

تأثیر کم آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (*Zea mays L.*) رقم سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه رشت

محمدحسن بیگلویی^{۱*}، غلامرضا محسن آبادی^۲، سروش قادری^۳ و بابک ربیعی^۴

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، دانش آموخته و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی اثر کم آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک) و سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) بودند. نتایج نشان داد که آبیاری به غیر از عملکرد پروتئین، تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه نداشت. در مقابل، اثر نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه، به غیر از عملکرد فیبر معنی‌دار بود. برهم‌کنش آبیاری×نیتروژن نیز اثر آماری معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات اندازه‌گیری شده نداشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطوح آبیاری برای عملکرد پروتئین نشان داد که آبیاری کامل (تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک) عملکرد پروتئین بیشتری نسبت به تخلیه ۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک داشت. مقایسه سطوح نیتروژن نیز نشان داد که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تفاوت معنی‌داری نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از نظر بیشتر صفات مورد مطالعه داشت، اما تفاوت آنها بر عملکرد علوفه تر و خشک از نظر آماری معنی‌دار نبود. برهم‌کنش آبیاری×نیتروژن عملکرد ماده خشک را تحت تأثیر قرار داد، ولی معنی‌دار نشد، به طوری که عملکرد ماده خشک در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه آبیاری ۵۰ درصد تخلیه رطوبت دارای بیشترین مقدار (۱۰۱۴/۲۲ گرم بر متر مربع) و در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن به همراه آبیاری ۷۵ درصد تخلیه رطوبت به کمترین مقدار خود (۷۲۳/۳ گرم در مترمربع) رسید. نتایج این پژوهش نشان داد که برای تولید عملکرد کمی علوفه، تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبت خاک به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزینه مناسبی است، اما برای عملکرد پروتئین، تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به همراه ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: ذرت علوفه‌ای، کم آبیاری، عملکرد کمی، عملکرد کیفی، نیتروژن.

مقدمه

استان گیلان دارای یک میلیون و ۶۹۰ هزار راس دام می‌باشد که سالیانه نیاز به ۴/۵ میلیون تن علوفه دارند. دو هزار و ۵۸۶ هکتار زمین در گیلان به کشت نباتات علوفه‌ای اختصاص دارد. سالیانه ۱/۶ میلیون تن علوفه در داخل استان تامین می‌شود و مابقی از استان‌های مجاور وارد می‌شود (Jehade-Agriculture, 2009). بنابراین، توجه به کشت گیاهان علوفه‌ای از جمله ذرت علوفه‌ای ضروری به نظر می‌سد.

ذرت یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم است که از قابلیت بالایی برای کشت در اقلیم‌های گوناگون برخوردار است (Pandey *et al.*, 2000). از جمله مهمترین عوامل موثر در تولید این گیاه و سایر گیاهان زراعی آب آبیاری و نیتروژن است (Zand-Parsa and Sepaskhah, 2001). در حال حاضر به دلیل تغییر اقلیم و ایجاد محدودیت در منابع تولید، به ویژه آب و همچنین جنبه حفاظت از محیط زیست که از اولویتهای سیاست‌گذاری بخش کشاورزی است، کاربرد بهینه و مطلوب منابع تولید اهمیت فراوانی دارد (Paolo and Rinaldi, 2008). بنابراین کم آبیاری یک راهکار مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است به طوری که در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا ضمن صرفه جویی در مصرف آب، کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیر کشت جبران شود (Sajedi and Ardakani, 2008).

نیتروژن هم پر مصرف‌ترین عنصر برای رشد گیاهان زراعی به ویژه غلات بوده و تغییر در مقادیر قابل دسترس آن به‌ویژه در شرایط مختلف رطوبتی خاک عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد (Karimi, 2008). با توجه به اینکه پروتئین خام از مهمترین ترکیبات مغذی مورد نیاز حیوانات علف‌خوار است و کمبود آن در جیره غذایی باعث کاهش عملکرد و تولید دام می‌شود، اولاً سودمندی علوفه به

دلیل بالا بودن درصد پروتئین خام آن و ثانیاً مرغوبیت و افزایش عملکرد پروتئین علوفه ناشی از به کارگیری سطوح بالاتر نیتروژن، قابل توجه است. از طرف دیگر، نیتروژن دارای حلالیت بسیار زیادی در آب بوده و در شرایط رطوبت بالا بسیار حساس به آبیاری است. بنابراین مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند و تعیین مقدار مناسب مصرف نیتروژن از مهمترین عوامل مؤثر بر کارایی مصرف این عنصر محسوب می‌شود (Sadegi and Bahrani, 2001). با توجه به موارد فوق الذکر آزمایشی به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت علوفه‌ای در منطقه رشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در رشت (۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۷-)- اجرا شد. استان گیلان دارای اقلیم شبه مدیترانه‌ای است و میزان بارندگی سالیانه آن بر مبنای میانگین ۱۰ سال اخیر برابر با ۱۳۳۰ میلی‌متر است. بافت خاک محل آزمایش سیلتی رسی با مقدار نیتروژن ۰/۱۵۶ پی پی ام بود. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور آبیاری و نیتروژن از منبع کود اوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری شامل آبیاری کامل (تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک، I₁) و تخلیه ۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک، I₂) و سطوح نیتروژن شامل صفر کیلوگرم در هکتار (N₀)، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، (N₁) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، (N₂) بود.

برای تعیین وضعیت رطوبتی خاک از تانسومتر و بلوک‌های گچی استفاده شد. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای (شباری) صورت گرفت. تعداد دور و مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد برای هر کرت در سطوح I₁ و I₂ به ترتیب ۹ و ۷ دور و ۱۷/۹۷۳ و ۱۳/۶۴۳ متر مکعب بود. مزرعه آزمایشی در

$$Dn = \frac{FC - PWP}{100} \cdot \rho_b \cdot Dr \cdot F \quad (1)$$

در رابطه فوق Dn مقدار آب آبیاری در هر دور آبیاری (میلی‌متر)، FC مقدار رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد وزنی)، PWP مقدار رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی)، Dr: عمق موثر ریشه (میلی‌متر)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک ($\rho_b = 1/33$) مزرعه مورد آزمایش (گرم در سانتی مترمکعب) و F درصد تخلیه رطوبتی خاک است. مقدار آب آبیاری، با استفاده از کنتور آب با دقت ۰/۱ لیتر اندازه‌گیری شد. کود نیتروژن (از منبع اوره) در دو مرحله ۷ تا ۸ برگی (مرحله به ساقه رفتن) و مرحله گرده‌افشانی به کرت‌ها اضافه شد که به صورت دستی در عمق ۱۰-۷ سانتی‌متری کنار بوته‌ها و به صورت نواری در کنار بوته‌ها قرار داده شد. برداشت در مرحله ۱/۲ خط شیری (Bal et al., 1997) و به صورت دستی صورت گرفت. از هر کرت تعداد ۲۵ بوته به طور تصادفی (به مساحت ۲ متر مربع از هر کرت) از بوته‌های وسط کرت انتخاب و از ارتفاع ۳-۴ سانتی‌متری از سطح زمین بریده شدند.

بوته‌های برداشت شده برای تعیین عملکرد علوفه تر با ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین و سپس به منظور تعیین عملکرد پروتئین و فیبر به برگ، ساقه، بلال و گل آذین تر تفکیک شدند. این اجزا گیاه به طور جداگانه در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشکانیده شدند. پس از توزین وزن خشک آنها با استفاده از دستگاه خرد کننده علوفه، در آزمایشگاه خرد شدند. سپس پارامترهای مورد نظر که شامل پروتئین و فیبر قسمت‌های مختلف گیاه بودند، اندازه‌گیری شد. مقدار پروتئین نمونه‌های خرد شده هر کدام از اجزای مذکور گیاه ذرت با استفاده از روش طیف سنجی مادون قرمز توسط دستگاه Perten Feed Analyzer (Informatic 8620) اندازه‌گیری شد (Jafari et al., 2003). مقدار فیبر نیز همزمان با پروتئین به وسیله طیف سنجی مادون قرمز نزدیک اندازه‌گیری شد. برای تعیین بهره‌وری آب (WP) از رابطه ۲ استفاده شد (Sepaskhah et al., 2006)، که در آن (Y) عملکرد ماده

زمستان سال ۱۳۸۷ در حالت آیش بود. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک، ۴۸ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات) و ۶۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به خاک افزوده شد. به منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز از علف‌کش ارادیکان به مقدار ۳/۵ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش رویشی استفاده شد. بعد از آماده شدن زمین، پشته‌ها به صورت دستی ایجاد شد. ابعاد هر واحد آزمایشی ۶×۲/۶۵ متر بود. هر واحد آزمایشی دارای ۴ پشته و فاصله پشته‌ها از هم دیگر ۶۵ سانتی‌متر منظور شد. فاصله بین تیمارها ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر بود. رقم مورد استفاده در این آزمایش سینگل کراس ۷۰۴ بود. کاشت در اول خرداد ماه با دست صورت گرفت. بذرها ابتدا با قارچ‌کش تیرام دو در هزار (۰/۲ درصد) ضد عفونی شدند و سپس با فاصله ۱۲ سانتی‌متر از هم و در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در وسط پشته قرار داده شدند. بعد از سبز شدن با تنک کردن بوته‌ها، تراکم نهایی آنها ۱۲۸۰۰۰ بوته در هکتار رسید. همزمان با کاشت، تانسئومترها پس از کالیبراسیون در عمق ۳۵ سانتی‌متری زمین در هر تیمار کار گذاشته شدند. برای اینکه در تیمارهای ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک برآورد دقیقی از رطوبت خاک وجود داشته باشد، علاوه بر تانسئومترها، از بلوک‌های گچی نیز استفاده شد.

برای به دست آوردن نقطه پژمردگی دائم (Permanent wilting point) و ظرفیت زراعی (Field capacity) از دستگاه صفحه فشاری (Pressure plate) استفاده شد و درصد رطوبت در این نقاط نیز محاسبه شد. بر این اساس درصد رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۳۰/۰۶ و ۱۳/۱۹ درصد محاسبه شد. همچنین درصد رطوبت وزنی خاک در زمان کاشت ۲۳/۱۷ درصد بود. جرم مخصوص ظاهری خاک نیز پس از نمونه‌گیری از مزرعه به وسیله ظرف‌های استوانه‌ای شکل مخصوص محاسبه شد. سپس برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز در هر دور آبیاری از رابطه زیر استفاده شد (Alizadeh, 2004):

در هکتار به ۲۰۱۱۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت و در این آزمایش تغییرات عملکرد خشک برگ و خشک ساقه مشابه عملکرد ماده خشک کل بود (جدول ۲). ساجدی و اردکانی (Sajedi and Ardakani, 2008) طی آزمایشی روی ذرت علوفه‌ای که دارای ۳ سطح کود نیتروژن و ۴ سطح عناصر کم مصرف بود، به این نتیجه رسیدند که اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر ماده خشک تولیدی تا ۶۸ روز پس از کاشت معنی‌دار نبود اما پس از ظهور گل آذین اثر معنی‌داری بر تولید ماده خشک داشت. پژوهش‌های تولنار و دویر (Tollennar and Dwyer, 1999) نشان داد که تجمع ماده خشک در ذرت به کل تابش ورودی و توزیع آن، شاخص سطح برگ، ساختار سایه انداز و سرعت فتوسنتز برگ وابسته است. با گذشت زمان مقدار ماده خشک گیاه افزایش پیدا می‌کند. این در حالی است که در انتهای فصل رشد و در هنگام برداشت مقدار ماده خشک اندکی روند نزولی پیدا می‌کند که دلیل این امر می‌تواند ریزش برگ‌ها باشد (Majidian, 2008).

نیتروژن یکی از عواملی است که سبب افزایش طول عمر برگ می‌شود و کمبود آن باعث کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌شود. همچنین کمبود نیتروژن سبب پیری برگ‌ها شده و بر ریزش برگ‌ها اثر می‌گذارد و به همین دلیل گیاهانی که دارای نیتروژن بالاتری هستند بیشترین مقدار وزن خشک را دارند. روند تجمع کل ماده خشک بیانگر این است که گیاه زراعی چه مقدار فتوسنتز حقیقی خود را قادر است به صورت فتوسنتز خالص درآورد. برای کاهش فتوسنتز خالص دو محور قابل بررسی است یکی کاهش فتوسنتز حقیقی و دیگری افزایش تنفس گیاه است. هرکدام از این عوامل به‌تنهایی یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز خالص و در نتیجه تجمع کل ماده خشک گیاه را کاهش دهند، که در آزمایش حاضر تغییرات فتوسنتز حقیقی یا همان سرعت رشد محصول عامل اصلی تغییر در تجمع ماده خشک کل بود. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری وزن ماده خشک کاهش پیدا کرد، اما تفاوت آنها در این آزمایش معنی‌دار نبود، به طوری که وزن ماده خشک

خشک بر حسب کیلوگرم در هکتار و (V) مقدار آب مصرفی بر حسب متر مکعب در هکتار است. برای محاسبه شاخص‌های رشد از وزن خشک کل گیاه ((Total dry weight سطح برگ(Leaf area) و واحد درجه-روز-رشد (Growin degree days) استفاده شد. برای محاسبه سرعت رشد گیاه از توابعی که در آن $\ln\left(\frac{w}{p}\right)$ بر حسب (t) برازش شده باشد، استفاده و بر پایه گرم در مترمربع در واحد زمان بیان شد. سرعت رشد گیاه با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Jolliffe *et al.*, 1982).

$$WP = \frac{Y}{V} \quad (2)$$

$$CGR = \left(\frac{1}{p}\right)\left(\frac{dw}{dt}\right) = f'(t)x \exp[f(t)] \quad (3)$$

که در آن، dw تغییرات وزن خشک، p سطح زمین، dt فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری، $f(t)$ تابعی است که در آن $\ln\left(\frac{w}{p}\right)$ بر حسب (t) برازش شده باشد و $f'(t)$ مشتق تابع $f(t)$ است. برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشد بعد از گذشت ۵۴۷ درجه روز رشد، هر ۱۰ روز یک بار از مزرعه نمونه‌برداری شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری، به طور تصادفی ۵ بوته از حرکت و از فضای نمونه‌گیری انتخاب شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه به قسمت‌های ساقه، برگ، بلال و گل آذین نر (پس از رشد زایشی) تفکیک شدند. تجزیه آماری داده‌ها به دست آمده به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ و مقایسه میانگین‌ها از طریق LSD و رسم نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن ماده خشک کل، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه گیاه داشت (جدول ۱)، به طوری که ماده خشک از ۱۴۳۴۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن

۷۰۵ و ۶۵۲ میلی‌متر کاهش داد). در این تحقیق برهم‌کنش نیتروژن×آبیاری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۱). وزن ماده خشک در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه آبیاری ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس دارای بیشترین مقدار (۱۰۱۴/۲۲ گرم در مترمربع) بود که در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه آبیاری ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به کمترین مقدار خود (۷۲۲/۳۰ گرم در مترمربع) رسید.

سرعت رشد محصول

بهترین شاخص برای تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی، سرعت رشد گیاه است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک (فتوستنتز خالص) در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح زمین است (Kuchaki and Sarmadniya, 1998). سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و پایین‌تر بودن درصد نور جذبی کم می‌باشد، ولی با نمو گیاهان افزایش سریعی در میزان آن رخ می‌دهد، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می‌یابد و نور کمتری از میان پوشش گیاهی به سطح خاک نفوذ می‌کند. معمولاً حداکثر سرعت رشد محصول در زمان کاکل‌دهی اتفاق می‌افتد (Sarmadniya and Kuchaki, 1989). سرعت رشد گیاه با شاخص سطح برگ ارتباط تنگاتنگی دارد و هرگونه تغییر در شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول را متأثر می‌سازد. بدین ترتیب سرعت رشد که ارتباط بسیار نزدیکی با شاخص سطح برگ دارد و با افزایش شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد. نتایج پانندی و همکاران (Pandey et al., 2000) نشان داد که کاهش شاخص سطح برگ ناشی از کمبود مقدار آب آبیاری باعث کاهش سرعت رشد محصول، جذب نیتروژن و در نتیجه کاهش بیوماس کل تولیدی شد. روند سرعت رشد گیاه در جدول ۴ ارائه شده است. در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش سطح زمین، رشد گیاه زراعی کند بود، اما با کامل شدن پوشش، سرعت رشد نسبی نیز افزایش یافت. در مراحل انتهایی هم به دلیل خشک شدن برگ‌ها و ریزش آنها سرعت رشد گیاه روند کاهشی نشان داد.

در تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس ۱۸۲۹۹ کیلوگرم در هکتار بود که با کاهش مقدار آب مصرفی به ۱۶۰۹۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس رسید (جدول ۳). به هر حال، یکی از دلایل معنی‌دار نشدن تفاوت سطوح آبیاری می‌تواند مربوط به تعداد سطوح کم در نظر گرفته در این آزمایش باشد. این نتیجه بیانگر این است که این دو تیمار گرچه از لحاظ تعداد دور آبیاری با هم متفاوت بودند، ولی چون در هر دور آبیاری تیمار ۷۵ درصد آب بیشتری دریافت کرده بود، با اعمال دور آبیاری کمتر ولی اندکی آب بیشتر در هر دور آبیاری نسبت به تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس، می‌توان تقریباً به عملکرد مشابهی رسید.

یازار و همکاران (Yazar et al., 1999) تأثیر شش سطح مختلف آبیاری را روی ذرت مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند تیماری که ۸۰ درصد از آب مصرفی را دریافت می‌کرد دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بود. پانندی و همکاران (Pandey et al., 2000) اظهار داشتند که کم-آبیاری در اوایل رشد رویشی به‌طور ملایم تولید زیست توده را کاهش می‌دهد و لیکن کم‌آبیاری در اواخر رشد و در مرحله رشد زایشی، این پارامتر رشد را به مقدار بیشتری نسبت به فاز رویشی کاهش می‌دهد. در آزمایش‌های دیگر تراوره و همکاران (Traore et al., 2000) گزارش کردند که زیست توده ذرت در اثر کمبود آب به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. بریانت و همکاران (Bryant et al., 1992) با بررسی تأثیر کمبود آب روی رشد ذرت به چنین نتیجه‌ای دست یافته بودند. چاکر (Caker, 2004) طی آزمایشی اثر تنش آبی را روی ذرت مطالعه و نتیجه گرفت که کمبود کوتاه مدت آب در طی مرحله رشد سریع رویشی، عملکرد ماده خشک را به مقدار ۲۸-۳۲ درصد کاهش داد. جاما و اتمان (Jama and Ottman, 1993) تأثیر تنش رطوبتی را در مرحله اولیه رشد ذرت بررسی کردند و دریافتند که تأخیر در آبیاری در این مرحله وزن خشک گیاه را کاهش می‌دهد (تأخیر در آبیاری از مرحله دو برگی به مرحله ۴ برگی و مرحله ۶ تا ۸ برگی مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد ذرت را به ترتیب از ۷۶۹ میلی‌متر به

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد علوفه تر، ماده خشک، خشک برگ، پروتئین، فیبر و شاخص بهره‌وری آب آبیاری در گیاه ذرت علوفه‌ای
 Table 1. Analysis of variance of effect of nitrogen fertilizer and deficit irrigation on yield of fresh yield, dry matter, stem dry matter, leaf dry matter, protein, fiber and water productivity index of forage corn.

منابع تغییر S. O. V.	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات MS							
		عملکرد علوفه تر Forage yield	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	عملکرد شاخه Stem dry matter	عملکرد خشک برگ Leaf dry matter	عملکرد پروتئین Protein yield	عملکرد فیبر Fiber yield	عملکرد آب آبیاری Irrigation water productivity	
بلوک Block	2	19728694.8 ^{ns}	43488356.5 ^{ns}	2302384.9 ^{ns}	105962.8 ^{ns}	25394.93 ^{ns}	28938.99 ^{ns}	0.305 ^{ns}	
نیتروژن Nitrogen	2	319878781.6*	50015180.5*	16031689.3*	683724.9**	757570.98**	1223104.27 ^{ns}	3.466**	
آبیاری Irrigation	1	130052170.8 ^{ns}	21891540.2 ^{ns}	2176969.9 ^{ns}	224526.4 ^{ns}	273455.39*	49977.7 ^{ns}	0.983 ^{ns}	
نیتروژن×آبیاری N × I	2	24317848.6 ^{ns}	7968414.0 ^{ns}	3283485.2 ^{ns}	142918.1 ^{ns}	9267.22 ^{ns}	423153.68 ^{ns}	0.531 ^{ns}	
خطای آزمایش Error	10	63622210.0	8877644.6	2407502.0	86217.9	32222.6	969399	0.610	
درصد ضریب تغییرات C.V.%		15.18	17.32	22.67	11.75	17.52	31.32	17.21	

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر، ماده خشک، پروتئین و فیبر در سطوح مختلف نیتروژن
Table 2. Mean comparisons for yield of fresh forage, dry matter, protein and fiber of corn in different of nitrogen.

نیتروژن Nitrogen	عملکرد تر Forage yield (Kg/ha)	عملکرد ماده خشک Dry matter (Kg/ha)	عملکرد خشک ساقه Stem dry matter (Kg/ha)	عملکرد خشک برگ Leaf dry matter (Kg/ha)	عملکرد پروتئین Protein yield (Kg/ha)
N ₀	45343	14342	5452.0	2189.3	701.8
N ₁	52263	17130	6433.5	2444.2	966.2
N ₂	59940	20116	8644.0	2858.2	1405.2
LSD	10261	3832.9	1996.0	377.7	230.9

N₀, N₁₀₀ and N₂₀₀: 0, 100 and 200 kg/ha N, respectively. ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار.

سرعت رشد گیاه در ۷۳۷ درجه- روز- رشد دارای بیشترین مقدار خود بود (۲/۸۲ گرم در مترمربع در درجه- روز- رشد) و در ۱۰۵۴ درجه- روز- رشد دارای کمترین مقدار بود (۰/۱۵۵- گرم در مترمربع در درجه- روز- رشد) (جدول ۴).

عملکرد علوفه تر

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، عملکرد علوفه تر به طور معنی‌داری تحت تاثیر نیتروژن مصرفی قرار گرفت. با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی عملکرد علوفه تر افزایش پیدا کرد، به طوری که از ۴۵۳۴۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ۵۹۹۴۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت (جدول ۲). همان طوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بین تیمارهای صفر و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت، این درحالی است که در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با دو تیمار دیگر از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبود. بنابراین تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن می‌تواند تیمار مناسبی برای تولید عملکرد علوفه تر باشد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد علوفه تر نشان داد بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). علاوه بر آن، برهمکنش نیتروژن × آبیاری نیز تاثیر معنی‌داری روی عملکرد علوفه تر نداشت (جدول ۱).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر، ماده خشک، پروتئین و فیبر ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Mean comparisons for fresh yield, dry matter, protein and fiber of forage corn in different levels of irrigation.

آبیاری Irrigation	عملکرد پروتئین Protein yield (Kg/ha)
I ₁	1147.65
I ₂	901.13
LSD	188.55

I₁ و I₂ به ترتیب آبیاری در سطح ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس خاک

I₁ and I₂: Irrigation at 50 and 75% soil moisture allowable depletion, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین سرعت رشد گیاه در ۴ مرحله نمونه برداری ذرت علوفه‌ای

Table 4. Mean comparisons for forage corn growing indices for four stages of sampling

سرعت رشد گیاه Crop growing rate (gr/m ² . GDD)	سطوح زمان GDD Time levels
1.85	574
2.82	737
1.87	914
-0.155	1054
0.737	LSD

عملکرد پروتئین

سطوح مختلف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین داشت (جدول ۱). عملکرد پروتئین با افزایش مقدار نیتروژن افزایش پیدا کرد به طوری که از $70/1/8$ کیلوگرم در هکتار در تیمار کودی صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به $140/5/2$ کیلوگرم در هکتار در تیمار کودی 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین سطوح 100 و 200 کیلوگرم نیتروژن نیز اختلاف معنی‌داری در عملکرد پروتئین وجود داشت (جدول ۲). مجیدیان (Majidiyan, 2008) در آزمایش خود نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، درصد نیتروژن و در نتیجه درصد پروتئین خام و در نهایت عملکرد پروتئین در قسمت‌های هوایی گیاه ذرت افزایش یافت. نیتروژن عنصر اولیه و ضروری در ساخت پروتئین‌ها است، هر چه میزان این عنصر در گیاه بیشتر باشد مقدار سنتز پروتئین‌ها بیشتر می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل افزایش عملکرد پروتئین در تیمار 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش سنتز پروتئین‌ها باشد. نتایج تجزیه واریانس عملکرد مجموع پروتئین به دست آمده از تیمارهای مختلف نشان داد که رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری روی عملکرد پروتئین کل داشت، به طوری که با کاهش مقدار آب مورد نیاز در طی دوره رشد گیاه، عملکرد پروتئین به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). کریمی (Karimi, 2008) نیز در آزمایش خود به نتیجه مشابهی دست یافته بود. قابل ذکر است که با اعمال تنش خشکی درصد پروتئین در ماده خشک افزایش یافت، اما چون در چنین شرایطی مقدار وزنی علوفه نیز کاهش یافت، عملکرد پروتئین با کاهش مقدار آب مورد نیاز کاهش پیدا کرد و در واقع افزایش پروتئین در شرایط تنش نتوانست کاهش پروتئین در واحد سطح را جبران کند. عملکرد فیبر تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۱).

بهره‌وری آب

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شاخص بهره‌وری آب آبیاری داشت (جدول ۱).

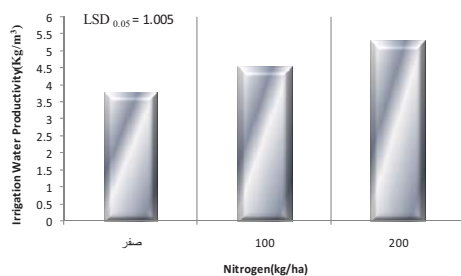
با افزایش سطوح نیتروژن بهره‌وری آب آبیاری افزایش پیدا کرد، به طوری که از $3/79$ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به $5/31$ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرد (شکل ۱). تیمار کودی 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر نداشت. اعمال نیتروژن می‌تواند باعث افزایش شاخص سطح برگ و رشد سریع‌تر کنوبی و بسته شدن آن شود و در نتیجه باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شود. همچنین کاربرد نیتروژن در توسعه و نفوذ ریشه‌ها به خاک موثر است. بنابراین همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تأثیر این روابط در این آزمایش بخوبی دیده می‌شود. از سوی دیگر اثر آبیاری و همچنین برهمکنش آبیاری \times نیتروژن بر شاخص بهره‌وری آب معنی‌دار نشد (جدول ۱).

احتمالاً این امر ناشی از اختلاف کم مقدار آب آبیاری مصرفی در تیمارهای آبیاری مورد مطالعه بوده است. محققان زیادی در تحقیقات خود در زمینه کم‌آبیاری به بهبود شاخص بهره‌وری آب دست یافته‌اند (Kang et al., 2000; Yazar et al., 1998; Zhang et al., 2002; al.,) و به همین لحاظ کاربرد کم‌آبیاری را مورد تأکید قرار داده‌اند. کم‌آبیاری یک راهبرد مطلوب برای حصول تولید مناسب تحت شرایط محدودیت منابع آب است که در کشور ما به دلیل محدودیت آب بهره‌وری آب از جایگاه خاصی برخوردار است (Ehsani and Khaledy, 2003). کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، عموماً همراه با کاهش عملکرد در واحد سطح است (Tavakoli, 2003). یکی از اهداف کم‌آبیاری افزایش کارایی مصرف آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در مقابل افت ناچیز عملکرد است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای در منطقه رشت با اجرای کم‌آبیاری قابل ملاحظه بود، به طوری که با کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد کمی روند کاهشی نشان داد، اما این کاهش معنی‌دار نبود.

نیتروژن خالص در هکتار و آبیاری کامل بالاترین عملکرد را تولید خواهد کرد.



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیتروژن
Figure 1. Mean comparisons of irrigation water productivity index at different nitrogen treatments

علاوه بر آن، عملکرد کیفی با کاهش مقدار آب آبیاری تحت تاثیر قرار گرفت، اما افزایش سطح زیر کشت می تواند کاهش عملکرد کیفی در واحد سطح را با آب مازاد (ذخیره شده از کم آبیاری) جبران کند. از طرف دیگر تاثیر کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد علوفه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبود. بنابراین در صورت وجود محدودیت منابع محیطی (آب و کود) و یا قیمت بالای نهاده‌ها، تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

در این شرایط مدیریت مناسب نیتروژن و آبیاری می‌تواند ضمن حفظ مناسب عملکرد از پرداخت هزینه‌های مازاد برای تهیه کود و خطر آلودگی نیتروژن به منابع آبی جلوگیری نماید. اما اگر هدف کسب حداکثر عملکرد باشد و محدودیت منابع و مسایل زیست محیطی مد نظر نباشد، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمار مقدار ۲۰۰ کیلوگرم کود

References

- Alizadeh, A. 2004. Soil, water, plant relationship (4th Ed.). University of Emamreza Press. (In Persian).
- Bal, M. A., Coors, J. G. and Shaver, R. D. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science* 80: 2497–2503.
- Bryant, K. J., Benson, V. W., Kiniry, J. R., Williams, J. R. and Lacewell, R. D. 1992. Simulating corn yield response to irrigation timings: validation of the Epic model. *Journal of Production Agriculture* 5: 237–242.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Ehsani, M. and Khaleedy, H. 2003. Water productivity in agriculture. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID) Press. (In Persian).
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A. and Walsh, E. K. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agriculture and Food Research* 42: 293-299.
- Jama, A. O. and Ottman, M. J. 1993. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. *Agronomy Journal* 85: 1159–1164.
- Jehade-Agriculture. 2009. Report of Jihad-Agricultural Organization manager of Guilan Providence, <http://www.jkgc.ir/portal/Home/Default.aspx/CategoryID=6061cf27-4e8a-4a0d-95b9-eba5f0105adb>.
- Jolliffe, P. A., Eaton, G. W. and Doust, J. L. 1982. Sequential analysis of plant growth. *New Phytologist* 92:287-296.
- Kang, S., Shi, W. and Zhang, J. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research* 67: 207–214.

- Karimi, M. 2008.** Study of deficit irrigation effect on yield, forage quality and growth indices of silage corn in Rasht region. M.Sc. Dissertation, University of Guilan, Rasht, Iran (In Persian).
- Kuchaki, A. and Sarmadniya, G. 1998.** Physiology of agricultural crops (Translation). Jehade-University of Mashhad Press. (In Persian).
- Majidiyan, M. 2008.** Effect of chemical nitrogenic fertilizer, organic fertilizer and water stress under agricultural rules during different growth stages to quantity and quantity agricultural characteristics of corn. Ph.D. Dissertation, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Paolo, E. D. and Rinaldi, M. 2008.** Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. **Field Crops Research** 105: 202–210.
- Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Chetima, M. M. 2000.** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. **Agriculture Water Management** 46: 15–27.
- Sadegi, H. and Bahrani, M. J. 2001.** Effect of density and different levels of nitrogen fertilizer on physiologic indices of forage corn. **Iranian Journal of Agricultural Science** 3: 13-25. (In Persian).
- Sajedi, N. A. and Ardakani, M. R. 2008.** Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiologic indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) Markazi Province. **Iranian Journal of Crop Researches** 6 (1): 99-110. (In Persian).
- Sarmadniya, G. and Kuchaki, A. 1989.** Crop physiology. Jehade-University of Mashhad Press. (In Persian).
- Sepaskhah, A. R., Tavakoli, A. R. and Mousavi, S. F. 2006.** Principles and applications of deficit irrigation. (1th Ed.). Iranian national Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID) Press. (In Persian).
- Tollennar, M. and Dwyer, L. M. 1999.** Physiology of maize. In: Smith, D. L. and Hamel, C. (Eds.). Crop Yield, Physiology and Processes. pp:169-204.
- Tavakoli, A. R. 2003.** Effects of deficit irrigation and nitrogen to yield and components yield of wheat. **Journal of Agricultural Science** 26 (2): 75-88. (In Persian).
- Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D. and Rice, M. E. 2000.** Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. **Agronomy Journal** 92: 1027–1035.
- Yazar, A., Sezen, S. and Gencel, B. 2002.** Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. **Irrigation Drainage** 51: 293–300.
- Zand-Parsa, Sh. and Sepaskhah, A. R. 2001.** Optimal applied water and nitrogen for corn. **Electronic Journal of Agricultural Water Management** 52: 73-85. www.elsevier.com/locate/agwat.
- Zhang, J., Sui, X., Li, Su, B., Li, J. and Zhou, D. 1998.** An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. **Field Crops Research** 59: 91–98.

Effects of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L.) c. v. SC. 704 in Rasht region

Mohammad Hasan Bigloyee^{1*}, Gholamreza Mohsenabadi², Soroush Ghaderi³ and Babak Rabiei⁴

1, Assist. Prof., Dept. of Water Engineering, University of Guilan, 2, 3 and 4. Assist. Prof., M.Sc. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Guilan

(Received: August 21, 2011 - Accepted: July 7, 2012)

Abstract

A field study was performed at the research farm of the Faculty of Agricultural Sciences science at the University of Guilan, Rasht during the season growth in 2009 for investigating the effects of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of forage corn. SC704. The experimental design was conducted as randomized complete blocks with factorial arrangement in three replications. The experimental treatments consisted of two factors, irrigation in two levels (50% and 75% available water depletion from soil) and nitrogen rates in three levels (0, 100 and 200 kg.ha⁻¹). The obtained results depicted the fact that the irrigation had no significant effects on the traits of the case study excluding the protein yield. On the other hand, the nitrogen had significant effects on all traits of the case study excluding the fiber yield. No significant statistical effects were observed on the interaction of irrigation × nitrogen on the traits measured. The results obtained by the comparison of the average of different levels of irrigation on the application of protein showed that the complete irrigation, the treatment of 50% available water, had a better protein yield in comparison with 75% available water. Comparing of the levels of nitrogen also depicted that the application of 200 Kg.ha⁻¹ had significant effects on the most traits of the case study in comparison with the application of 100 Kg.ha⁻¹ but their difference was not statistically significant on the application of dry mater yield(DMY) and wet mater yield (WMY). The interaction of irrigation per nitrogen effected on the DMY, but it was not significant so that the highest amount of DMY (1014.2 gr.m⁻²) and the lowest amount (723.3 gr.m⁻²) were obtained at 200 kg.ha⁻¹ N with full irrigation and without fertilizer and 75% available water depletion, respectively. The obtained results from this research indicated that the treatment of 75% available water together with 100 Kg.ha⁻¹ N is the suitable for quantitative forage yield, but the treatment of 50% available water together with 200 Kg.ha⁻¹ N is needed for the protein yield.

Keywords: Deficit irrigation, Forage corn, Nitrogen, Qualitative yield, Quantitative yield

*Corresponding author: mhbiglouei@yahoo.com