Sulfure coated urea	اوره خالص Pure urea	شاهد Check fertilizer
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	آبیاری کامل Full irrigation	3.34^{a}	2.78^{b}	2.83^{b}	1.14^{defg}	0.99^{fgh}	1.06^{efg}
	۸۰ درصد نیاز آبی 80% water reuirerment	2.24^{c}	2.29^{c}	2.24^{c}	1.14^{defg}	0.99^{fgh}	0.90^{gh}
	۶۰ درصد نیاز آبی 60% water reuirerment	$1.55^{\Delta d}$	1.49^{de}	1.37^{def}	1.14^{defg}	0.99^{fgh}	0.62^{h}
کلروفیلb Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	آبیاری کامل Full irrigation	1.19^{a}	0.86^{b}	0.74^{bc}	0.73^{bc}	0.67^{bcde}	0.38^{fgh}
	۸۰ درصد نیاز آبی 80% water reuirerment	2.24^{c}	0.69^{bcd}	0.64^{cde}	0.51^{defg}	0.56^{cdef}	0.31^{gh}
	۶۰ درصد نیاز آبی 60% water reuirerment	0.56^{cdef}	0.54^{cdef}	0.47^{efgh}	0.30^{h}	0.39^{fgh}	0.31^{h}
عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	آبیاری کامل Full irrigation	3174.07^{a}	3054.81^{ab}	3049.62^{ab}	2200.74^{cd}	2475.56^{abc}	304.44^{hg}
	۸۰ درصد نیاز آبی 80% water reuirerment	2025.92^{cd}	1842.22^{cde}	2044.44^{cd}	1375.55^{def}	940.74^{fgh}	111.11^{h}
	۶۰ درصد نیاز آبی 60% water reuirerment	1142.96^{fg}	785.92^{fgh}	906.67^{fgh}	911.11^{fgh}	371.11^{hg}	105.19^{h}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level by LSD test.

References

Agrium. 2009. A new generation in smart nitrogen: ESN controlled-release fertilizer. Potato. Available at www.agriumat.com/us/pdf/esn_potato_fact_sheet.pdf (verified 12 Dec. 2009). Agrium Inc., Calgary, AB, Canada.

Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y. and Murata, N. 2000. Inactivation of photosystems I and II in response to osmotic stress in Synechococcus. Contribution of water channels. **Journal of Plant Physiology** 122: 1201-1208.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smit, M. 1998. Crop evapotranspiration, irrigation and drainage. Paper 56, FAO, Rome, Italy.

Allen, V., Barker, D. and Pilbeam, J. 2006. Handbook of plant nutrition. CRC Press. 632 p.

Amany, A. B., Zeidan, M. S. and Hozayn, M. 2006. Yield and quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by slow-release nitrogen in newly reclaimed sandy soil. **American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science** 1 (3): 239-242.

Arnon, D. I. 1975. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxidase in *Baba vulgaris* L. **Plant Physiolology Journal** 45: 1-15.

Bahavar, N., Ebadi, A., Tobeh, A. and Jamati Somarin, Sh.2009. Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress in hydroponics conditions. **Research Journal of Environment Science** 3 (4): 448-455.

Chen, G., Zhou, Y. and Shen, Q. 2007. Ammonium nutrition increases photosynthesis rate under water stress at early development stage of rice (*Oryza sativa* L.). **An International Journal on Plant-Soil Relationships** 296: 115-124.

Chen, Y., Wang, Sh. and Wang, J. 2002. Effect of polymer-coated urea on chlorophyll and activities of some enzymes and fractionation of aminoacids in rice plants**. Acta Agricultural Zhejiangensis** 14 (3): 150-164.

Dong, Y., and Wang, Z. Y. 2007. Release characteristics of different N forms in an uncoated slow/controlled-release compound fertilizer. **Agricultural Science in China** 6: 330-337.

Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Clark, R. B. 2006. Physiology of crop production. The Haworth Press, New York. 345 p.

Gomosta, A. R., Begum, F. A. and Hoque, M. Z. 1981. Leaf rolling and unrolling behavior in relation to soil moisture tension and climate factors. **International Rice Research Newsletter** 6 (3): 25-26.

Gubiš, J., Vaková, R., Ervená, V., Dragúová, M., Hudcovicová, M., Lichtnerová, H., Dokupil, T. and Jureková, Z. 2007. Transformed tobacco plants with increased tolerance to drought. **South African Journal of Botany** 73: 505-511.

Gui-Rui, Y., Wang, Q. F. and Zhuang, J. 2004. Modeling the water use efficiency of soybean and maize plants under environmental stresses: Application of a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior. **Journal of Plant Physiology** 161: 303-318.

Huilian, Xu., Shii, I. and Xu, H. 1996. Wheat cultivar differences in photosynthetic response to low soil water potentials. I. Maintenance of photosynthesis and leaf water potential. **Japanese Journal of Crop Science** 65: 509-517.

Kalantar Ahmadi, A., Siadat, S. A., Barzegari, M. and Fathi, Gh. 2006. The evalluation of drought stress on morphophysiological traits and yield of corn in Dezfool. **Journal of Agricultural Sciences** 29 (1): 31-42. (In Persian with English Abstract).

Ko, B. S., Cho, Y. S. and Rhee, H. K. 1996. Controlled release of urea fromrosin-coated fertilizers particles. **Industrial and Engineering Chemistry Research** 35: 250-265.

Lizaso, J. I., Batchelor, W. D., Westgate, M. F. and Echarte, L. 2003. Enhancing the ability of CERES-Maize to computelight capture**. Agricultural Systems** 76: 293-311.

Majnooni-Heris, A., Zand-Parsa, Sh., Sepaskhah, A. R., Kamgar-Haghighi, A. A. and Yasrebi, J. 2011. Modification and validation of maize simulation model (MSM) at different applied water and nitrogen levels under furrow irrigation**. Archives of Agronomy and Soil Science** 57: 401-420.

Masjedi, A. R., Shokoohfar, A. R. and Alavi-Fazel, M. 2008. Determining the best irrigation summer corn (single cross 704) and the effect of drought stress on product information using the pan class A. **Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 12 (46): 543-550. (In Persian with English Abstract).

Moosavi Feyzabadi, S., Vazin, F. and Hassanzadeh-Delouei, M. 2013. Effects of nitrogen and zinc spray on yield of corn in drought stress. **Cercetări Agronomice în Moldova** 3 (155): 29-38. (In English)

Paknejad, F., Varzan, S., Ejeli, J., Mirakhori, M. and Nasri, M. 2005. Effect of drought stress and irrigation methods on yield and yield component of corn. **Agroeco Journal** 17: 17-26. (In Persian with English Abstract).

Ritchie, S. W., Nguyen H. T. and Haloday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop Science** 30:105-111.

Rostampoor, M., Seghatoleslami, M. J. and Moosavi, S. 2010. Evaloeation of drought stress and superabsorbtion on relative water contet and chlorophyll and relationship between them and yield. **Agrijornal of IAUT** 2 (1): 70-89. (In Persian with English Abstract).

Sakinejad, T. 2002. Effect of drought stress on the uptake of nitrogen, phosphorous and potassium in different growth stage under morphological and physiological charecterestic of corn in Ahwaz. Ph. D. Dissertation. Azad University of Ahwaz, Khuzestan, Iran. 288 p. (In Persian).

Sakinejad, T. and Bakhshandeh, A. M. 2009. Water stress effect on the uptake process of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in different periods of growth, according to morphological and physiological characteristics of corn in Ahvaz climate. **Journal of Agriculture Reserch** 1 (1): 87-98.

Schwab, G. J. and Murdock, L. W. 2010. Effects of polymer coated urea on corn yield. Availabe online at http://www.uky.edu/Ag/Agronomy/archive. Access 28 June.

Shangguan, Z. P., Shao, M. A. and 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.

Siadat, S. A., Karmolachaab, A., Monjezi, H., Fathi, Gh. and Hamdi, H. 2015. Effect of filter cake on morphysiological traits and yield of sweet corn under dry conditions in late season. **Journal of Crop Production and Processing** 15 (5): 93-103. (In Persian with English Abstract).

Sobrado, M. A. 1987. Leaf rolling: A visual indicator of water deficit in corn (*Zea mays* L.). **Maydica** 32: 9-18.

Tambussi, E. A., Bartoli, C. G., Bettran, J., Guiamet, J. J. and Araus J. C. 2000. Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Physiologia Plantarum** 108: 398-404.

Tao, Sh., Jun, L., Kemo, J., Xiaoyun, Q., Yuan, Zh., Xueqin, R. and Shuwen, H. 2011. Preparation and characterization of triple polymer-coated controlled-release urea with water-retention property and enhanced durability. **Journal of Applied Polymer Science** 120 (4): 2103-2111.

Teulate, B., Rekika, D., Nachit, M. M. and Monneveux, P. 1997. Comparative osmotic adjustments in barley and tetraploid wheats. **Plant Breeding** 116: 519-523.

Tollenaar, M., Aguilera, A. and Nissanka, S. P. 1997. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal** 89: 239-246.

Vaezi, A. R., Homaei, M. and Malakuti, J. 2002. Effect of fertilizer- irrigation on water and fertilizer use efficiency in grass corn. **Journal of Water and Soil Science** 16 (2): 152-160.

Wang, X. W., Kuai, J., Yu, J. and Liu, X. 2016. Effects of controlled/slow-released nitrogen fertilizers on physiological characteristics and quality of melon under substrate cultivation .**Journal of Plant Nutrition and Fertilizer** 22 (3): 847-854.

Wu, L. and Liu, M. 2008. Preparation and properties of chitosan coated NPK compound fertilizer with controlled release and water-retention. **Carbohydrate Polymers** 72: 240-247.

Yoshihiko, T., Toshiaki, Ch., Yoshifumi, N., Tomio, N. and Takuji, O. 1991. Effect of deep placement of controlled release nitrogen fertilizer (coated urea) on growth, yield, and nitrogen fixation of soybean plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 37 (2): 223-231.

Zand-Parsa, Sh., Sepaskhah, A. R. and Rownaghi, A. 2006. Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. **Agricultural Water Management** 81: 227-256.

Zhao, G. Q., Ma, B. L. and Ren, C. Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. **Journal of Crop Science** 47: 131-132.

Zhenxie, Y., Wang, P., Hongbin, T., Hongfang, Z. and Shen L. 2008. Effects of types and application rates of nitrogen fertilizer on the development and nitrogen utilization of summer maize. **Frontiers of Agriculture in China** 2 (1): 44–49.

Zorica, J. 2001. Investigation of mechanism of leaf growth inhibition in maize. **Journal of Agriculture Science** 46 (1): 1-16.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 4, Winter 2018 (551-562)

Response of yield and physiology of sweet corn to coated urea fertilizer under different levels of irrigation

Nasrin Farid[1], Seyed Ataollah Siadat[2*], Mohammad Reza Ghalamboran[3] and Mohammad Reza Moradi Telavat[4]

Received: December 20, 2016 Accepted: August 28, 2017

Abstract

To investigate the effect of biopolymer coated urea fertilizer on physiological traits related to yield of sweet corn under deficit irrigation, an experiment was carried out in strip split plot based on randomized complete block design with four replications in Agriculture and Natural Resources Science University of Khuzestan, Iran, in 2016. Irrigation in three levels (100, 80 and 60% water requirement) in length of blocks and urea fertilizer in six levels (without fertilizer as check treatment, pure urea, sulfur-coated urea, starch-coated urea, agar-coated urea and chitin-coated urea) in vertical strips to irrigation in each block were used. The results showed that the effect of irrigation and type of coated nitrogen fertilizer on leaf relative humidity, chlorophyll-a, chlorophyll-b, leaf area index, leaf rolling, ear yield, and interaction of irrigation × fertilizer on chlorophyll a and b and grain yield per hectare was significant. The application of coated urea fertilizer increased 29.41, 15.06, 24.88, 34.11 and 14.88 percent on average in leaf area index, relative water content, leaf rolling, ear yield per hectare and fresh forage yield per hectare, respectively, compared to pure urea fertilizer. Also, the highest values of chlorophyll a and b and grain yield per ha were obtained from chitin coated urea fertilizer together with full irrigation (100% water requirement) and their lowest values were from the check fertilizer (without urea) with 60% water requirement. The reduction of 40% in irrigation decreased 15.89%, 31.02%, 42.85% and 40.33% in relative water content, leaf area index, leaf rolling and ear yeild per hectar, respectively, compared to full irrigation. The highest economic ear yield with average of 10238.6 kg/ha and 9853.3 kg/ha was obtained from full irrigation and chitin coated urea, respectively, and the lowest ear yield was obtained from 60% water requirement with check fertilizer treatment.

Keywords: Chlorophyll, Ear yield, Leaf area index, Leaf rolling

1. Ph. D. Student, Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Agriculture and Natural Resources Science University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
2. Prof., Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Agriculture and Natural Resources Science University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
3. Assist. Prof., Dept. of Plant Sciences, Faculty of Biology Sicences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Agriculture and Natural Resources Science University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
[*] Corresponding author: seyedatasiadat@yahoo.com