

اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب در گندم*

اژدر عنابی میلانی^۱

چکیده

امروزه با افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به غذا و محدودیت منابع آب، افزایش عملکرد در واحد حجم آب مصرفی اهمیت یافته است. برای تعیین نیاز آبی محصول گندم و اثر متقابل آن با نیتروژن روی کارایی مصرف آب، تحقیقی به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار از سال ۷۹-۱۳۷۶ در دشت تبریز به اجراء درآمد. آبیاری‌ها از تیمار I₁ تا I₄ به ترتیب زمانی که نسبت عمق آب آبیاری به تبخیر انباشته از تشت کلاس A به ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ می‌رسید، انجام گرفت. نیتروژن به مقدار ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای N₁ تا N₃ به ترتیب از منابع کودی سولفات آمونیم، اوره و نترات آمونیم مصرف گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که اختلاف عملکرد بیولوژیک و دانه بین تیمار I₁ و بقیه‌ی تیمارها از نظر آماری معنی‌دار بود، ولی بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار I₁ با ۱/۸۹ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین و تیمار I₄ با ۱/۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب، کمترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص دادند. متوسط سه ساله‌ی حجم کل آب مصرف شده در طول دوره‌ی رشد (آبیاری و بارندگی) از تیمار I₁ تا I₄ به ترتیب برابر ۴۵۵۶، ۵۷۷۶، ۶۶۸۵ و ۷۷۱۳ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. از نظر وزن هزاردانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه‌ها، اختلاف بین تیمارهای آبیاری معنی‌دار نبود. تأثیر تیمارهای کودی تنها بر وزن هزاردانه معنی‌دار بوده و بر دیگر اجزای عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشتند. منبع کودی نترات آمونیم با ۴۱/۹۱ گرم بیشترین و اوره با ۴۱/۰۳ گرم کمترین وزن هزاردانه را داشتند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تبخیر، تشت تبخیر کلاس A، شاخص برداشت، عمق آبیاری، نیاز آبی، وزن هزار دانه.

^۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، بخش تحقیقات خاک و آب a_o_milani@yahoo.com

* مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره‌ی ۰۶۳-۷۶-۱۵-۱۰۱ سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

مقدمه و بررسی منابع

اساسی ترین مشکل کشاورزی به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک، کمبود منابع آب است، زیرا در این مناطق نه تنها مقدار کل نزولات جوی کم است بلکه توزیع آن در طول فصل رشد نیز غیر یکنواخت بوده و منطبق بر نیاز آبی محصول نمی باشد. لذا استفاده ی بهینه از این منابع حایز اهمیت فراوان است. استفاده ی بی رویه، سبب تلفات منابع آب شده و کمبود آن به خصوص در مراحل حساس، به محصول تنش وارد می کند. از دیگر مشکلات، شستشوی عناصر غذایی خاک و به تبع آن آلودگی آب های زیرزمینی و در نهایت زیست بوم و همچنین کاهش کارایی مصرف کود به ویژه کودهای محلول در آب و ایجاد شرایط نامطلوب فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می باشند.

تعیین زمان و میزان مناسب آب آبیاری همواره یکی از اهداف محققان و کشاورزان بوده و هست و همواره سعی بر این بوده که از روش هایی برای تعیین زمان و مقدار آبیاری استفاده شود که در عین داشتن دقت، توسط کشاورز قابل کاربرد باشد. یکی از این روش ها استفاده از تشت تبخیر کلاس A است. مطالعات متعددی در زمینه ی استفاده از اطلاعات تشت تبخیر کلاس A برای تنظیم زمان آبیاری و مقدار آب مورد نیاز آبیاری صورت گرفته و نتایج متفاوتی به دست آمده است (۱، ۲، ۴، ۵، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۴، ۲۶، ۲۹، ۳۴، ۳۹ و ۴۰).

نیترژن نقش اساسی در رشد گیاه داشته و با مقدار آب و نحوه ی توزیع آن ارتباط زیادی دارد. عملیات مدیریتی مختلف می تواند پتانسیل مصرف

بهینه ی نیترژن توسط گیاهان را به حداکثر رسانده و شستشوی آن را که باعث تخریب زیست بوم می شود، بکاهد (۱۹). با بهبود مقدار جذب نیترژن توسط گیاهان، این عنصر به میزان کمتری وارد زیست بوم می شود لذا اطلاع از ترکیبات مختلف چرخه ی نیترژن، چگونگی تأثیر هر یک از آن ها در کارایی مصرف کود نیترژنه و کاهش آب شویی نیترژن ضروری است. چندین مرحله برای تعیین میزان بهینه ی کود نیترژن وجود دارد (۱۹). اولین مرحله تعیین مقدار کل نیترژن مورد نیاز است. بعد از آن عوامل مدیریتی مختلفی وجود دارد که کارایی مصرف بهینه ی کود نیترژنه توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد. این عوامل شامل انتخاب منبع کودی، زمان و روش مصرف می باشد. کودهای نیترژنه شامل نیترژن به سه فرم آمونیم (NH_4^+)، نیترات (NO_3^-) و اوره ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) هستند. فرم های آمونیم و نیترات بلافاصله بعد از مصرف، قابل استفاده ی گیاه می باشند. اما اوره ابتدا باید به آمونیم هیدرولیز شود تا قابل استفاده ی گیاه شود. کودهای نیترژنه بلافاصله بعد از مصرف دارای پتانسیل آب شویی متفاوتی هستند. فقط آمونیوم بلافاصله بعد از مصرف، غیر قابل آب شویی است. در حالی که اوره و نیترات بعد از مصرف می توانند آب شویی شوند. اوره دارای حلالیت بسیار زیادی است و تا زمان تبدیل به فرم آمونیم قابل آب شویی است. نیترات دارای بار منفی است و به راحتی توسط آب حرکت می کند چرا که ذرات خاک نیز بار منفی دارند و قابلیت جذب و نگهداری آنیون ها را ندارند.

به طور کلی استفاده ی بهینه از نیترژن در

مواد و روش ها

این تحقیق در استان آذربایجان شرقی (منطقه‌ی سعیدآباد) و مرکز آموزش کشاورزی سعیدآباد در خاکی با بافت لومی با ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مندرج در جدول‌های ۱ و ۲، به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار از پاییز سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹ اجرا شد. تیمارهای آبیاری فاکتور اول و تیمارهای منابع کود نیتروژن فاکتور دوم را تشکیل دادند.

منطقه‌ی تبریز با زمستان سرد و تابستان گرم از نظر تقسیم‌بندی آب و هوایی در ناحیه‌ی نیمه خشک واقع شده است. متوسط دمای سردترین و گرم‌ترین ماه سال به ترتیب $1/4-$ و $26/2$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از کل ۲۶۷ میلی‌متر بارندگی سالیانه (متوسط ۳۰ ساله)، ۴۳ درصد (۱۱۵ میلی‌متر) در بهار، ۶ درصد (۱۶ میلی‌متر) در تابستان، ۲۶ درصد (۶۹ میلی‌متر) در پاییز و ۲۵ درصد (۶۸ میلی‌متر) در زمستان اتفاق می‌افتد.

در پاییز هر سال برای اجرای آزمایش، زمین مناسب انتخاب و در نزدیکی آن نیم‌رخ حفز شد و بعد از تفکیک لایه‌های مختلف نیم‌رخ خاک، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده ۱۳۷۲) (۶) نمونه‌هایی تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. برای تعیین رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و جرم مخصوص ظاهری از هر لایه‌ی نیم‌رخ خاک، نمونه‌های بهم نخورده توسط استوانک‌های نمونه‌برداری تهیه و رطوبت آن‌ها در مکش‌های ۳۰ و ۱۵۰۰ کیلو پاسکال توسط دستگاه صفحه‌ی فشاری تعیین گردید (۳). مشخصات شیمیایی خاک محل

شرایطی امکان‌پذیر است که مدیریت بهینه‌ی آبیاری وجود داشته باشد (۱۹). آب آبیاری ممکن است سبب نفوذ عمقی و آب‌شویی نترات به پایین‌تر از محدوده‌ی توسعه‌ی ریشه‌ی گیاهان شود. برای به حداقل رساندن آب‌شویی نترات، مدیریت مصرف نیتروژن باید با استفاده‌ی صحیح مقدار و زمان آبیاری همراه باشد. با دانستن مقدار آب مورد نیاز محصول و ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، می‌توان مدیریت مناسب آبیاری را اعمال کرد به طوری که از آب‌شویی نیتروژن اجتناب گردد.

هدف اصلی این تحقیق دستیابی به روشی است که بتوان با استفاده از اطلاعات سهل‌الوصول، برای گندم برنامه‌ی آبیاری تعیین کرد، به‌همین علت در این آزمایش از روش نسبت عمق آب آبیاری به تبخیر انباشته از تشت تبخیر کلاس A (ID/CPE) برای تعیین زمان آبیاری استفاده شد و در تعیین عمق آب آبیاری نصف آب قابل استفاده در ناحیه‌ی ریشه، با این تصور که آبیاری باید زمان تخلیه‌ی نصف آب قابل استفاده در ناحیه‌ی ریشه صورت گیرد (۱۷ و ۳۱)، مد نظر قرار گرفته است، زیرا دستیابی به میزان تبخیر و خصوصیات فیزیکی خاک آسان می‌باشد. با توجه به تفاوت منابع مختلف کود نیتروژن از نظر آب‌شویی و قابل استفاده بودن برای گیاه و ضرورت جایگزینی کود اوره در مزارع گندم (۱۰)، در این تحقیق سعی شده که اثر متقابل آب آبیاری و منابع کود نیتروژن نیز بررسی گردد زیرا در تحقیقات متعددی که در زمینه‌ی منابع کود نیتروژن صورت گرفته، در شرایط آبیاری بهینه اختلاف عملکردی مشاهده نشده است (۱۰ و ۱۱).

اجرای آزمایش در جدول ۱ و مشخصات فیزیکی و آن در جدول ۲ آمده است که از نتایج موجود در تعیین کود مورد نیاز و عمق آبیاری استفاده

و تیمارها به طور تصادفی در آن ها پخش شدند. سپس یک سوم از کود نیتروژنه و تمامی کود فسفره و پتاسه طبق فرمول کودی N_{14}, P_4, K_{13}

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (سانتی متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	واکنش گل اشباع	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)
۰-۲۵	۲/۲۹	۷/۹	۸/۶	۱/۱۳	۱۷/۸	۴۲۵
۲۵-۴۵	۵/۱۶	۸/۰	۱۳/۸	۱/۱۶	۷/۰	۵۱۸
۴۵-۷۰	۸/۴۶	۸/۱	۱۲/۵	۰/۵۸	۸/۰	۳۱۴
۷۰-۱۰۰	۵/۶۱	۸/۲	۶/۳	۰/۲۸	۴/۱	۳۵۷
>۱۰۰	۹/۹۷	۷/۹	۲/۵	۰/۱۵	۱/۰	۳۲۰

جدول ۲- مشخصات فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (سانتی متر)	درصد اشباع	تجزیه مکانیکی			جرم مخصوص	تخلخل کل (درصد)	رطوبت وزنی (درصد)	
		درصد شن	درصد سیلت	درصد رس			ظرفیت مزرعهای پژمردگی دائم	نقطه ی
۰-۲۵	۴۱	۵۰	۳۴	۱۶	۱/۱۶	۵۶/۸	۲۸/۷	۱۱/۷
۲۵-۴۵	۴۶	۴۲	۳۶	۲۲	۱/۳۱	۵۴/۴	۲۸/۱	۱۶/۸
۴۵-۷۰	۴۹	۴۸	۲۷	۲۵	۱/۳۵	۵۱/۰	۳۳/۱	۱۷/۳
۷۰-۱۰۰	۶۹	۴۶	۳۰	۲۴	۱/۳۸	۴۸/۱	۳۰/۴	۱۵/۰
>۱۰۰	۳۳	۴۶	۳۹	۱۵	۱/۴۱	۴۴/۹	۱۷/۹	۹/۶

به کرت ها داده شد. کودهای فسفره و پتاسه به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم و کود نیتروژن طبق تیمارهای کودی از سه منبع سولفات آمونیم (N_1)، اوره (N_2) و نترات آمونیم (N_3) مصرف گردیدند. ابعاد کرت ها $۴ \times ۵ = ۲۰$ متر مربع بود.

گردید. همچنین خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است که نتایج نشان می دهد آب آبیاری محدودیتی ندارد.

عملیات کاشت: بعد از تعیین ویژگی های خاک، قطعه ی آزمایش شخم و بعد از دیسک زدن و کرت بندی، بذر گندم رقم الوند با تراکم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خطی کشت گردید

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

نسبت	درصد	میلی اکمی والان در لیتر							هدایت الکتریکی pH		
		سدیم مجموع کاتیون‌ها S.A.R.	سدیم Na ⁺	کلسیم + منیزیم Mg ²⁺ + Ca ²⁺	مجموع آنیون‌ها	سولفات SO ₄ ²⁻	کلر Cl ⁻	کربنات بیکربنات HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻			
جذب سدیم S.S.P.	۳۹	۱/۳۲	۰/۵۲	۰/۸	۲/۲۵	۰/۴	۰/۲۵	۱/۶	۰/۰	۷/۸	۰/۲۲۵

$$\overline{PWP} = \frac{\sum PWP_i D_i}{D} \quad (۳)$$

$$\overline{\rho b} = \frac{\sum \rho b_i D_i}{D} \quad (۴)$$

در روابط اخیر Di ضخامت هر یک از لایه‌های نیمرخ خاک و FC_i ، PWP_i و $8b_i$ به ترتیب رطوبت در ظرفیت مزرعای و نقطه‌ی پژمردگی دائم و جرم مخصوص ظاهری همان لایه می‌باشند.

بعد از تعیین AW و با این فرض که آبیاری باید زمانی که نصف آب قابل استفاده تخلیه شده باشد صورت گیرد، از رابطه‌ی زیر عمق آب آبیاری تعیین شد:

$$ID = \frac{AW}{2} \quad (۵)$$

به طور مرتب و با افزایش عمق ریشه‌دوانی، ID تعیین و پس از اندازه‌گیری تبخیر انباشته از تشتت کلاس A (CPE)، زمانی که نسبت ID/CPE به $۰/۴$ ، $۰/۶$ ، $۰/۸$ و ۱ می‌رسید به ترتیب تیمارهای I_1 تا I_4 آبیاری شدند. در تمام تیمارها مقدار آب ورودی به هر کرت توسط پارشال فلوم^۱ اندازه‌گیری شد.

تیمارهای کودی: تیمارهای کود نیتروژن بر

تیمارهای آبیاری: اعمال تیمارهای آبیاری بر اساس نسبت عمق آبیاری به تبخیر انباشته از تشتت کلاس A (ID/CPE) از اوایل بهار هر سال شروع گردید و در تیمارهای I_1 تا I_4 زمانی که این نسبت به ترتیب به $۰/۴$ ، $۰/۶$ ، $۰/۸$ و ۱ رسید، آبیاری انجام شد.

عمق آب آبیاری برای تمام تیمارها ثابت و برابر نصف آب قابل استفاده در منطقه‌ی ریشه بود (۱۷ و ۳۱).

برای تعیین عمق آب آبیاری در هر مرحله‌ی آبیاری، ابتدا عمق ریشه‌دوانی محصول با حفر نیمرخ مجاور یکی از بوته‌های حاشیه‌ی کرت توسط خط‌کش اندازه‌گیری و از طریق رابطه‌ی زیر آب قابل استفاده در آن عمق تعیین گردید:

$$AW = \frac{D(\overline{FC} - \overline{PWP})\overline{\rho b}}{100} \quad (۱)$$

در این رابطه D عمق مؤثر ریشه‌دوانی بر حسب سانتی‌متر و \overline{FC} ، \overline{PWP} و $\overline{\rho b}$ به ترتیب متوسط‌های وزنی رطوبت (درصد وزنی) ظرفیت مزرعای و نقطه‌ی پژمردگی دائم و جرم مخصوص ظاهری تا عمق D می‌باشند که توسط روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$\overline{FC} = \frac{\sum Fc_i D_i}{D} \quad (۲)$$

^۱- Parshal Flume (WSC, type-3)

دانه و تیمار I_1 با $11/48$ تن بایومس در هکتار و $3/93$ تن در هکتار عملکرد دانه به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند. نتایج مطالعات دانافر (۱۳۷۱) که در استان آذربایجان شرقی و در شرایط آب و هوایی مشابه این تحقیق صورت گرفته نشان داد که اختلاف بین تیمارها از نظر عملکرد معنی دار نبوده ولی بیشترین عملکرد از نظر عددی از تیمار آبی ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت به دست آمده است (۱). همچنین نتایج تحقیق کومار و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار ID/CPE برابر $1/2$ به دست آمده است، اختلاف عملکرد به دست آمده بین ضرایب $1/2$ و $0/9$ در میزان کودهای نیتروژنه‌ی کمتر معنی دار نبوده و فقط در میزان کود نیتروژنه‌ی 180 کیلوگرم در هکتار معنی دار شده بود و به نظر می‌رسد که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، رشد رویشی زیاد شده و در نتیجه‌ی آن، سطح تبخیر کننده و فتوسنتز کننده افزایش یافته و میزان عملکرد و نیاز آبی محصول بیشتر شده است (۲۸). در این تحقیق اختلاف عملکرد تیمارهایی که در آن‌ها ID/CPE برابر $0/6$ ، $0/8$ و 1 بود معنی دار نیست که با نتایج رضوی (۱۳۷۴)، سید حریری (۱۳۷۱)، عقداثی (۱۳۷۲)، عنابی میلانی (۱۳۸۳)، اهلیق و لمرت (۱۹۷۶)، پریهار و همکاران (۱۹۷۶) و شیمشی و همکاران (۱۹۸۱) مطابقت دارد (۲، ۴، ۵، ۷، ۱۸، ۳۶ و ۴۱). در اکثر مطالعات ثابت شده است که تبخیر- تعرق گیاه گندم $0/7$ تا $0/8$ تبخیر از تشت کلاس A می‌باشد و علت کوچک بودن این محدوده این است که کلیه‌ی عواملی که سبب تبخیر- تعرق از گیاه می‌شوند، بر فرآیند تبخیر از تشت تبخیر نیز تأثیر

مبنای 140 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (توصیه‌ی گروه حاصل خیزی خاک و تغذیه‌ی گیاه بخش تحقیقات خاک و آب استان آذربایجان شرقی بر اساس نتایج آزمون خاک) از منابع سولفات آمونیم (N_1)، اوره (N_2) و نترات آمونیم (N_3) بود که یک سوم آن هنگام کاشت، یک سوم هنگام ساقه رفتن و بقیه هنگام ظهور سنبله مصرف گردید.

عملیات داشت: در طول فصل رشد به موازات اعمال تیمارهای آبیاری و کودی، عملیات دیگر داشت مانند محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و مس در مرحله‌ی حداکثر رشد رویشی، مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی صورت گرفت.

عملیات برداشت: بعد از رسیدن، محصول کرت‌ها با حذف حاشیه در سطح 10 متر مربع برداشت و توزین شد (بایومس). سپس محصول هر کرت توسط خرمن‌کوب سنبله به طور مجزا بوجاری شده و دوباره وزن گردید (عملکرد دانه). از محصول هر کرت نمونه‌هایی برای تعیین درصد پروتئین به آزمایشگاه منتقل گردید و پروتئین نمونه‌ها با تعیین میزان نیتروژن آن‌ها و اعمال فاکتور $0/7$ تعیین گردید.

نتایج و بحث

عملکرد: از نظر عملکرد بیولوژیک (وزن کل اندام‌های هوایی) و دانه اختلاف بین تیمار I_1 با بقیه‌ی تیمارها در سطح یک درصد معنی دار بوده ولی بین تیمارهای I_2 ، I_3 و I_4 اختلاف معنی داری مشاهده نگردید (جدول ۴). تیمار I_4 با $15/49$ تن بایومس در هکتار و $5/68$ تن در هکتار عملکرد

بین منابع نیتروژن، به ندرت بیانگر اختلاف اساسی در کارایی بین منابع معمولی نیتروژن است (۳۸). همچنین تحقیقات گرو (۲۰۰۰) در زمینه مقایسه اثر سه منبع اوره، نترات آمونیم و محلول اوره- نترات آمونیم نشان داد که از نظر عملکرد محصول اختلاف اندکی بین منابع مختلف کودی وجود دارد و میزان بهینه مصرف کود نیتروژن کمتر تحت تأثیر نوع کود می باشد (۲۲). در برخی تحقیقات گزارش شده است که تمامی کودهای معمولی نیتروژن، به شرط آن که به طور صحیح به کار برده شوند (۳۸) و یا به طور یکنواخت پخش گردند (۳۰) اثر مشابهی خواهند داشت. البته نتایج برخی از تحقیقات نیز نشان می دهد که در بعضی شرایط، یک منبع خاص کود نیتروژن نسبت به منبع دیگر ارجحیت دارد. کامبراتو (۲۰۰۱) از مطالعه تأثیر فیزیولوژیکی آمونیم و نترات در محصولاتی مثل گندم، سورگوم و ذرت، نتیجه گرفت که آمونیم در مقایسه با نترات، ماده ی خشک بیشتری تولید می کند و تعداد پنجه و ریشه ی زیادتری ایجاد می گردد (۱۵).

می گذارند. در نتیجه نسبت تبخیر- تعرق به تبخیر از تشت کمتر به تغییرات شرایط آب و هوایی حساس است، به همین علت در نتایج بیشتر مطالعات این نسبت بسته به نوع رقم گندم مورد کاشت بین ۰/۷ تا ۰/۸ می باشد. لذا می توان نتیجه گرفت که در تیمارهای I₂، I₃ و I₄ نیاز آبی گیاه برآورده شده و میزان آب اضافی مصرفی در تیمارهای I₃ و I₄ نسبت به I₂ به صورت نفوذ عمقی از منطقه ریشه از دسترس گیاه خارج شده است ولی در تیمار I₁ گیاه تحت تنش رطوبتی بوده و نیاز آبی آن برآورد نشده است.

اختلاف عملکرد بیولوژیک و دانه بین تیمارهای کودی معنی دار نبود که با مطالعات مهدی زاده و شاهرخ نیا (۱۳۶۵) (۱۱)، جعفری و ملکوتی (به نقل از ۱۰) و ترابی و ملکوتی (به نقل از ۱۰) مطابقت دارد. آن ها نیز در آزمایش مقایسه ای اثر نترات آمونیم و اوره نتیجه گرفتند که منبع کودی نیتروژن بر روی عملکرد محصول تأثیر معنی داری ندارد. ساندر (۱۹۹۶) در گزارش خود تحت عنوان چگونگی کاربرد کود در گندم عنوان نموده است که تحقیقات در زمینه مقایسه ای

جدول ۴- نتایج عملکرد، اجزای عملکرد، مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف

تیمار	عملکرد		مقدار آب مصرفی (میلی متر)	کارایی مصرف آب* (کیلوگرم بر متر مکعب)		وزن هزار دانه (گرم)	پروتئین (درصد)	شاخص برداشت	تعداد آبیاری (روز)	متوسط دور
	(تن در هکتار)	کل		بر اساس دانه	بر اساس عملکرد					
I ₁	۸/۸۴	۳/۲۱	۱۳۹/۶	۶/۳۳	۲/۲۶	۴۱/۴۹	۱۳/۸۷	۰/۳۶	۴	۱۷
I ₂	۱۱/۶۳	۴/۰۸	۲۹۶/۶	۳/۹۲	۱/۳۸	۴۴/۲۸	۱۶/۲۳	۰/۳۵	۷	۹
I ₃	۱۱/۹۱	۴/۶۶	۳۶۸/۴	۳/۲۳	۱/۲۸	۴۶/۱۹	۱۴/۸۴	۰/۳۹	۹	۷
I ₄	۱۳/۰۸	۵/۲۷	۴۵۲/۶	۲/۸۹	۱/۱۶	۴۳/۵۰	۱۴/۰۰	۰/۴۰	۱۱	۶
N ₁	۱۱/۵۵	۴/۳۴		۴/۱۱	۱/۵۱	۴۴/۰۱	۱۴/۶۳	۰/۳۸		
N ₂	۱۱/۲۸	۴/۳۳		۴/۱۰	۱/۵۲	۴۳/۳۹	۱۴/۸۹	۰/۳۸		
N ₃	۱۱/۲۶	۴/۲۴		۴/۰۷	۱/۵۳	۴۴/۲۰	۱۴/۶۹	۰/۳۸		
سطح	%۵	%۵		%۱	%۱	%۱	%۱	%۱		
C.V. (%)	۱۳/۹۲	۱۶/۹۲		۱۳/۱۹	۱۴/۸۱	۲/۶۸	۱۴/۵۰	۸/۸۷		

۱۱	۱۰	۰/۳۳	۱۵/۱۵	۴۲/۴۹	۱/۵۷	a	۴/۸۸	a	۲۶۴/۹	۴/۱۷	b	۱۲/۹۲	I ₁	سال دوم (۱۳۷۷-۷۸)
۷	۱۵	۰/۴۰	۱۵/۰۶	۴۳/۰۸	۱/۴۶	a	۳/۷۲	b	۳۹۹/۳	۵/۸۴	a	۱۴/۸۷	I ₂	
۶	۲۰	۰/۳۸	۱۵/۲۲	۴۱/۳۸	۱/۰۸	b	۲/۸۵	c	۵۲۹/۷	۵/۷۱	a	۱۵/۱۲	I ₃	
۵	۲۴	۰/۳۶	۱۴/۸۱	۴۱/۰۷	۰/۸۴	b	۲/۳۸	c	۶۳۸/۸	۵/۳۴	a	۱۵/۱۲	I ₄	
		۰/۳۴	۱۴/۹۵	۴۲/۰۳	۱/۱۸		۳/۴۸			۴/۹۹		۱۴/۸۴	N ₁	
		۰/۳۸	۱۵/۲۶	۴۶/۶۱	۱/۳۰		۳/۴۹			۵/۵۲		۱۴/۴۹	N ₂	
		۰/۳۸	۱۴/۹۷	۴۲/۳۷	۱/۲۳		۳/۴۰			۵/۲۹		۱۴/۱۹	N ₃	
					%۱		%۱			%۱			سطح	
		۱۸/۱۶	۴/۷۱	۵/۳۱	۱۹/۶۱		۱۸/۸۲			۱۹/۸۳		۱۶/۷۵	C.V. (%)	
۷	۱۲	۰/۳۵	۱۴/۰۳	۳۷/۸۵	۱/۸۵	a	۵/۱۸	a	۲۴۴/۹	۴/۴۰	b	۱۲/۶۹	I ₁	
۵	۱۶	۰/۳۹	۱۲/۹۳	۳۸/۶۵	۱/۸۰	a	۴/۸۳	a	۳۱۹/۴	۵/۹۱	a	۱۵/۴۴	ab	
۴	۲۰	۰/۳۶	۱۳/۳۶	۳۸/۲۰	۱/۵۳	ab	۴/۳۳	ab	۳۸۹/۷	۵/۹۷	a	۱۶/۸۷	a	
۳	۲۶	۰/۳۶	۱۳/۸۷	۳۹/۱۵	۱/۲۸	b	۳/۶۲	b	۵۰۵/۰	۶/۴۴	a	۱۸/۲۷	a	
		۰/۳۶	۱۳/۶۶	۳۸/۱۳	۱/۵۵		۴/۳۰			۵/۵۴		۱۵/۴۰	N ₁	
		۰/۳۸	۱۳/۴۷	۳۸/۰۹	۱/۶۶		۴/۴۸			۵/۸۰		۱۵/۶۲	N ₂	
		۰/۳۵	۱۳/۵۰	۳۹/۱۸	۱/۶۳		۴/۶۷			۵/۷۱		۱۶/۴۴	N ₃	
					%۱		%۵			%۱		%۱	سطح	
		۱۴/۵۱	۹/۱۶	۴/۸۱	۲۲/۵۹		۱۹/۰۲			۲۰/۴۵		۱۷/۹۶	C.V. (%)	
۱۰	۹	۰/۳۵	۱۴/۳۵	۴۰/۶۱	۱/۸۹	a	۵/۴۷	a	۲۱۶/۴	۳/۹۳	b	۱۱/۴۸	b	نتایج ادغام شدهی سه سال
۷	۱۳	۰/۳۸	۱۴/۷۴	۴۲/۰۰	۱/۵۶	b	۴/۱۶	b	۳۳۸/۴	۵/۲۸	a	۱۳/۹۸	a	
۵	۱۶	۰/۳۸	۱۴/۴۷	۴۱/۹۲	۱/۲۹	c	۳/۴۷	c	۴۲۹/۳	۵/۴۵	a	۱۴/۶۳	a	
۴	۲۰	۰/۳۷	۱۴/۲۳	۴۱/۲۴	۱/۰۹	d	۲/۹۶	c	۵۳۲/۱	۵/۶۸	a	۱۵/۴۹	a	
		۰/۳۶	۱۴/۴۱	۴۱/۳۹	ab	۱/۴۲	۳/۹۷			۴/۹۶		۱۳/۹۳	N ₁	
		۰/۳۸	۱۴/۵۴	۴۱/۰۳	b	۱/۴۹	۴/۰۲			۵/۲۲		۱۳/۸۰	N ₂	
		۰/۳۷	۱۴/۳۹	۴۱/۹۱	a	۱/۴۶	۴/۰۵			۵/۰۸		۱۳/۹۶	N ₃	
					%۱		%۱			%۱		%۱	سطح	
		۱۳/۹۷	۱۰/۲۴	۳/۹۵	۲۰/۰۷		۱۶/۷۸			۱۹/۸۵		۱۶/۸۹	C.V. (%)	

* بدون احتساب آبیاری یکنواخت بعد از کاشت و میزان بارندگی

داشت. اختلاف بین سال های دوم و سوم از نظر آماری معنی دار نبوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و منابع کودی معنی دار نشد و این نشان می دهد که نوع کود نیتروژنه در نیاز آبی محصول بی تأثیر بوده است. مقدار آب مصرف شده: با توجه به نسبت های مختلف ID/CPE، مقدار آب مصرف شده در بین تیمارها اختلاف چشمگیر داشت و متوسط مقدار آب آبیاری در سه سال در طول دوره ی رشد با احتساب آبیاری یکنواخت بعد از

اختلاف عملکرد بیولوژیک و دانه بین سال های مختلف اجرا از نظر آماری معنی دار بود و سال سوم با تولید بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۵/۸۲ تن در هکتار) و دانه (۵/۶۸ تن در هکتار) بهترین سال و سال اول با تولید کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۱/۳۶ تن در هکتار) و دانه (۴/۳۰ تن در هکتار) نامساعدترین سال محسوب می شوند. علت پایین بودن عملکرد در سال اول شرایط نامطلوب خاک بود زیرا خاک محل اجرای آزمایش در سال اول EC بالایی (۵/۹۷ dS/m)

آب در شرایط کمبود آب خصوصاً زمانی که آبیاری در مراحل حساس به تنش صورت می‌گیرد، بسیار بالا می‌باشد (۱۸، ۲۰، ۲۷، ۲۸، ۳۵، ۳۷ و ۴۱). کارایی مصرف آب بر اساس مقدار عملکرد به ازای حجم آب مصرفی به صورت آبیاری محاسبه گردید و بر پایه ی عملکرد بیولوژیک و دانه تعیین شد. نتایج به دست آمده نشان داد که کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک و دانه بین تیمارهای مختلف آبیاری، معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). در بین تیمارهای آبیاری تیمار I₁ با تولید ۵/۴۷ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک و ۱/۸۹ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر متر مکعب آب، بیشترین کارایی و تیمار I₄ با تولید ۲/۹۶ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک و ۱/۰۹ کیلوگرم دانه به ازای یک متر مکعب آب کمترین کارایی را داشتند. از نظر کارایی مصرف آب بر پایه ی عملکرد بیولوژیک و محصول دانه، هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین منابع کود نیتروژنه مشاهده نگردید. همچنین اثر متقابل منابع کودی و آب آبیاری نیز بر کارایی مصرف آب بی‌تأثیر بود.

مقایسه ی کارایی مصرف آب در سال‌های مختلف آزمایش نشان داد که اختلاف موجود بین سال‌های اجرای آزمایش از نظر آماری معنی‌دار و سال سوم با ۴/۴۹ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک و ۱/۶۱ کیلوگرم محصول دانه به ازای هر متر مکعب آب بهترین سال و سال دوم با ۳/۴۵۶ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک و ۱/۲۴ کیلوگرم دانه به ازای مصرف هر متر مکعب آب نامساعدترین سال بودند. اختلاف سال سوم و سال اول از نظر آماری معنی‌دار نبوده و هر دو در یک گروه آماری

کاشت (۷۰ میلی‌متر) و میزان بارندگی (۱۶۹/۲ میلی‌متر)، از تیمار I₁ تا I₄ به ترتیب برابر ۴۵۵/۶، ۵۷۷/۶ و ۶۶۸/۵ و ۷۷۱/۳ میلی‌متر بود. متوسط سه ساله ی مقدار تبخیر در طول دوره ی رشد بهاره (بدون احتساب تبخیر پاییز و زمستان) برابر ۶۷۴/۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نسبت کل آب مصرف شده به صورت آبیاری در طول فصل رشد به تبخیر انباشته از تشت تبخیر کلاس A از تیمار I₁ تا I₄ به ترتیب ۰/۴۲، ۰/۶۱، ۰/۷۴ و ۰/۸۹ بوده در حالی که نسبت کل آب مصرف شده با احتساب بارندگی به تبخیر کل، از تیمار I₁ تا I₄ به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۷۵، ۰/۸۹ و ۱/۰۴ بود. با توجه به تحقیقات متعددی که در این زمینه صورت گرفته است (۲، ۴، ۵، ۷، ۸، ۱۸، ۳۴ و ۳۹) می‌توان نتیجه گرفت که در تیمارهای I₃ و I₄ کل میزان آب مصرف شده بیش از نیاز آبی محصول می‌باشد و بخشی از آن به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شده است. فرشی و همکاران (۱۳۷۶) نیاز آبی گندم در دشت تبریز را برابر ۵۱۱/۶ میلی‌متر برآورد کرده‌اند (۸) که با تیمار I₂ در آزمایش ما (۵۷۷/۶ میلی‌متر) مطابقت بیشتری دارد. همچنین عنابی میلانی (۱۳۸۳) در تحقیقی چهار ساله برای تعیین نیاز آبی و تبخیر- تعرق گندم توسط لایسیمتر، متوسط نسبت تبخیر- تعرق به تبخیر از تشت کلاس A را در طی دوره ی رشد ۰/۷۱ به دست آورد (۷) که با تیمار I₂ هم‌خوانی بیشتری دارد.

کارایی مصرف آب: مقادیر کارایی مصرف آب در نقاط مختلف دنیا از ۰/۴۴ (۲۵) تا ۱/۹ (۳۵) کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است. بعضی از مطالعات نشان داده است که کارایی مصرف

قرار گرفتند.

(جدول ۴) و متوسط شاخص برداشت برابر ۰/۳۷ به دست آمد. اثر متقابل آبیاری و منابع کود نیتروژنه نیز از نظر شاخص برداشت معنی دار نبود. به نظر می رسد به علت آن که تیمارهای آبیاری و کودی ضمن تغییر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک را نیز تغییر داده اند، نسبت شاخص برداشت تقریباً ثابت باقی مانده است، مگر آن که تنش های خشکی و یا تغذیه ای در مرحله ی خاصی از رشد فنولوژیکی مثل دانه بستن باعث کاهش بیشتر محصول دانه نسبت به کاه و کلش شده و شاخص برداشت را کاهش دهد، نتیجه ای که در سال اول آزمایش به دست آمد و سبب اختلاف معنی دار بین تیمارهای آبیاری در آن سال گردید و تیمار I₄ با ۰/۴۰، شاخص برداشت بالاتری را نشان داد (جدول ۴).

پروتئین: درصد پروتئین با اندازه گیری نیتروژن کل دانه ها و اعمال ضریب ۵/۷ به دست آمد. همان طوری که جدول ۴ نشان می دهد اختلاف بین تیمارها از نظر درصد پروتئین معنی دار نبوده و متوسط پروتئین ۱۴/۴۵ درصد اندازه گیری شد. ولی در سال اول اجرای آزمایش اختلاف بین تیمارهای آبیاری از نظر پروتئین دانه معنی دار گردید و تیمارهای I₂ و I₃ نسبت به تیمارهای دیگر میزان پروتئین بیشتری داشتند. اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژنه نیز معنی دار نبود، در حالی که اثر سال بر روی درصد پروتئین معنی دار شد و سال دوم اجرا با ۱۵/۰۶ درصد بیشترین میزان پروتئین و سال سوم اجرا با ۱۳/۵۴ درصد کمترین میزان پروتئین را به خود اختصاص دادند، ولی اختلاف سال دوم و اول معنی دار نبوده و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند.

وزن هزار دانه: اختلاف بین تیمارهای آبیاری

از نظر وزن هزاردانه تنها در سال اول اجرا معنی دار گردید ولی نتایج ادغام شده نشان داد که اختلاف ها معنی دار نبوده (جدول ۴) و متوسط وزن هزاردانه برابر ۴۱/۴۴ گرم بود. از نظر وزن هزاردانه اختلاف بین تیمارهای کودی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بوده و منبع کودی نیترات آمونیم با ۴۱/۹۱ گرم بیشترین و منبع کودی اوره با ۴۱/۰۴ گرم کمترین وزن هزاردانه را بخود اختصاص دادند (جدول ۴). از نظر وزن هزاردانه نیز اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژنه معنی دار نبود.

نتایج همچنین نشان داد که اثر سال بر روی وزن هزار دانه از نظر آماری معنی دار بوده و سال اول اجرا با ۴۳/۸۷ گرم و سال سوم با ۳۸/۴۶ گرم به ترتیب مساعدترین و نامساعدترین سال می باشند.

شاخص برداشت: شاخص برداشت عبارتست

از نسبت وزن دانه به وزن کل اندام های هوایی. به نظر گیفورد و اوانز (۱۹۸۱) بهترین شاخص برداشت در حدود ۰/۵ می باشد (۲۲). نتایج برخی از محققین نشان داده است که شاخص برداشت ارقام پرمحصول، بین ۰/۳۸ تا ۰/۵ می باشد (۳۱). بیشترین شاخص برداشت گزارش شده در گندم، ۰/۶ می باشد (۲۳). کمترین شاخص برداشت در حدود ۰/۲ بوده و از مان هاتان (۱۳)، جنوب ایران (۳۳) و استرالیا (۳۲) گزارش شده است. در این تحقیق اختلاف بین تیمارهای آبیاری و منابع کود نیتروژنه از نظر شاخص برداشت معنی دار نبود

نتیجه گیری کلی

به راحتی می توان برای زراعت گندم در دشت تبریز بر حسب شرایط اقتصادی و قیمت کود هر نوع کودی را به کار برد ولی بررسی ها نشان داده است که تحت شرایط pH بالای خاک و قدرت تبخیرکنندگی زیاد اتمسفر و به ویژه هنگامی که بقایای گیاهی در سطح خاک زیاد است، ممکن است تصعید نیتروژن از سطح خاک شدید باشد. تحت چنین شرایطی نیترات آمونیم نسبت به کودهای دیگر برای استفاده ی سرک ترجیح می یابد. همچنین در شرایط تبخیر پایین، با توجه به وجود بنیان اسیدی کود سولفات آمونیم (خاصیت اسیدی سولفات آمونیم ۵/۲۴- است در حالی که این خاصیت برای نیترات آمونیم و اوره به ترتیب ۱/۷۴- و ۱/۸۳- می باشد) (۱۵) و از طرفی آهکی بودن بیشتر خاک های استان و pH بالای آن ها، احتمالاً کاربرد این کود در تعدیل pH ریزوسفر و تحرک بیشتر عناصر غذایی مفید خواهد بود. همچنین کود نیترات آمونیم به دلیل داشتن هر دو نوع نیتروژن قابل جذب (یون های نیترات و آمونیم) و آب شویی کمتر نیز ترجیح دارد (۱۰). البته درصد بالای ازت کود اوره (۴۶ درصد) نسبت به کودهای سولفات آمونیم (۲۱ درصد) و نیترات آمونیم (۳۴ درصد) را نباید از اذهان دور داشت.

با توجه به جدول ۴ ملاحظه می شود که اختلاف بین تیمارهای I₂، I₃ و I₄ از نظر عملکرد بیولوژیک و دانه معنی دار نیست، در حالی که از نظر مقدار آب مصرف شده اختلاف زیاد می باشد. در نتیجه آبیاری براساس ID/CPE برابر ۰/۶ نه تنها باعث کاهش معنی دار عملکرد نخواهد شد بلکه در حدود ۲۱ درصد نسبت به رژیم آبیاری ID/CPE = ۰/۸ و ۳۶ درصد نسبت به رژیم آبیاری ID/CPE = ۱ در مصرف آب صرفه جویی می گردد که در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار حائز اهمیت بوده و به همان نسبت می توان سطح زیر کشت را افزایش داد که این مسئله در کارایی مصرف آب بالای تیمار I₂ نسبت به تیمارهای I₃ و I₄ کاملاً مشهود است. البته در شرایط محدودیت شدید آب حتی می توان از رژیم آبیاری ID/CPE برابر ۰/۴ نیز استفاده نمود زیرا در این تیمار کارایی مصرف آب به حداکثر خود رسیده است هرچند که عملکرد نسبت به تیمارهای دیگر به طور معنی داری کاهش یافته است ولی اگر عملکرد نیز مورد توجه باشد تیمار I₂ ترجیح می یابد.

هرچند که نتیجه ی آزمایش اختلاف قابل توجهی را بین منابع مختلف کود نیتروژنه نشان نداد و

منابع

- ۱- دانافر، ی. ۱۳۷۱. بررسی نیاز آبی و مناسب ترین زمان آبیاری گندم در مراغه (عجبشیر). مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، نشریه ی شماره ی ۷۱/۲۹۱.
- ۲- رضوی، ر. ۱۳۷۴. تعیین میزان حساسیت گندم به آب در مراحل مختلف رشد. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، نشریه ی شماره ی ۷۴/۴۵۱.
- ۳- سنجرخانی، م. ۱۳۴۸. روش های تجزیه ی فیزیکی خاک، مؤسسه ی تحقیقات خاک و آب، نشریه ی

- شماره ۴۹۸.
- ۴- سیدحریری، ع. ۱۳۷۱. بررسی اثرات آب آبیاری و کود بر روی گندم. مجموع مقالات پنجمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صفحات ۱۰-۲.
- ۵- عقدائی، م. ۱۳۷۲. تعیین نیاز آب و کود ارقام گندم (عدل و آزادی). مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، نشریه شماره ۷۱/۲۵۵.
- ۶- علی احيائي، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه ی شیمیایی خاک، چاپ اول. انتشارات مؤسسه ی تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳.
- ۷- عنابی میلانی، ا. ۱۳۸۳. گزارش نهایی طرح تعیین و ارزیابی ضریب گیاهی در طول دوره ی رشد برای گندم در دشت تبریز. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، نشریه شماره ۸۳/۷۹۳، صفحات ۱۹-۲۸.
- ۸- فرشی، ع. ا.، م. ر. شریعتی، ر. جاراللهی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م.م. تولایی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده ی زراعی و باغی کشور، جلد اول، نشر آموزش کشاورزی.
- ۹- مرادمند، ر. ۱۳۶۹. تعیین نیاز آبی ارقام گندم در ایستگاه چهار تخته (رقم امید). گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری.
- ۱۰- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، کرج.
- ۱۱- مهدی‌زاده، ی. و ع. شاهرخ‌نیا. ۱۳۶۵. گزارش نهایی طرح مقایسه ی اثرات اوره با نیترات آمونیم در مناطق مختلف شیراز. مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس، شیراز.
- 12- Agarwal, S.K., and S.K. Yadav. 1978. Effect of nitrogen and irrigation levels on the growth and yield of wheat. *Indian J. Agron.* 23:137-143.
- 13- Asrar, G., and E.T. Kanemasu. 1985. Seasonal distribution of water use and photosynthetic efficiencies in winter wheat. *Proc. Int. Conf. Crop Water Requirements, Paris.* 11-14 Sept.
- 14- Bunyolo, A., K. Munyinda, and R.E. Karamanos. 1985. The effect of water and nitrogen on wheat yield on a Zambian soil. II. Evaluation of irrigation schedules, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16:43-53.
- 15- Camberato. J.J. 2001. Nitrogen in soil and fertilizers. *SC Turfgrass Foundation News, Vol. 8 (1):* 6-10.
- 16- Choudhary, P.N., and V. Kumar. 1980. The sensitivity of growth and yield of dwarf wheat to water stress at three growth stages. *Irrig. Sci.* 1:223-231.
- 17- Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. *FAO Irrig. Drain. Pap.* 33. FAO, Rome.
- 18- Ehlig, C.F., and R.D. LeMert. 1976. Water use and productivity of wheat under five irrigation treatments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:750-755.
- 19- Ferguson, R.B., E.J. Penas, C.A. Shapiro, and G.W. Hergert. 1994. Fertilizer nitrogen: Best management practices. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. U.S.A.

- 20- Fischer, R.A. 1970. The effects of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. Proc. Symp. Plant responses to climatic factors, Uppsala, Sweden. 15-20 Sept.
- 21- Gifford, R.M., and L.T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. Annu. Rev. Plant Physiol. 32:485-509.
- 22- Grove, J.H. 2000. Nitrogen management for no-tillage wheat following corn or full-season soybeans. <http://www.ca.uky.edu/ukrec/RR1999-2000/99-00pg25.pdf>
- 23- Hanks, R.J., and R.B. Sorensen 1984. Harvest index as influenced in spring wheat by water stress. p. 205-209. In W. Day and R.K. Atkins (ed.) Wheat growth and modeling. NATO ASI Series A: Life Sciences Vol. 86. Plenum Press, New York.
- 24- http://virtual.clemson.edu/groups/.../twi/Soil_and_fertilizer_N.pdf
- 25- <http://www.uky.edu/Agriculture/Wheat/nitrogen.html>
- 26- Jalota, S.K., S.S. Prihar, B.A. Sandhu, and K.L. Khera. 1980. Yield, water use, and root distribution of wheat as affected by presowing and postsowing irrigation. Agric. Water Manage. 2:289-297.
- 27- Jensen, M.E., and W.H. Sletten. 1965. Evapotranspiration and soil moisture-fertilizer interrelations with irrigated winter wheat in the southern High Plains. U.S. Dept. Agric. Conserv. Res. Rep. 4.
- 28- Kumar, A., D.K. Sharma, and H.C. Sharma. 1995. Water and nitrogen needs of wheat (*Triticum aestivum*) in sodic soil. Indian J. Agricultural Sciences 65 (5): 323-327.
- 29- Lal, R.B. 1985. Irrigation requirement of dwarf durum and aestivum wheat varieties. Indian J. Agron. 30:207-213.
- 30- Miller, D.E. 1977. Deficit high-frequency irrigation of sugarbeets, wheat, and beans. p. 269-282. In Proc. Conference Water Management for irrigation and drainage. Am. Soc. Civ. Eng., Reno, NV. 20-22 July 1977.
- 31- Miller, D.E., and A.N. Hang. 1982. Deficit, high-frequency sprinkler irrigation of wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:386-389.
- 32- Murdock, L. 1990. Nitrogen fertilization of wheat. University of Kentucky.
- 33- Musick, J.T., and K.B. Porter. 1990. Wheat. In B.A. Stewart and D.R. Nielsen (ed.) Irrigation of agricultural crops. Agronomy 30:597-638.
- 34- Passioura, J.B. 1977. Grain yield, harvest index, and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43:117-120.
- 35- Poostchi, I., I. Revohani, and K. Razmi. 1972. Influence of levels of spring irrigation and fertility on yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under semiarid conditions. Agron. J. 64:438-440.
- 36- Prihar, S.S., K.L. Khera, E.S. Sandhu, and B.S. Sandhu. 1976. Comparison of irrigation schedules based on pan evaporation and growth stages in winter wheat. Agron. J. 68:650-653.
- 37- Rao, Y.G., and R.B.L. Bhardwaj. 1981. Consumptive use of water, growth and yield of *aestivum* and *durum* wheat varieties at varying levels of nitrogen under limited and adequate irrigation situations. Indian J. Agron. 26:243-250.
- 38- Sander, D.N. 1996. How to apply fertilizer to wheat. Published by Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. <http://ianrpubs.unl.edu/FieldCrops/g889.htm>
- 39- Schneider, A.D., J.T. Musick, and D.A. Dusek. 1969. Efficient wheat irrigation with limited water. Trans. ASAE 12:23-26.
- 40- Schopor, R.P., and P. Carson. 1981. Nitrogen management. South Dakota State University. http://www.abs.sdstate.edu/abs/plantsci_pubs/fs752.htm

- 41- Shimshi, D., S. Gairon, J. Rubin, M. Khilfa, and Y. Khilmi. 1981. Field crops: Wheat. p. 7-15. *In* J. Shalhevet et al. (ed.) Irrigation of field and orchard crops under semiarid conditions. Int. Irrig. Inf. Cent. (Israel) Publ. 1.
- 42- Singh, A. 1978. Response of late sown wheat to N fertilization and irrigation management in western Rajasthan. *Indian J. Agron*, 23:44-48.
- 43- Singh, N.T., A.C. Vig, R. Singh, and M.R. Choudhary. 1979. Influence of different levels of irrigation and nitrogen on yield and nutrient uptake of wheat. *Agron. J.* 71:401-404.