

اثر شروع آبیاری در مقادیر مختلف رطوبت قابل استفاده در خاک بر عملکرد محصول گندم زمستانه در کرج

رمضان طهماسبی و حسین فرداد

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۲۹/۱۰/۷۸

خلاصه

به منظور تعیین اثر دوره آبیاری و تخلیه رطوبت خاک بر محصول گندم زمستانه (تریتی کوم آستیوم) واریته روشن تحقیقی در مزرعه آزمایشی دانشکده در دوسال (۷۰-۱۳۶۸) در ۷ تیمار: تیمار اول بدون آبیاری (فقط یک آبیاری خاکاب به ارتفاع ۷۵ میلیمتر بعد از بدر پاشی) و ۶ تیمار بقیه با ۱۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق ماکزیمم (ET_m) که بر مبنای فرمول بلانی و کریدل و باران موثر به روش S.C.S محاسبه شده است بعمل آمد. آبیاری پس از تخلیه آب خاک به میزان ۱۰، ۲۵، ۵۰، و ۷۵٪ آب قابل استفاده برای گیاه انجام شده است. این آزمایش نشان داد که: مقدار آب مصرفی بر عملکرد: کل (عملکرد بیولوژیکی)، محصول دانه، طول خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه و بر دیگر اجزاء عملکرد تاثیر می نماید. تغییرات عملکرد دانه از ۱۷۱۰ تا ۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. در پاییز سال ۱۳۶۸ خاک تمام تیمارها تا ظرفیت نگهداری آبیاری شده است و در دوره های بعدی: آبیاری تیمارها پس از تخلیه ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ آب سهل الوصول انجام شده و محصول دانه حاصله به ترتیب ۳۳۸۴، ۳۰۵۰، ۳۰۹۴ و ۲۲۷۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. راندمان آب مصرفی ۱/۱۳، ۱/۰۵، ۰/۹۲ و ۰/۸۶ کیلوگرم در متر مکعب محاسبه شده است. در سال دوم میزان محصول دانه ۲۱۸۷، ۲۶۲۰، ۲۵۱۸، ۱۸۰۳ و ۱۷۱۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است.

واژه های کلیدی: آبیاری، نیاز آبی گندم، مصرف بهینه آب برای تولید گندم زمستانه

مقدمه

در چند دهه گذشته در اکثر پروژه های آبیاری کشور، نیاز آبی محصول را با روش تجربی بلانی کریدل، پنمن، بلانی کریدل اصلاح شده و طشتک تبخیر برآورد می کنند و در چند سال اخیر هم از روش پنمن ماتیس استفاده می شود ولی در عین حال همه این روشها بطور تجربی بوده و تنها برای برآورد نیاز آبی بکار می روند و نیاز واقعی و یا نیاز اقتصادی آب برای آبیاری محصول در مناطق مختلف کشور و برای محصولات مختلف ممکن است با این برآوردها متفاوت باشد. لذا لازم است تحقیقات محلی و منطقه ای برای کاربرد واقعی تر این روشها به عمل آیند.

تولید مواد غذایی در سالهای اخیر نقش اساسی را در حفظ استقلال کشور پیدا کرده است و تحقیقات جهان در جهت یافتن مواد

غذایی جدید و بالابردن عملکرد در واحد سطح و بهره برداری حداکثر از پتانسیل های موجود کشاورزی هدایت می شوند. با توجه به رشد جمعیت کمبود غذا و نیاز به آن در سطح جهان روز به روز بیشتر نمایان می شود. و از طرفی هم در اکثر مناطق جهان محدودیت آب خیلی بیشتر از محدودیت خاک برای تولید کشاورزی است. لذا باید از واحد حجم آب حداکثر استفاده رانمود و در تولید هر چه بیشتر محصول تحقیقات و برنامه ریزی لازم صورت گیرد. در ایران حدود ۷/۵ میلیون هکتار اراضی زراعی و باغی به صورت آبی و نیمه آبی کشت می شوند و تقریباً در چند دهه اخیر حدود ۵۰٪ از اراضی زراعی آبی به کشت گندم آبی اختصاص داشته است ولی متأسفانه راندمان کاربرد آب در این بخش هنوز رضایت بخش نیست و در بعضی از برآوردها راندمان آبیاری از ۱۵ تا ۲۵ درصد گزارش

(۱۹۷۳-۱۹۸۷) ایستگاه هواشناسی مزرعه دانشکده کشاورزی کرج و بارشهای بلینی‌کریدل اصلاح شده، پن‌من، تورنت ویت، پن‌من اصلاح شده، روش تشعشع و همچنین با روش طشتک تبخیر (ETM) انجام گرفت. همچنین پس از برآورد باران مؤثر (R_e) بارش S.C.S برنامه ریزی آبیاری بر مبنای تخلیه درصدهای ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ از عمق آب قابل استفاده بایکارگیری رابطه مقابل انجام شد.

$$T = \frac{DAP}{ET_m - R_e}$$

که در این رابطه:

T - دور آبیاری به روز

D - عمق خاک منطقه به میلی متر

A - درصد حجمی رطوبت خاک

P - درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در عمق ریشه برای گیاه

ET_m - تبخیر و تعرق ماکزیمم به میلی متر در روز

R_e - بارش مؤثر به میلی متر در روز

برای کنترل میزان رطوبت خاک یک روز پس از آبیاری و نیز یک روز قبل از آبیاری بعدی، نمونه برداری از سه عمق ۲۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر صورت گرفت و کنترل واقعی آنچه که برآورد شده بود انجام گردید و پس از اندازه‌گیری و اعمال شروع آبیاری بانسبت‌های مختلف تخلیه آب قابل استفاده مورد نظر، واز پیش طراحی شده آبیاری، تکرارها و تیمارها بصورت نشتی انجام گرفت. براساس این برنامه ریزی معمولاً دور آبیاری از تیمار اول تا چهارم بترتیب ۳، ۷، ۱۰ و ۱۹ روز بود. بجز در روزهای بارانی اعمال درصد‌های تخلیه آب قابل استفاده مورد نظر و ضرورت داشت این دور آبیاری اصلاح می شد. خاک مزرعه دارای شرایط زهکشی طبیعی خوبی می‌باشد و هیچگونه محدودیتی از نظر شوری و یا قلیایی نداشت و همینطور سفره‌های آب زیرزمینی سطحی وجود نداشت.

جدول ۴ میزان آب مصرفی و عملکرد در ازای یک واحد آب مصرفی و نهایتاً راندمان کاربرد آب نشان داده شده است.

می‌شود و با توجه به میزان بارش و محدودیت منابع آبی کشور ضروری است به این موضوع پرداخته شود که برآورد دقیق نیاز واقعی آب برای هر محصول در هر منطقه ایران اولین قدم در این مسیر می‌باشد. علی‌رغم اینکه بارش متوسط سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر متوسط بارش سالانه جهان است. سهم مصرف آب کشاورزی از کل آب قابل استحصال کشور حدود ۹۴٪ برآورد می‌شود که این نسبت مقام دوم پس از کشور افغانستان در جهان است. بنحوی که این نسبت به طور متوسط در جهان حدود ۷۰٪ و سهم بخش صنعت و بخش شرب در جهان به ترتیب ۲۲٪ و ۸٪ می‌باشد. درحالی‌که سهم مصرف آب بخش‌های صنعت شرب در ایران به ترتیب حدود یک درصد و ۵ درصد است.

این تحقیق قدمی در جهت تعیین بازده بهینه استفاده آب در تولید گندم و تعیین زمان مناسب برای آبیاری مجدد بر اساس درصد تخلیه آب قابل استفاده در خاک می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی در سال ۶۸-۶۹ به انجام رسید و طرح آزمایشی بکاررفته، طرح مربع لاتین بود. در این آزمایش چهار تیمار و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. مشخصات فیزیکی و حاصلخیزی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول‌های ۱ و ۲ داده می‌شود.

برای این کار مزرعه ای به مساحت ۶۰۰ متر مربع انتخاب شده و در پاییز سال ۱۳۶۸ در این مزرعه گندم روشن کشت شد و ۱۶ کرت ۴ متر در ۴ متر انتخاب شد و تیمارها و تکرارهای مختلف تعیین گردید. میزان بذر مصرفی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بکار رفت.

به منظور تقویت زمین قبل از کشت ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۳۵ کیلوگرم فسفات آمونیم در هر هکتار مصرف گردید و محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل با استفاده از آمار هواشناسی ۱۵ ساله

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی و رطوبتی نیمرخ خاک (میانگین سه نمونه)

ظرفیت آب قابل استفاده میلیمتر (mm)	ظرفیت مزرعه		نقطه پژمردگی		وزن مخصوص ظاهری خاک gr/cm ³	بافت خاک			لایه های خاک (cm)
	ظرفیت مزرعه درصد وزنی	ظرفیت مزرعه درصد حجمی	نقطه پژمردگی درصد وزنی	نقطه پژمردگی درصد حجمی		رس	سیلت	شن	
۳۴/۴	۳۴/۹	۲۳/۱	۱۷/۷	۱۱/۲	۱/۵۸	۲۳/۴	۴۵/۶	۳۱	۰ - ۲۰
۲۶/۲	۳۰/۵	۱۹/۴	۱۷/۴	۱۱/۱	۱/۵۷	۲۱/۸	۴۶/۱	۳۲/۱	۲۰ - ۴۰
۳۴/۸	۳۲/۶	۲۱/۰	۱۵/۲	۹/۸	۱/۵۶	۱۹/۴	۵۳/۳	۲۷/۳	۴۰ - ۶۰
۳۱/۸	۳۲/۷	۲۰/۷	۱۶/۸	۱۰/۷	۱/۵۷	۲۱/۵	۴۸/۳	۳۰/۱	میانگین سه لایه

جدول ۲ - نتایج حاصلخیزی خاک مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی کرج (متوسط سه نمونه)

عمق لایه (cm)	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)	کربن آلی C (%)	کل ازت N (%)	فسفر قابل جذب P (%)	پتاسیم K (ppm)
۰ - ۲۰	۴/۲	۰/۴۳	۰/۰۴	۱۰/۲	۱۸۰
۲۰ - ۴۰	۵/۳	۰/۳۳	۰/۰۴	۶/۴	۱۴۵
۴۰ - ۶۰	۵/۹	۰/۲۷	۰/۰۲	۴/۳	۱۲۰

جدول ۳ - مراحل رشد گندم در مزرعه تحقیقاتی و ضرائب KC

تاریخ برداشتی	مراحل رشد	شروع مرحله رشد ۴ (IS)	مرحله رشد ۳ (DS)	مرحله خواب زمستانه	مرحله میانی ۲ MS	مرحله پایانی ۱ برداشت (H)
۶۸/۸/۱۵	درصد پوشش خاک توسط گیاه گندم ۰ تا ۱۰ %	۱۰ تا ۷۰ %	۷۰ تا ۱۰ %	-	۷۰ % تا رسیدن شروع رسیدن تا برداشت	برداشت
-	مدت هر مرحله	۱۵ روز	۱۵ روز	۸۵ روز	۶۰ روز	۲۲ روز
-	وتاریخ	۹/۱۹ - ۹/۴	۱۰/۴ - ۹/۲۰	۱/۱ - ۱۰/۵	۲/۳۰ - ۱/۲	۳/۲۲ - ۲/۳۱
-	KC پیشنهادی	۰/۴	۰/۶	-	۱/۲	۰/۷۵
		4 - Initial step	3- Developed step	2- Middle step	1 - Harvesting step	

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از نمونه هایی که از یک متر مربع مرکز پلاتها تهیه شده بود استخراج شدند و میانگین های تکرار هر تیمار با یکدیگر به روش استاندارد طرح مربع لاتین تجزیه و

مراحل رشد گندم در مزرعه تحقیقاتی و KC یا ضریب گیاهی پیشنهادی هر مرحله از کاشت تا برداشت و مدت هر دوره در جدول ۳ مطابق آنچه که مشاهده شده است ، نشان داده شده است.

جدول ۴ - تعیین آب مصرفی در دوره آبیاری (ET_s) و شاخص استرس

نام تیمارها	I	II	III	IV	ملاحظات
	۱۰%	۲۵%	۵۰%	۷۵%	
دوره آبیاری به روز	۳	۷	۱۰	۱۹	
تعداد آبیاری (مرتبه)	۲۳	۱۱	۷	۴	
میزان آب مصرفی فقط با آبیاری (میلیتر)	۳۰۴/۵	۳۱۶	۳۲۶	۲۵۵	
بارش موثر قبل از فصل آبیاری و در فصل آبیاری	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	بر حسب mm
تغییرات رطوبت (میلیتر)	۹۸	۸۵	۷۲	۶۰	رطوبت در عمق ۶۰-۰
آب آبیاری + باران موثر به میلیتر**	۴۳۴/۵	۴۳۶	۴۵۶	۳۸۵	کل آب مصرفی
عملکرد تیمارها (هکتار/کیلوگرم)	۳۳۸۴	۳۰۴۹/۵	۳۰۴۹/۲۵	۲۲۷۲/۵	عملکرد دانه گندم
شاخص تنش (YSI)	۱۰۰	۹۰	۹۱/۵	۶۷	

** تغییرات رطوبت در شروع آبیاری بوده است (بطور میانگین از چهار نمونه در ۴ تاریخ آبیاری)

تحلیل انجام گرفت و باین روش تجزیه و تحلیل عملکرد های تیمارهای اول و دوم و سوم با میانگین عملکرد تیمار چهارم اختلاف معنی دار داشت که اختلاف تیمار اول با چهارم برابر با ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

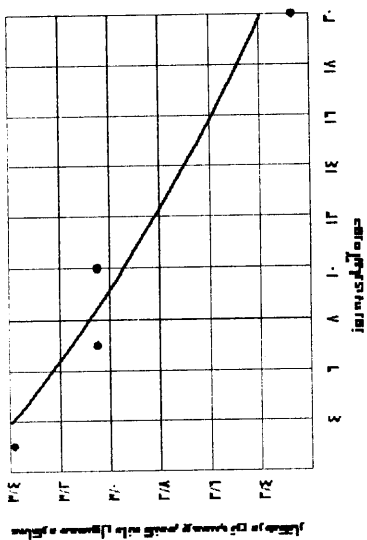
دقت آزمایش (CV) بدست آمده براساس طرح مربع لاتین برابر با ۲۰/۸ درصد و بر اساس روش طرح بلوکهای کامل تصادفی ۲۲/۷ درصد بدست آمد که در هر دو مورد قابل قبول است بعبارت دیگر چون در هر دو مورد (CV) کمتر از ۲۵ درصد است در نتیجه دقت آزمایش خوب بوده است.

همچنین نظر به اینکه فائو میزان نیاز آبی گندم رادر ایران از ۴۵۰ تا ۶۰۰ میلیمتر برآورد کرده است، نتایج این تحقیق نشان می دهد که در صورت مدیریت آبیاری مطلوب و راندمان پخش خوب آب در مزرعه استفاده مقدار ۳۵۰ میلیمتر هم کافی خواهد بود که حدود ۲۵% صرفه جویی در مصرف آب را عاید می سازد.

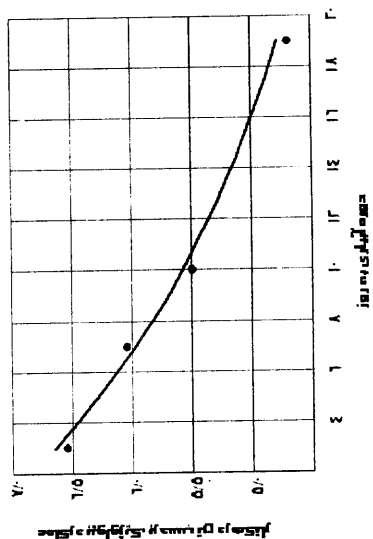
با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج، به روش طرح بلوکهای کامل

تحلیل آماری شدند. باتوجه به مقادیر عملکرد محصول دانه گندم و مقدار آب مصرفی، نتایج زیر برای تیمارها حاصل شد. برای تیمار اول تا چهارم که قبلاً معرفی شدند. راندمان مصرف آب یا تولید دانه گندم به ازای یک متر مکعب آب عبارتند از ۰/۹۷، ۰/۸۹، ۰/۸۰، و ۰/۷۲ کیلوگرم. همچنین عملکرد کاه به ازای مصرف هر متر مکعب آب آبیاری از تیمار ۱ تا ۴ بترتیب از ۱/۳، ۰/۹۶، ۰/۸۷، ۰/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی بودند.

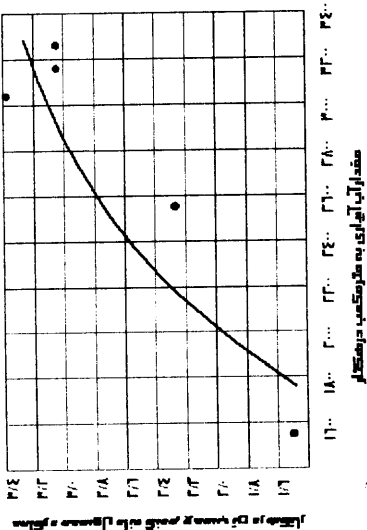
از تجزیه و تحلیل آماری نتایج، روشن شد که اختلاف معنی داری بین عملکردهای دانه گندم در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵% وجود نداشت. به سخن دیگر چنانچه آبیاری در هنگام مصرف ۱۰% آب قابل استفاده صورت بگیرد و یا در هنگام مصرف ۷۵% آب قابل استفاده خاک انجام شود، تولید محصول دانه گندم در ۹۵ مورد از یکصد مورد یکسان خواهد بود و معمولاً هنگامیکه اختلاف معنی دار نباشد از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) استفاده نمی شود ولی از آنجائیکه اختلاف بین ردیف ها و ستونهای طرح معنی دار نبود، به روش طرح بلوکهای کامل تصادفی هم تجزیه و



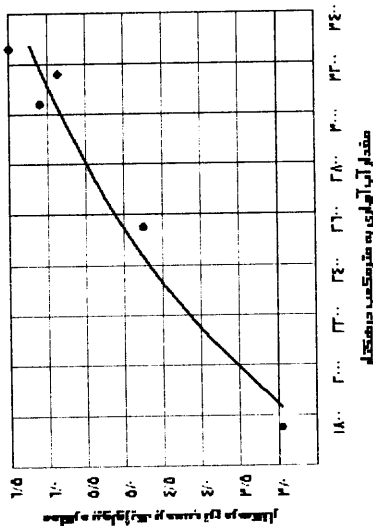
شکل ۳ - رابطه بین دوره آبیاری و عملکرد گندم



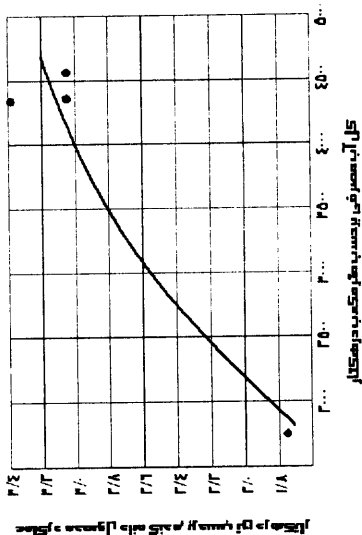
شکل ۶ - رابطه بین دوره آبیاری و عملکرد بیولوژیک



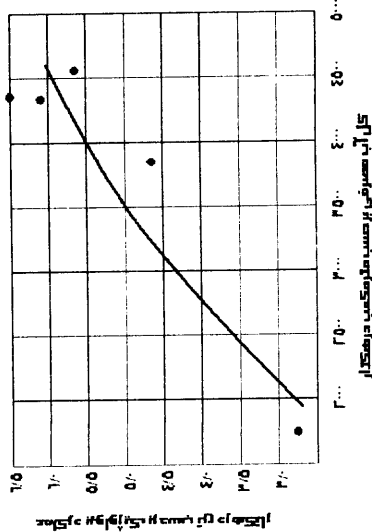
شکل ۲ - رابطه مقدار آب آبیاری و عملکرد گندم



شکل ۵ - رابطه آب آبیاری و عملکرد بیولوژیک (دانه + کاه)



شکل ۱ - رابطه آب مصرفی و عملکرد گندم



شکل ۴ - رابطه آب مصرفی و عملکرد بیولوژیک (شاهد بدون آبیاری بهار)

رامحقق کرد.

۳- استرس یا تنش ناشی از کمبود آب که منجر به کاهش محصول گندم گردد تنها در زمانی اتفاق می افتد که حدود ۸۰٪ آب قابل استفاده خاک تخلیه (تبخیر و تعرق) شود و آبیاری پس از آن انجام نشود.

۴- بیشترین عملکرد دانه گندم به ازای مصرف یک واحد معین آب در تیمار ۱ اتفاق افتاد، که کمترین تنش را داشته و عبارت دیگر با دور سه تا ۴ روز آبیاری انجام شد. این نتیجه در مورد عملکرد بیولوژیک هم صادق بود.

سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از امکانات آزمایشگاهی و مزرعه گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شده است. معاونت آموزش و تحقیقات جهاد سازندگی در تامین بخشی از نیازهای طرح سهمی داشته است لذا لازم می دانم از مدیریت محترم دانشکده گروه آبیاری و نیز از اساتید راهنما و مشاور و از معاونت محترم جهاد سازندگی و نیز از پرسنل مجله علوم کشاورزی ایران صمیمانه تشکر و توفیق همگان را از خداوند منان مسئلت می نمایم.

تصادفی، این نظریه تأیید می شود که با کاهش مقدار آب خاک از ظرفیت مزرعه به نقطه پژمردگی، قابلیت دسترسی به آن و بالتجیه قدرت جذب ریشه نیز کاهش می یابد که تفاوت بین تیمارهای ۱ و ۲ و ۳ و ۴ آبیاری پس از تخلیه ۵٪ آب قابل استفاده بود مؤید این مطلب می باشد. هر چند بعضی از محققین معتقدند که تخلیه آب قابل استفاده خاک پس از ۸۰٪، محصول گندم را با تنش و بتبع آن کاهش محصول مواجه می سازد. ضمناً عملکرد بیولوژیک هم از تیمار اول تا چهارم رو به کاهش بود و بترتیب عبارت بودند از ۶۳۵۰، ۶۱۰۰، ۵۸۰۰ و ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار که شامل دانه گندم و کاه می باشد. نمودار مربوطه در صفحه قبل آمده است. بطور خلاصه نتیجه این تحقیق را میتوان در چند مورد زیر خلاصه کرد:

- ۱- دور آبیاری و تعداد آبیاری برای گندم در بهار، در صورتیکه آبیاری قبل از تخلیه ۸۰٪ آب قابل استفاده خاک انجام شود، تأثیری در عملکرد دانه گندم بوجود نمی آورد.
- ۲- بارعایت بند ۱ می توان حدود ۷۵ درصد میزان برآورد شده از فرمول تجربی بلینی کریدل اصلاح شده را برای آبیاری گندم در بهار در منطقه کرج توصیه کرد، بدون اینکه با کاهش محصول مواجه شود و بدین ترتیب می توان ۲۵٪ صرفه جویی در مصرف آب

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

- ۱- بصیری، ع. ۱۳۶۲. طرحهای آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز
- ۲- خداینده، ن. ۱۳۶۹. غلات. انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- دادگر، م، ع. ۱۳۴۹. بررسی تعیین احتیاجات آبی گندم در کرج. پایان نامه فوق لیسانس
- ۴- عالمی، م. ۱۳۵۶. طراحی سیستم های آبیاری. انتشارات دانش و فن.
- ۵- عطایی، م. ۱۳۵۳. غلات. زراعت خصوصی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- علیزاده، الف. ۱۳۶۱. رابطه آب و خاک و گیاه (ترجمه) (ص ۷۴۵ - ۶۶۳). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
- ۷- علیزاده، الف. ۱۳۶۱. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- فرداد، ح. ۱۳۷۵. آبیاری عمومی. جلد اول. مطالعات و بررسیها. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم.
- ۹- مالک، الف. ۱۳۶۲. نیاز آبی گیاهان، (ترجمه) انتشارات دانشگاه شیراز
- ۱۰- مشفق، ن. ۱۳۵۵. تعیین مقدار آب مصرفی گیاهان در ناحیه کرج. پایان نامه فوق لیسانس

۱۱ - مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی . نشریه شماره ۱۶

12. F.A.O ,1986. Irrigation and drange paper:24 crop water requirments. Vol.143.
13. F.A.O ,1984. Irrigation and drange paper:33 yield response to water. p.164-170.
14. Musick J. T, and D.A.Dusek member ASE.1987. Soil water depletion yield relationships of Irrigated sorghum . wheat and soybeans .
15. Ryhiner A.H and M.Matso. 1978. Effective of density of plant and water consunption yield matso eagningon - Holand - Vol.21
16. Siadat H. F.A.O Seminar - Damascus, Published , Irrigation & drange paper Ho - 13 Vol.4
17. Steiner Y.L. and R.G.G Smith, W.S. Meyer and Y. A Adeney , US.dep . Agricultural Research Liborary P.O.Drawer 10, Bushland Tex, U.S>a 1985, AUS. J Agtic. Res. 36-1-11 water use follage temperature and yield of Irregated what,in south - eastern Australia
18. Trebejo I. and D. I. Midmor. 1990. Relationship between water stress and yield of potato, Lima-pero in a hot and cool tropical
19. Ustimen Ko- G.V. Bakumovsky. 1982. Plant Growing in Tropics and Subtropics .Translated from the Russian by N.K.Viktorova

Effect of Irrigation Stating with Different Readily Available Soil Water on Winter Wheat Yield in Karaj Area

R. TAHMASABI AND H. FARDAD

**Former Graduate Student and Associate Professor, Department of Irrigation,
Reclamation, Faculty of Agriculture University of Tehran, Karaj, Iran.**

Accepted Jan. 19, 2000

SUMMARY

In order to study the effect of irrigation interval on the yield of winter wheat (*triticum aestivum*) cultivar Ro-shan an experiment was conducted on the Experimental Farm of the faculty of Agriculture in Karaj in the years 1989-91. Seven treatments, including on irrigation after planting, and the rest six at a 10,30, 40, 60, 80 and 100% of ET_m . Et_m was calculated on the basis of Blaney and Criddle equation and effective rainfall was estimated using S.C.S method. Irrigation was carried out at 10, 25, 50, 75% soil moisture depletion for each treatment. The results indicated that the amount of irrigation water affected: total biological yield, grain yield, spike length, 1000 grain weight, and other yield factors. Yield varied from 1710 to 2630 Kg ha⁻¹. In autumn 1998 all plots were irrigated to field capacity. The plots were next irrigated after depletion of 10, 25, 50 and 75% available moisture. The grain yield was 3384, 3050, 3094 and 2273 Kg/ha respectively. Water consumption efficiency was 1.13, 1.05, 0.82 and 0.86 Kgm⁻³. Grain yield in the second year was 2187, 2630, 2518, 1803, 2136, 1970 and 1710 Kg/ha.

Key words: Irrigation, Wheat water requirement, Optimum water consumption, Winter wheat, Irrigation efficiency.