مجله تحقیقات آب و خاک ایران (41) 2، 1389 (188-179)

به‌گزینی تک‌آبیاری و تاریخ کاشت برای ارقام گندم در شرایط دیم

علیرضا توکلی[1*] و عبدالمجید لیاقت[2]

[1] عضو هیات علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم و [2]استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: 1388/3/30- تاریخ تصویب: 1389/5/15)

خلاصه

به منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت و سطوح تک آبیاری بر عملکرد ارقام مختلف گندم دیم ، تحقیقی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (83-1381) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم، مراغه به اجراء درآمد. سه تاریخ کاشت (کرت اصلی) شامل: اوایل مهر، اواسط مهر و اواخر مهر، سه میزان تک آبیاری (کرت فرعی) شامل: بدون آبیاری (شرایط دیم)، تک‌آبیاری به میزان 50 میلی‌متر در زمان کاشت و تک آبیاری به میزان 100 میلی‌متر در زمان کاشت و برای ارقام گندم (کرت فرعی فرعی) شامل (V1(72YRRGP),V2(Fenkang15/Sefid), V3(Turkey…), V4(Azar2), V5(double cross shahi مورد مطالعه قرار گرفت. شاخص درجه- روز رشد و عملکرد دانه و کاه و کلش تحت شرایط تاریخ کاشت و تک‌آبیاری برای ارقام گندم مورد بررسی قرار گرفت. بالاترین میزان عملکرد دانه برای سطوح تک‌آبیاری و شرایط دیم به ترتیب مربوط به ارقام V3 و V4 است و ارقام V1، V2 و V5 وضعیت مناسبی از نظر تولید دانه ندارند. نتایج بیانگر ضرورت تک‌آبیاری 100 میلی‌متر در اولین تاریخ کاشت و کفایت تک‌آبیاری 50 میلی‌متر در تاریخ کاشت سوم است. در مجموع بر اساس میان‌یابی، برنامه بهینه تک‌آبیاری گندم دیم به صورت 100 – 75 – 50 میلی‌متر به ترتیب در تاریخ کاشت اوایل، اواسط و اواخر مهر توصیه می‌گردد. بنابراین وقتی که حد بهینه تک‌آبیاری با مدیریت مناسب زراعی ترکیب شود، عملکرد گندم به طور چشمگیر و پایدار در این شرایط افزایش می‌یابد.

واژههای کلیدی: تک‌آبیاری، تاریخ کاشت، ارقام گندم، دیم، عملکرد، درجه - روز

مقدمه

گندم یکی از محصولات اساسی در کشور است که حدود 45 درصد کالری و 70 درصد پروتئین مصرفی مردم ایران از این محصول تأمین می‌شود. از کل سطح زیر کشت (حدود 6/4 میلیون هکتار) 63 درصد به زراعت دیم و 37 درصد به زراعت آبی اختصاص دارد. هم‌چنین از کل تولید (حدود 13/4 میلیون تن در سال) حدود 65 درصد آن از زراعت آبی و بقیه از زراعت دیم حاصل می‌شود (Anonymous, 2004). از جمله مدیریت‌های مناسب و مؤثر در افزایش و ایجاد ثبات تولید در زراعت دیم، تعیین زمان و میزان بهینه تک‌آبیاری برای ارقام مناسب است. در واقع اصلی‌ترین مسئله در زراعت دیم مناطق سردسیر استقرار گیاه در پاییز است که یا از طریق بارش مناسب (مقدار و پراکنش) و یا با آبیاری، استقرار گیاه ممکن می شود و با توجه به اینکه اولین بارندگی مؤثر پاییزه در مناطق سردسیر از جمله آذربایجان‌شرقی در آبان ماه به وقوع می پیوندد، لذا هم‌زمان با سرد شدن هوا، امکان سبز شدن و استقرار کامل گیاه میسر نمی‌شود و حتی در صورت سبز شدن و نرسیدن به مرحله پنجه، احتمال خسارت سرما ، شدید خواهد بود. بنابراین انجام یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت (پاییز) و قبل از سرد شدن هوا برای حصول عملکرد مطلوب و تثبیت آن ضروری است (Tavakoli and Oweis, 2004; Tavakoli, 2001). در تحقیقی چهار ساله در سوریه نشان داده شد که تاریخ کاشت زود به همراه یک آبیاری حداقل (30 میلی‌متر) در حصول عملکرد مطلوب گندم مؤثر است (Oweis et al., 1998). از لحاظ دوره زمانی پراکنش بارش در فصل زراعی، عموماً ممکن است دو مرحله بیشترین درجه تأثیرات را به خود ببینند، یکی در زمان کاشت است که ممکن است اولین بارندگی مؤثر پاییزه، با تأخیر مواجه باشد و در نتیجه، هم‌زمان با افت درجه حرارت و سرد شدن هوا و خاک و با توجه به حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه‌زنی و ادامه رشد، امکان جوانه زدن، رشد و استفاده از بارش‌های پاییزی میسر نگردد زیرا حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه‌زنی و ادامه رشد (صفر گیاهی) در منابع مختلف برای گندم و جو صفر درجه سانتی‌گراد (FAO, 2010) و 5-3 درجه سانتی‌گراد (Mayer and Poljakoff-Mayber, 1975). دیگر مرحله حساس رشد، مراحل پایانی رشد (گل‌دهی تا رسیدن)

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: art.tavakoli@gmail.com

است که ممکن است آخرین بارندگی مؤثر بهاره، زودتر از روال معمول خاتمه یافته و در مراحل حساس پایانی رشد گیاه، یعنی مرحله خوشه رفتن و گل‌دهی گندم که حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش آب است (Asadi et al., 2003)، رطوبت کافی برای تشکیل و پر شدن دانه وجود نداشته باشد. لذا اگر بتوان با اعمال تمهیدات و روش‌های علمی ـ کاربردی، بسته به شرایط اقلیمی و خاک، محصول را در این مراحل حمایت کرد، نه‌تنها افزایش عملکرد محسوسی ایجاد می‌شود بلکه از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر است و بسته به شرایط منطقه‌ای ممکن است این مراحل حساس بیشتر در زمان کاشت و یا مرحله گل‌دهی بروز نماید و بر عملکرد شدیداً تأثیر بگذارد (Tavakoli et al., 2000, 2003).

بهبود، افزایش و تثبیت عملکرد دانه گندم، تعیین حد بهینه آب مصرفی، تعیین حد بهینه‌ای از شرایط زمان و میزان تک‌آبیاری و تعیین زمان کاشت مناسب گندم در شرایط دیم و تک‌آبیاری از اهداف این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (عرض جغرافیایی '15 °37 شمالی، طول جغرافیایی ' 15 °46 شرقی و ارتفاع 1725 متر) به مدت دو سال زراعی (83-1381) انجام شد. خاک محل آزمایش عمیق و دارای رس نرم بوده و مشخصات آن در جدول 2 آمده است. رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی دائم و وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب 38 درصد حجمی، 20 درصد حجمی و 1/175 گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و متوسط آب قابل استفاده در یک متر عمق خاک برابر 180 میلی‌متر است. میزان بارش در سال‌های زراعی 82-81 و 83-82 به ترتیب برابر 368/8 و 415 میلی‌متر بود.

با توجه به تجزیه خاک محل آزمایش نیتروژن و فسفر تأمین شد. کل فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و دو سوم نیتروژن از منبع نیترات آمونیم و قبل از کاشت به فواصل 17/5 سانتی‌متر و در عمق 8-7 سانتی متر با دستگاه جان شیرر جایگذاری شد. یک سوم دیگر نیتروژن (از منبع اوره) در اوائل بهار به صورت سرک مصرف شد. با توجه به وزن هزار دانه ارقام مختلف گندم و بر مبنای 350 دانه در متر مربع، میزان بذر هر کرت فرعی فرعی تعیین شد. پس از ضدعفونی بذر با قارچ کش، به کمک بذرکار آزمایشی وینتراشتایگر عملیات کشت صورت گرفت. فاصله خطوط کاشت 20 سانتی‌متر و عمق کاشت 5-3 سانتیمتر بود.

قالب آماری تحقیق بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات و در سه تکرار به اجراء درآمد. سه تاریخ کاشت شامل: اوایل مهر (early)، اواسط مهر (normal) و اواخر مهر (late) به عنوان کرت اصلی، سه میزان تک آبیاری شامل: بدون آبیاری (شرایط دیم)، تکآبیاری به میزان 50 میلی‌متر در زمان کاشت و تک آبیاری به میزان 100میلی‌متر در زمان کاشت (کرت فرعی) و برای پنج رقم گندم به عنوان کرت فرعی فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. ارقام گندم عبارت بودند از:

V_1=72YRRGP

V_2=Fenkang15/Sefid (seed white)

V_3= Turkey 13//F9.10/Maya"S"

V_4 = 2 آذر

V_5= double cross shahi (رقم آبی)

جدول1- برنامه آبیاری و مراحل رشد محصول، طی دو سال زراعی 83-1381

تاریخ کاشت اول31 شهریور					
تیمارهای آبیاری	تاریخ آبیاری	سبز کامل	مرحله رشد		
			پنجه‌زنی	ساقه رفتن	گل‌دهی	رسیدن
شرایط دیم	-	21-25 آبان	15-17 فروردین	10-14 اردیبهشت	18-21 خرداد	25-29 تیر
تک‌آبیاری50 میلی‌متر	31 شهریور	8-9 مهر	20-21 مهر	2-7 اردیبهشت	3-13 خرداد	14-23 تیر
تک‌آبیاری100 میلی‌متر	31 شهریور	8-9 مهر	18 مهر	4-6 اردیبهشت	3-14 خرداد	13-21 تیر
تاریخ کاشت دوم10 مهر						
شرایط دیم	-	21-25 آبان	15-20 فروردین	11-15 اردیبهشت	16-22 خرداد	25-29 تیر
تک‌آبیاری50 میلی‌متر	11-13 مهر	21-22 مهر	10-15آبان	3-7 اردیبهشت	4-15 خرداد	15-22 تیر
تک‌آبیاری100 میلی‌متر	11-13 مهر	20 مهر	8 آبان	3-5 اردیبهشت	4-10 خرداد	15-22 تیر
تاریخ کاشت سوم22 مهر						
شرایط دیم	-	21-25 آبان	16-22 فروردین	12-16 اردیبهشت	17-22 خرداد	24-29 تیر
تک‌آبیاری50 میلی‌متر	23-26 مهر	11-14 آبان	7-12 آذر	10-14 اردیبهشت	8-9 خرداد	16-23 تیر
تک‌آبیاری100 میلی‌متر	23-26 مهر	11-14 آبان	7-12 آذر	9-13 اردیبهشت	9-18 خرداد	15-22 تیر

آبیاری به صورت سطحی و از طریق انتقال آب با لوله و شیلنگ و کنترل دقیق با کنتور حجمی صورت گرفت و برای دستیابی به توزیع مناسب، آبیاری در کرت از طریق لوله سوراخ‌دار متحرک دستی انجام شد به نحوی که آب از طریق منافذ تعبیه شده به فواصل 4- 3 سانتی‌متری روی لوله پلی‌اتیلن 63 میلی‌متری و به طول 4 متر و با حرکت دستی یکنواخت در سطح کرت، پخش گردید. تیمارهای آبیاری (100 و50 میلیمتر) برای مقایسه با شرایط دیم (بدون آبیاری) در هر یک از تاریخ‌های کاشت مطابق با جدول 1 اعمال شد. علاوه بر اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از کاشت و ثبت زمان تاریخ کاشت، مراحل فنولوژیک رشد شامل: زمان سبز کامل، پنجه زدن، ساقه رفتن، گل‌دهی، پرشدن دانه و رسیدن در تیمارهای مختلف یادداشت گردید. مساحت برداشت در تیمار فرعی فرعی (رقم گندم) برابر 3/6 متر مربع بود که پس از رسیدن محصول و با استفاده از کمباین آزمایشی انجام شد . زمان تجمعی از کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک برای بیشتر گیاهان زراعی تابعی از دمای تجمعی هوا است. هر گیاه برای رشد تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، میزان مشخصی از درجه- روز رشد (Growing degree day = GDD) نیاز دارد. شدت رشد گیاه تابعی از دما است و پارامتر GDD تعریفی از رشد فنولوژیک و تابعی از دمای تجمعی محیط است و از فرمول‌های زیر به دست می‌آید (Ojeda-Bustamante et al., 2004).

$$GDD = T_a - T_{c-\min} \quad T_a < T_{c-\max}$$
$$GDD = T_{c-\max} - T_{c-\min} \quad T_a \geq T_{c-\max}$$
$$GDD = 0 \quad T_a < T_{c-\min}$$

که در آن Ta، Tc-min و Tc-max به ترتیب متوسط روزانه درجه حرارت هوا و حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا که رشد گندم کمتر از آن و بیشتر از آن متوقف خواهد شد.

جدول 2- نتیجه تجزیه خاک طی سال‌های تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

سال زراعی	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)	واکنش گل اشباع pH	کربن آلی ٪	ازت ٪	فسفرقابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪
81-82	0/45	7/2	0/54	0/063	7/7	565	22	32	46
82-83	0/49	7/4	0/52	0/061	8/2	485	21	31	48

جدول 3- خلاصه آمار هواشناسی طی سال‌های تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

سال زراعی	متوسط درجه حرارت حداقل	حداقل مطلق درجه حرارت	متوسط درجه حرارت حداکثر	حداکثر مطلق درجه حرارت	متوسط درجه حرارت	درجه- روز	رطوبت نسبی(٪)	ساعات آفتابی
81-82	2/5	-22	12/6	35	7/5	1816	63/7	6/4
82-83	3	-15	13/5	34	8/3	1809	62/2	7/2
81-82	متوسط درجه حرارت حداقل	متوسط درجه حرارت حداکثر	متوسط درجه حرارت*	درجه- روز*	درجه- روز**	رطوبت نسبی(٪)	ساعات آفتابی	تبخیر (میلی‌متر)
تاریخ کاشت زود	2/5	12/6	7/5	1957	447	63/7	6/4	1089
تاریخ کاشت نرمال	2/2	12/1	7/2	1810	300	65	6/3	1007
تاریخ کاشت دیر	2	11/8	6/9	1680	170	66	6/2	926
82-83	متوسط درجه حرارت حداقل	متوسط درجه حرارت حداکثر	متوسط درجه حرارت*	درجه- روز*	درجه- روز**	رطوبت نسبی(٪)	ساعات آفتابی	تبخیر (میلی‌متر)
تاریخ کاشت زود	3	13/5	8/3	1928	483	62/2	7/2	1176
تاریخ کاشت نرمال	2/8	13/3	8/1	1811	366	62/7	7/2	1112
تاریخ کاشت دیر	2/7	12/9	7/8	1687	242	63/8	7/1	1038

* : از کاشت تا زمان برداشت ** : پاییزه

جدول4 – وضعیت بارش‌های پاییزه تا اولین بارش مؤثر، بارش‌های مؤثر بهاره و کل بارش طی دو سال زراعی

بارش‌های پاییزه تا اولین بارش مؤثر		بارش‌های مؤثر بهاره	
81-82	82-83	81-82	82-83
13-14 مهر 6/5 میلی‌متر	12 مهر 1/6 میلی‌متر	5-7 فروردین 16/5 میلی‌متر	15 فروردین 3/8 میلی‌متر
30 مهر 7 میلی‌متر	6 آبان 2/1 میلی‌متر	19-20 فروردین 16/7 میلی‌متر	27-28 فروردین 8/2 میلی‌متر
7-9 آبان 1/5 میلی‌متر	8-9 آبان 14/9 میلی‌متر	25-27 فروردین 31/7 میلی‌متر	31 فروردین 4 اردیبهشت 59/7 میلی‌متر
11 آبان 10 میلی‌متر	19-21 آبان 36/6 میلی‌متر	2-3 اردیبهشت 12/4 میلی‌متر	11-12 اردیبهشت 52/4 میلی‌متر
22-24 آبان 5/1 میلی‌متر	24 آبان 1/5 میلی‌متر	6-8 اردیبهشت 36/2 میلی‌متر	23-28 اردیبهشت 35/7 میلی‌متر
5-6 آذر 22/5 میلی‌متر		1-3 خرداد 2/7 میلی‌متر	1-2 خرداد 13/1 میلی‌متر
		25 خرداد 13/3 میلی‌متر	8-10 خرداد 12/8 میلی‌متر
			22-23 تیر 10/6 میلی‌متر
کل بارش سالیانه 81-82: 368/5 میلی‌متر		کل بارش سالیانه 81-82: 415 میلی‌متر	

جدول 5- متوسط تبخیر - تعرق پتانسیل (mm/d) برآورد شده با نرم‌افزار CropWat – FAO، 83-1381

سال زراعی	Sep. (10 شهریور الی 10 مهر)	Oct. (11 مهر الی 10 آبان)	April (10 فروردین الی 10 اردیبهشت)	May (11 اردیبهشت الی 10 خرداد)	June (11 خرداد الی 10 تیر)	July (11 تیر الی 10 مرداد)	متوسط
82-1381	4	2/9	3	4/5	5/6	7/1	4/5
83-1382	4/8	3/5	3/1	3/7	5/5	6/2	4/5

تبخیر - تعرق پتانسیل ماهانه (بر حسب میلی‌متر در روز) دو سال تحقیق طی ماه‌های دوره رشد و نمو محصول با نرم‌افزار CropWat – FAO -CropWat 4 Windows Version 4.2 برآورد شد (جدول 5). برای تجزیه مرکب و تعیین معنی‌دار بودن یا نبودن اثر فاکتورها از نرم‌افزار MSTATC و بر اساس امید ریاضی عمل گردید و مقایسه میانگین ها نیز بر اساس آزمون دانکن صورت گرفت. علاوه بر بررسی اثر اصلی تیمارها، اثر متقابل تاریخ کاشت – تک‌آبیاری، تاریخ کاشت – ارقام گندم و تک‌آبیاری – ارقام گندم نیز مورد مطالعه قرار گرفت. در ترسیم اشکال سه بعدی از نرم‌افزار STATISTICA 5.5 استفاده شده است.

نتایج و بحث

ابتدا شرایط آب و هوایی دو سال تحقیق بیان می‌شود. سال زراعی 83-1382 از لحاظ درجه حرارت (حداقل، میانگین و حداکثر)، کل بارش و ساعات آفتابی دارای مقادیر کمّی بیشتری نسبت به سال زراعی 82-1381 است (جدول 3 و 4) و سال زراعی 82-1381 از لحاظ درصد رطوبت نسبی و حداقل مطلق درجه حرارت دارای مقادیر کمّی بیشتری می‌باشد (جدول 3). اولین بارندگی مؤثر پاییزه در سال اول زراعی در 6-5 آذرماه 82 و در سال دوم در 21- 19 آبان به وقوع پیوست (جدول4). آخرین بارندگی مؤثر بهاره در سال اول به ترتیب در 8- 6 اردیبهشت (36/2 میلی‌متر)، 2- 1 خرداد (2/7 میلی‌متر) و 25 خرداد (13/3 میلی‌متر) و در سال دوم نیز به ترتیب در 28- 23 اردیبهشت (35/7 میلی‌متر)، 3- 1 خرداد (13/1 میلی‌متر)، 10- 8 خرداد (12/8 میلی‌متر) و 23- 22 تیر (10/6 میلی‌متر) به وقوع پیوست (جدول 4). در هیچ یک از دو سال از اولین تاریخ کاشت (22 شهریور) تا 10 آبان، بارش مؤثری برای تیمارهای دیم وجود نداشت اگرچه بارش‌های موجود برای تیمارهای تک‌آبیاری شده مؤثر بوده است. بارش طی نیمه دوم پاییز و سه ماهه زمستان دارای نوسانات چشمگیری است، اما آنچه که مهم است وجود بارش مناسب در فروردین ماه هر دو سال و کاهش شدید آن در اردیبهشت و خرداد سال اول است، در حالی که در سال دوم در اردیبهشت بارش بسیار مناسبی باریده بود و قطع بارش در خرداد به وقوع پیوست. به نظر می‌رسد اگر چه توزیع بارش در سال دوم ایده‌آل نیست اما به مراتب بهتر از سال اول بوده است. از مجموع این شرایط برمی‌آید که سال دوم سالی نرمال‌تر بوده است. به ویژه اینکه سال اول با تأخیر شدید اولین بارش مؤثر که منجر به سبز ناقص پاییزه شد، مواجه بود، به بیانی دیگر سبز کامل پاییزه در سال اول وجود نداشت که این مسئله عملکرد محصولات دیم را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر مبنای دوره کاشت تا برداشت، شاخص درجه – روز تاریخ کاشت‌های متناظر دو سال نزدیک و همسو هستند به استثنای درجه – روز تاریخ کاشت زود سال اول که بیشتر از سال دوم است (جدول 3). نکته مهم، اختلاف درجه – روز تاریخ کاشت‌ها است. اگر مبنا برای پاییز گذاشته شود، درجه – روز سال دوم در هر سه تاریخ کاشت بیشتر از سال اول است که نشان می‌دهد پاییز سال دوم گرم‌تر از سال اول بود و با توجه به زمان و میزان اولین بارش مؤثر پاییزه در سال دوم، ضمن تأثیر مثبت در تأمین نیاز آبی تیمارهای آبیاری شده (به ویژه تاریخ کاشت‌های اول و دوم) شرایط برای سبز پاییزه در تیمار دیم نیز مهیا گردید. در حالی که در سال اول اولین بارش مؤثر با تأخیر به وقوع پیوست و نتوانست منجر به سبز کامل پاییزه در تیمارهای دیم گردد. در واقع شرایط آب و هوایی نشان می‌دهد که در سال اول هم اولین بارش تأخیر داشت و هم دمای هوا در پاییز کمتر بود. وقتی که مبنا تا برداشت گذاشته می‌شود، نشان می‌دهد که درجه – روز تاریخ کاشت دوم و سوم دو سال، شبیه هم می‌باشد اگرچه درجه – روز تاریخ کاشت اول سال اول اندکی بیشتر از سال دوم می‌باشد. با بررسی نوسانات دمایی ماهانه دو سال آزمایش (دوره رشد و نمو محصول) علت تقریباً به هم نزدیک بودن درجه – روز دو سال، به درجه حرارت بیشتر بهار سال اول برمی‌گردد و نشان می‌دهد که بهار و تابستان سال اول نسبتاً گرم‌تر بوده است. حداکثر مطلق درجه حرارت دو سال به هم نزدیک است، در سال اول با 35 درجه سانتی‌گراد فقط یک درجه از سال دوم بیشتر است اما حداقل مطلق درجه حرارت سال اول به مراتب منفی‌تر است (22- در مقابل 15- درجه سانتی‌گراد). در واقع سال اول هم ماه‌های سردتری داشت و هم بهار و تابستان نسبتاً گرم‌تر، اما سال دوم متعادل‌تر به نظر می‌رسد. علت خسارت سرما در سال اول به تیمار تک‌آبیاری 50 میلی‌متر تاریخ کاشت سوم در لاین V1، همین شدت سرما و سبز اندک پاییزه بوده است. از مجموع آنچه گفته شد برمی‌آید که شاخص درجه – روز

و تأمین شدن آن برای محصول نقش مؤثری در تکامل رشد، افزایش بهره‌وری از نهاده‌ها از جمله تاریخ کاشت، تک‌آبیاری و رقم و حصول عملکرد بیشتر دارد.

دو سال تحقیق از نظر متوسط تبخیر - تعرق پتانسیل شرایطی یکسان دارند یعنی 4/5 میلی‌متر در روز (طی دوره رشد و نمو محصول)، اما سال اول با داشتن بارش کمتر (حدود 46 میلی‌متر) و با توجه به متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی طی دوره رشد محصول، کمی گرم‌تر محسوب می‌شود. تبخیر - تعرق پتانسیل (ET_O) در ماه‌های پاییز سال دوم بیشتر از سال اول است. برای ماه‌های سپتامبر (10 شهریور الی 10 مهر) و اکتبر (11 مهر الی 10 آبان) در سال اول به ترتیب 4 و 2/9 و برای سال دوم به ترتیب 4/8 و 3/5 میلی‌متر بود (جدول 5) و همان‌طور که اشاره خواهد شد ناشی از درجه – روز بیشتر در پاییز سال دوم است. تبخیر - تعرق تابستان سال اول کمی بیشتر از سال دوم است و تبخیر - تعرق بهاره نیز تقریباً همین وضعیت را دارد.

تاریخ کاشت در شرایط دیم، یک نوع ایجاد تعادل بین احتمال وقوع بارش‌های مؤثر و حداکثر بهره‌گیری از شرایط طبیعی از جمله درجه حرارت و بارش، با هدف جلو انداختن مرحله رشد محصول است. کاشت زود هنگام در شرایط دیم به دلیل اینکه در شرایط دیم احتمال بارش‌های اتفاقی منجر به جوانه زنی بذر و سپس وقوع یک دوره خشکی وجود دارد و ممکن است خسارت جدی به محصول وارد کند، قابل توصیه نیست. البته در طول دو سال آزمایش بارندگی منجر به جوانه‌زنی بذر و سپس بروز دوره خشکی وجود نداشت به طوری که اولین بارش مؤثر با تأخیر (جدول 4) به وقوع پیوست. همین تأخیر و سبز ناچیز سبب بروز خسارت سرما در رقم V1 گردید. این استدلال بر اساس تیمار تک‌آبیاری 50 میلی‌متر در تاریخ کاشت اول صورت می‌پذیرد. در واقع نکته مهم این است که با توجه به فاصله زمانی 45-30 روز تا وقوع اولین بارش مؤثر بعد از تاریخ کاشت زود و احتمال خسارت جدی به محصول در اثر تنش خشکی، بهتر است اولین تاریخ کاشت همراه با تک‌آبیاری به میزان 100 میلی‌متر باشد تا ذخیره رطوبتی کافی برای رشد محصول تا اولین بارش وجود داشته باشد. لذا ضرورتی به بحث در خصوص تک‌آبیاری 50 میلی‌متر در اولین تاریخ کاشت وجود ندارد.

جدول 6- میانگین عملکرد دانه ارقام مختلف گندم در تاریخ‌های کاشت و سطوح تک‌آبیاری (کیلوگرم در هکتار)

تیمارهای آبیاری	رقم	تاریخ کاشت			متوسط
		Early	Normal	Late	
شرایط دیم (I0)	V1	1359	1189	1168	**1239**
	V2	1503	1333	1207	**1348**
	V3	1563	1498	1427	**1496**
	V4	1543	1429	1240	**1404**
	V5	1066	1020	1040	**1042**
متوسط		**1407**	**1294**	**1216**	
تک‌آبیاری به میزان 50 میلی‌متر (I50)	V1	1533	1459	1531	**1508**
	V2	1837	2466	2058	**2120**
	V3	2384	2503	2017	**2268**
	V4	2373	2390	2049	**2271**
	V5	1542	1632	1504	**1559**
متوسط		**1934**	**2090**	**1832**	
تک‌آبیاری به میزان 100 میلی‌متر (I100)	V1	2831	2302	1432	**2188**
	V2	3117	3132	2262	**2837**
	V3	3269	3788	2503	**3187**
	V4	3017	3232	2314	**2854**
	V5	2454	2517	1373	**2115**
متوسط		**2938**	**2994**	**1977**	
LSD اثر متقابل تاریخ کاشت، آبیاری و رقم 402 (1٪)			SEM اثر متقابل تاریخ کاشت، آبیاری و رقم		109

Early تاریخ کاشت زود، Normal تاریخ کاشت نرمال و Late تاریخ کاشت دیر

I0 شرایط دیم، I50 تک‌آبیاری 50 میلی‌متری و I100 تک‌آبیاری 100 میلی‌متر

V1 (72YRRGP), V2 (Fenkang15/Sefid), V3 (Turkey…), V4 (Azar2), V5 (double cross shahi)

اینکه در شرایط دیم چه رقمی قابل توصیه است، می‌توان به مقادیر کمی عملکرد ارقام و تغییرات آن طی تاریخ‌های کاشت توجه کرد، ضمن اینکه بایستی از لحاظ صفات زراعی دارای مزیت‌های نسبی باشد. در این میان بدیهی است که ارقام V3 و V4 دارای وضعیت مشابهی هستند هر چند لاین V3 اندکی برتری دارد (جدول 6). لاین‌های V1، V2 و V5 در هر سه تاریخ کاشت عملکرد کمتری نسبت به دو رقم دیگر نشان داده‌اند و لذا قابل توصیه نخواهند بود (جدول 6). تاریخ کاشت با تک‌آبیاری، مفهوم جداگانه‌ای از تاریخ کاشت مرسوم است زیرا تاریخ کاشت در این شرایط با اعمال تک‌آبیاری مفهوم پیدا

می‌کند، یعنی به خودی خود فاقد اثر چندانی است. اما پاسخ به اینکه چه میزان تک‌آبیاری و در چه زمانی و برای کدام رقم، عملکرد و کارآیی بیشتری را به همراه خواهد داشت، منجر به بهینه‌سازی تک‌آبیاری می‌شود. با توجه به اینکه فقط ارقام V3 و V4 مناسب تشخیص داده شدند، جدول 6 نشان می‌دهد که در تک‌آبیاری 50 میلی‌متر تفاوتی بین این دو رقم وجود ندارد اما در تک‌آبیاری 100 میلی‌متر و در هر سه تاریخ کاشت برتری محسوس با رقم V3 است.

عملکرد دانه، کاه و کلش، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع، تحت شرایط تاریخ کاشت و تک‌آبیاری و برای ارقام مختلف گندم در شکل 1 نشان داده شده است. در شکل a1 و در تاریخ کاشت زود، اختلاف عملکرد تک‌آبیاری 50 میلی‌متر و دیم اندک است اما تفاوت تک‌آبیاری 100 میلی‌متر و دیم زیاد است و در تاریخ کاشت دیر، تفاوت چندانی بین مقادیر تک‌آبیاری 50 و 100 میلی‌متر وجود ندارد و این شکل، نشان دهنده ضرورت تک‌آبیاری 100 میلی‌متر در اولین تاریخ کاشت و کفایت تک‌آبیاری 50 میلی‌متر در تاریخ کاشت سوم است. بالاترین میزان عملکرد دانه برای سطوح تک‌آبیاری و شرایط دیم به ترتیب مربوط به ارقام V3 و V4 است و ارقام V1 و V5 وضعیت مناسبی از نظر تولید دانه ندارند (شکل b1). رقم V2 مشکل ریزش دانه داشته و مطلوبیت ندارد.

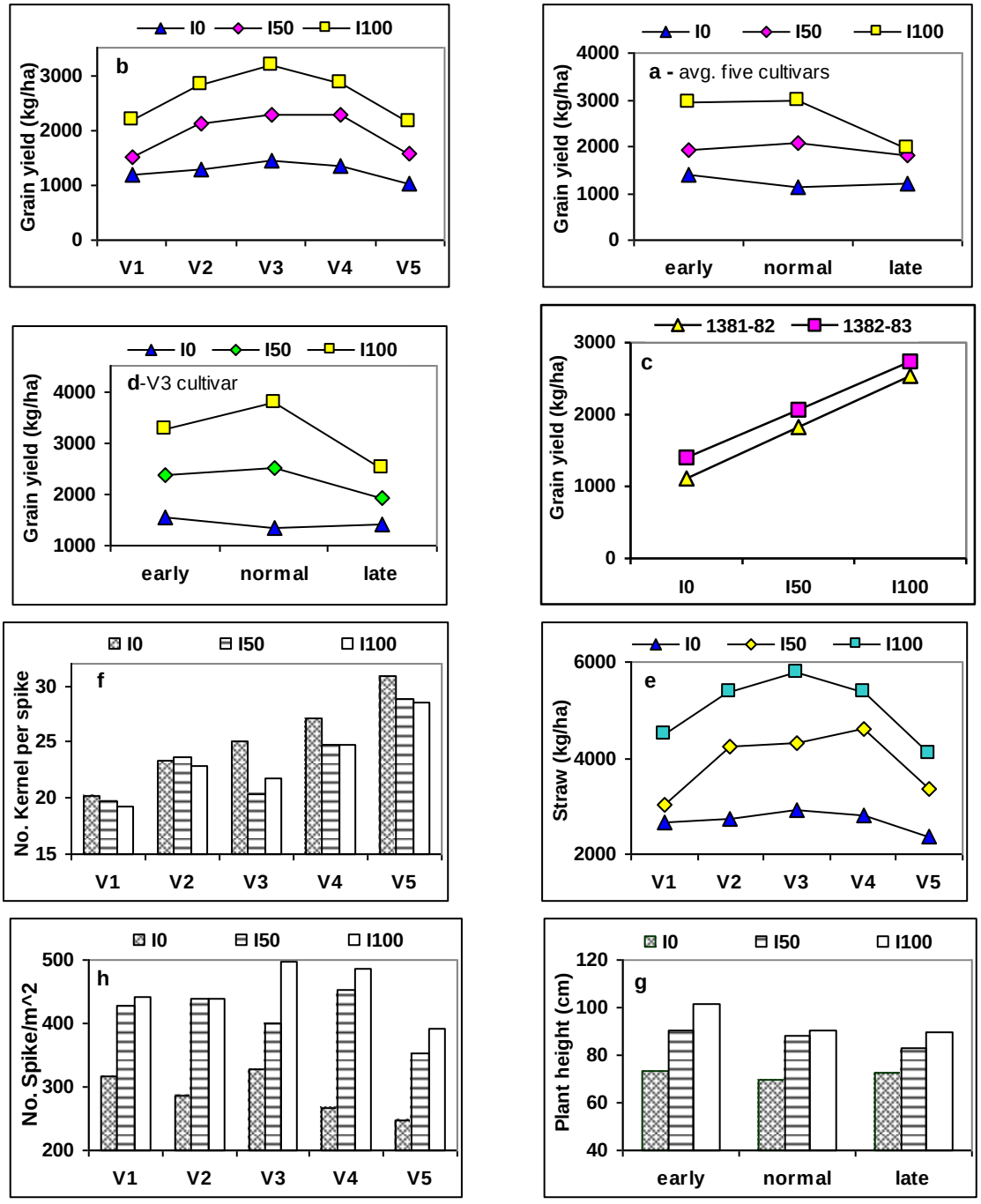
نتایج دو سال آزمایش برای سطوح تک‌آبیاری در تولید دانه همسو است (شکل c1) هر چند که سال دوم نسبت به سال اول برتری نشان می‌دهد که علت آن نیز بیان شد. همسو بودن اثر مدیریت تک‌آبیاری در طول دو سال پژوهش، تصمیم‌گیری برای توسعه چنین مدیریتی در سطح مزارع زارعین را آسان می‌نماید. اثر مدیریت تک‌آبیاری در تاریخ کاشت‌های مختلف در شکل d1 نشان داده شده است. تفاوت چندانی بین تاریخ کاشت‌های شرایط دیم وجود ندارد، اما به خاطر احتمال وقوع بارش‌های پراکنده که امکان سبز ناچیز را به بذر داده و پس از آن ذخیره رطوبتی کافی در خاک وجود ندارد، گیاه از اثر خشکی آسیب خواهد دید، لذا تاریخ کاشت زود برای شرایط دیم توصیه نمی‌شود و بهتر است از نیمه دوم مهرماه برای کشت دیم اقدام شود. در تاریخ کاشت زود نیز به خاطر دوره 45-30 روز بدون بارش از زمان اعمال تک‌آبیاری تا وقوع اولین بارش مؤثر پاییزه، تک‌آبیاری 50 میلی‌متر توصیه نمی‌شود و بهتر است با اعمال 100 میلی‌متر تک‌آبیاری ذخیره رطوبتی کافی برای رشد محصول فراهم گردد. در تاریخ کاشت سوم نیز تک‌آبیاری 50 میلی‌متر کفایت می‌کند. بدیهی است که از بعد کارآیی مصرف آب، میزان تک‌آبیاری در تاریخ کاشت نرمال بینابین این دو مقدار (یعنی 75 میلی‌متر) خواهد بود. روندی که در تولید کاه و کلش در ارقام گندم وجود دارد (شکل e1) مشابه روندی است که در تولید دانه (شکل b1) بیان شده است. از نظر تعداد دانه در سنبله، رقم آبی V5 بیشترین میزان را دارا است که علت آن تراکم کم و ویژگی خاص ارقام آبی است که سنبله‌های بزرگی دارند، ضمن اینکه دارای کمترین تعداد سنبله در متر مربع نیز بوده که رقابت بین بوته‌ها را کاهش می‌داد. تغییرات تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح برای ارقام و لاین‌های دیگر در شکل‌های f1 و h1 نشان داده شده است. لاین‌های V5 و V1 دارای وضعیتی معکوس یکدیگر و لاین‌های V3 و V4 مطلوبیت دارند. از نظر ارتفاع بوته، برای شرایط دیم و تاریخ‌های کاشت مختلف تفاوت محسوسی وجود ندارد اما در شرایط تک‌آبیاری، ارتفاع محصول در تاریخ کاشت زود بیشتر از نرمال و نرمال بیشتر از تاریخ کاشت دیر است (شکل g1).

عملکرد دانه با کاه وکلش ($r = 0/96^{**}$)، تعداد سنبله در متر مربع ($r = 0/68^{**}$) و ارتفاع بوته ($r = 0/64^{**}$)، همبستگی مثبت و معنی دار و با تعداد دانه در سنبله ($r = -0/21^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است.

اثر دو جانبه تاریخ کاشت – تک‌آبیاری، تاریخ کاشت – ارقام گندم و تک‌آبیاری – ارقام گندم با توجه به جدول 6 قابل توضیح است. طبق این جدول بالاترین میزان عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت زود و نرمال است. در این جدول اثر مدیریت تک‌آبیاری در افزایش عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط دیم نشان داده شده است. بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم V3 و تحت هر سه تاریخ کاشت است. عملکرد رقم V3 تحت شرایط دیم نسبت به دیگر ارقام بیشتر است و این برتری برای سطوح تک‌آبیاری 100 و 50 میلی‌متر نیز باقی است.

امکان استقرار گیاه و سبز کامل در پاییز و قبل از شروع دوره سرما، بهره‌گیری از بارش‌های پراکنده پاییزی و رسیدن به مرحله پنجه‌زنی از مهم‌ترین اثرات و فواید تک‌آبیاری است که کاهش خسارت سرما و زودرسی محصول و عدم مواجه با خشکی آخر فصل را به همراه دارد و سبب افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق میزان درصد سبز و تعداد سنبله در واحد سطح می‌شود. سبز کامل پاییزه روی تأمین نیاز سرمایی گیاه و ورنالیزاسیون تاثیر دارد و ورنالیزاسیون کامل خود در تکامل گیاه و افزایش تعداد سنبله‌های بارور و در نتیجه ضمن زودرسی افزایش عملکرد محصول را به دنبال دارد. با توجه به اینکه دوره زمانی رشد گیاه جلو می‌افتد لذا می‌توان انتظار داشت که مرحله

زایشی محصول در زمانی صورت گیرد که هنوز تنش آخر فصل شروع نشده و در نتیجه تعداد سنبله‌های بارور افزایش خواهد یافت. میزان پوشش سبز گیاه با اعمال تک‌آبیاری سبب کنترل تبخیر سطحی، کنترل رواناب و ذخیره شدن بارش در پروفیل خاک می‌شود که با توجه به شرایط طبیعی و تناوب زراعی حاکم بر زراعت دیم اهمیت فراوانی دارد. درصد سبز بذر در تعداد سنبله در واحد سطح نمایان شده است و با توجه به همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در واحد سطح ($r = 0/684^{xx}$)، تولید عملکرد بیشتر از تیمارهای تک‌آبیاری شده، قابل انتظاراست.



Early تاریخ کاشت زود، Normal تاریخ کاشت نرمال و Late تاریخ کاشت دیر

I0 شرایط دیم، I50 تک‌آبیاری 50 میلی‌متری و I100 تک‌آبیاری 100 میلی‌متر

V1(72YRRGP),V2(Fenkang15/Sefid), V3(Turkey…), V4(Azar2), V5(double cross shahi)

شکل 1- عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی ارقام گندم تحت شرایط تک‌آبیاری و تاریخ کاشت

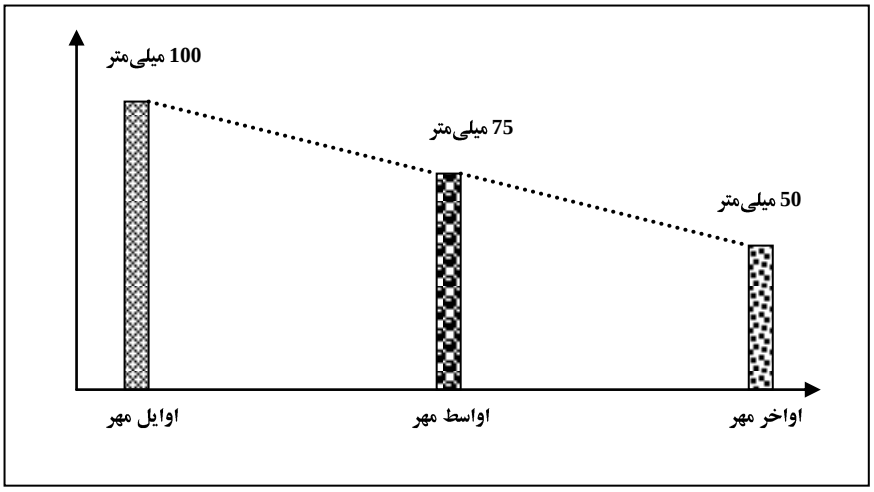
تک‌آبیاری سبب افزایش توسعه ریشه شده و توسعه ریشه محصول ضمن اینکه باعث بهبود مواد آلی خاک در لایه‌های زیرین می‌شود، جریان ورود آب به خاک را تسهیل و بهره‌گیری از مواد مغذی را میسر می‌کند. زودرس شدن محصول به میزان 12-8 روز (جدول 1) فاکتور مهمی در فرار از خشکی و کاهش اثر تنش آخر فصل در مرحله پرشدن دانه به شمار می‌رود. تاریخ کاشت فاکتور مهمی در افزایش بهره‌وری بارش (Rain Water Productivity = RWP) در زراعت دیم است (Adary et al., 2002)، تحقیقات انجام شده در اقلیم مدیترانه‌ای استرالیا نشان داد که تأخیر در کاشت بعد از زمان بهینه بر اساس بارش فصل زراعی به طور چشمگیری عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Batten and Khan, 1987; French and Schultz, 1984; O'Leary et al., 1985). در قبرس تحقیقات به‌زراعی نشان داد که کاشت زود هنگام (نوامبر) بسیار اهمیت دارد (Photiades and Hadjichristodoulou, 1984). در سوریه، با به کارگیری مدل شبیه‌سازی نشان دادند که در سال‌های نرمال به ازای هر هفته تأخیر در تاریخ کاشت بعد از نوامبر 4/2 درصد از میزان عملکرد محصول کاسته خواهد شد (Stapper and Harris, 1989). کاشت به هنگام گندم، در کنترل علف‌های هرز نیز مؤثر است (Oweis et al., 1998). نتایج حاصل از تحقیقی در شمال عراق نشان داد که اولین تاریخ کاشت بالاترین بهره‌وری از آب مصرفی را به دنبال داشته است، به طوری که در سال 98-1997 که سالی با شرایط خیلی خشک بوده، به ازای هر هفته تأخیر در کاشت برای شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب 220 و 520 کیلوگرم در هکتار افت عملکرد ایجاد شده بود و بالاترین میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار 50 درصد آبیاری تکمیلی کامل بوده است (Adary et al., 2002). به خاطر نتایج مؤثر و توجیه‌پذیر بودن آبیاری تکمیلی، هم اکنون در 40 درصد اراضی گندم دیم سوریه آبیاری تکمیلی بهینه صورت می‌گیرد (Oweis et al., 1998). در شرایط محدودیت آب، به کارگیری یک آبیاری حداقل در زمان مناسب، می‌تواند عملکرد دانه و بهره‌وری از آب مصرفی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد (Caliandro and Boari, 1992; Harmsen, 1984; Oweis et al., 1998 & 2001; Tavakoli and Oweis, 2004; Tavakoli et al., 2005; Zhang et al., 2000).

به خاطر تأخیر در کاشت از تاریخ کاشت نرمال به تاریخ کاشت دیر، عملکرد گندم V4 تحت شرایط دیم، تک‌آبیاری 50 میلی‌متر و تک‌آبیاری 100 میلی‌متر به ترتیب 189، 341 و 918 کیلوگرم در هکتار افت عملکرد ایجاد شده است و برای رقم V3 افت عملکرد تحت شرایط فوق به ترتیب برابر 71، 486 و 1285 کیلوگرم در هکتار است (جدول 6). در شمال عراق نیز، در سالی که بارش سالیانه 236 میلی‌متر و عملکرد گندم تحت شرایط دیم 2160 کیلوگرم در هکتار بود، با کاربرد فقط 68 میلی‌متر آب آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی رشد، عملکرد به 4610 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. کاربرد 100 تا 150 میلی‌متر آبیاری تکمیلی در ماه‌های آوریل و می حداکثر نتیجه را به دنبال خواهد داشت و تاریخ کاشت زود (نوامبر)، زمان بهینه کاشت برای گندم در شمال عراق است و به ازای هر هفته تأخیر در کاشت 500 کیلوگرم در هکتار افت عملکرد گزارش شد (Adary et al., 2002; Oweis and Hachum, 2003 & 2004). افت عملکرد ارقام گندم در اثر تأخیر در کاشت توسط اویس و همکاران (1998) هم گزارش شده است (Oweis et al., 1998). در شرایط دیم اگر بارش‌های مؤثر زمان کاشت اندک و یا نامتناسب باشد زارعین محدودیت بیشتری در کاشت دارند (Photiades and Hadjichristodoulou, 1984) اما یک آبیاری حداقل بعد از کاشت (قبل از بارش‌های مؤثر) که منجر به سبز کامل محصول شود، عملکرد محصول را به طور مؤثری افزایش خواهد داد (Oweis et al., 1998; Tavakoli and Oweis, 2004; Tavakoli et al., 2005). تحت سطوح تک‌آبیاری، تأخیر در کاشت سبب افت عملکرد و کم‌اثر شدن آبیاری می‌شود. گیاهان زراعی زمستانه از جمله گندم، اگر فرصت کافی برای رسیدن به مرحله‌ای که نسبت به سرما متحمل شوند را پیدا نکنند، دچار افت عملکرد می‌شوند. هم‌چنین تک‌آبیاری 100 میلی‌متر در تاریخ کاشت سوم نیز توجیه پذیر نیست زیرا با توجه به سرد شدن هوا، تأمین نشدن نیاز حرارتی گیاه برای رشد، کاهش تبخیر - تعرق و نزدیک شدن به وقوع بارش‌های مؤثر، این میزان آب نمی‌تواند بهره‌وری مناسب را از خود نشان دهد و 50 میلی‌متر کفایت خواهد کرد. تحقیقات فراوانی در این زمینه صورت گرفته که این نتیجه را تأیید می کنند (Caliandro and Boari, 1992; Tavakoli, 2001; Tavakoli et al., 2005). تک آبیاری زمان کاشت در جنوب ایتالیا 132 درصد عملکرد دانه ارقام گندم را افزایش داده است (Caliandro and Boari, 1992). اما تک آبیاری در مرحله گل‌دهی ارقام گندم فقط افزایش عملکردی به میزان 22-12 درصد در مراغه (Tavakoli, 2001; Tavakoli et al., 2000) و 23 درصد در جنوب ایتالیا ایجاد کرد (Caliandro and Boari, 1992). بلسون (1999) نیز طی تحقیقی در ارومیه گزارش کرد که با یک نوبت آبیاری گندم به میزان 50 میلی‌متر در زمان کاشت همراه با 60 کیلوگرم نیتروژن ، عملکردی به میزان 2853 کیلوگرم در هکتار بدست می‌آید که با شرایط دیم، تفاوت معنی‌داری نشان داد (Belson, 1999).

فرداد و گلکار (Fardad and Golkar, 2002)، طی تحقیقی در کرج نشان دادند که حداکثر سود با کاهش 65 درصد آب مورد نیاز گندم و افزایش سطح تحت آبیاری به میزان سه برابر به دست می‌آید.

میزان تولید محصول در شرایط اقلیمی مختلف، فقط به آبیاری و تاریخ کاشت بستگی ندارد بلکه رقم نیز بسیار مؤثر است (Aggrawal and Narla, 1994; Anderson, 1985; Guy et al., 1995; Oweis et al., 1998 & 2001). در محیط دارای تنش صفات وزن خوشه، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد سنبلچه بارور دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. به طوری در چنین محیطی صفات تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا خوشه‌دهی به‌دلیل استفادهٔ گیاه از مکانیسم فرار در برابر تنش اثر زیادی بر عملکرد دارد (Azizinya et al., 2005).

آبیاری تکمیلی بهینه نه فقط برای گندم بلکه برای دیگر محصولات از جمله جو، نخود و عدس (Oweis and Hachum, 2003 & 2004) نیز نتایج خوبی به دنبال داشته است، به طوری که اثر سطوح مختلف آبیاری تکمیلی بر روی ژنوتیپ‌های جو در ایکاردا بررسی شد و با 186 میلی‌متر بارش سالیانه، در حالی که عملکرد تحت شرایط دیم 260 کیلوگرم در هکتار بود با 33٪، 66٪، و 100٪ آبیاری کامل، عملکرد دانه جو به ترتیب به 1890، 4250 و 5170 کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا کرد (ICARDA, 1989). همه اینها مؤید اثر مصرف بهینه آبیاری تکمیلی در زراعت دیم برای افزایش عملکرد و بهبود بهره‌وری نهاده‌ها است.



شکل 2 – برنامه بهینه تک‌آبیاری ارقام گندم در شرایط دیم

مزیت‌های نسبی تک‌آبیاری شامل وجود سبز کامل پاییزه، جلو افتادن مرحله رشد، کنترل تبخیر از سطح خاک به خاطر وجود پوشش سبزینه‌ای مناسب، بهره‌گیری از بارش‌های پراکنده پاییزه، زودرسی محصول و نهایتاً افزایش تولید است.

بر اساس نتایج این تحقیق و با در نظر گرفتن شاخص درجه- روز و تغییرات عملکرد دانه و کاه و کلش نشان داده شد که بالاترین میزان عملکرد دانه برای سطوح تک‌آبیاری و شرایط دیم به ترتیب مربوط به ارقام V3 و V4 است و ارقام V1 و V5 وضعیت مناسبی از نظر تولید دانه ندارند. نتایج بیانگر ضرورت تک‌آبیاری 100 میلی‌متر در اولین تاریخ کاشت و کفایت تک‌آبیاری 50 میلی‌متر در تاریخ کاشت سوم است. بنابراین در مجموع بر اساس میان‌یابی، برنامه بهینه تک‌آبیاری گندم دیم به صورت 100 – 75 – 50 میلی‌متر به ترتیب در تاریخ کاشت‌های اوائل، اواسط و اواخر مهر توصیه می‌گردد (شکل 2) زیرا باعث افزایش عملکرد گندم و پایداری آن در شرایط دیم می‌گردد.

سپاسگزاری

از مساعدت‌های به عمل از سوی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم در طول اجرای این پژوهش و نیز از راهنمایی‌های ارزشمند داوران و ویراستاران مقاله در راستای بهبود کیفی مقاله صمیمانه تقدیر و امتنان به‌عمل میآید.

REFERENCES

Adary, A., Hachum, A., Oweis, T., Pala, M. 2002. Wheat productivity under supplemental irrigation in northern Iraq. On-farm water husbandry research report series, No.2. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria. 38pp.

Aggarwal, P.K., and Karla, N. 1994. Analyzing the limitations set by climatic factors, genotype, and water and nitrogen availability on productivity of water: II. Climatically potential yields and management strategies. Field Crops Res. 38: 93-103.

Anderson, W.K. 1985. Differences in response of winter cereal varieties to applied nitrogen in the field: I. some factors affecting the variability of response between sites and seasons. Field Crops Res.11: 363-367.

Anonymous, 2004. Agro-statistical. Jihed e agriculture, Iran (in Persian).

Asadi, H., Neishaboori, M.R., and Siadat, H. 2003. Evaluating the Wheat Response Factor to Water (Ky) in Different Growth Stages in Karaj. Iranian, J. Agric. Sci. Vol. 34, No.3: 579-586 (in Persian).

Azizinya, S.H., Ghanadha, M.R., Zali, A.A.,Yazdi Samadi, B., and Ahmadi, A. 2005. An Evaluation of Quantitative Traits Related to Drought Resistance in Synthetic Wheat Genotypes in Stress and Non-stress Conditions. Iranian, J. Agric. Sci. Vol. 36, No.2: 281-293 (in Persian).

Batten, G.H., and Khan, M.A. 1987. Effect of time of sowing on grain yield, nutrient uptake of wheats with contrasting phenology. Aus. J. Agric. 27: 881-887.

Belson, V. 1999. Study effects of supplemental irrigation and nitrogen rates on increasing yield of rainfed wheat varieties. Final Research Report, Agricultural Research Center of West Azarbaijan Province, (in Persian).

Caliandro, A., and Boari, F. 1992. Supplementary irrigation in arid and semi-arid regions. In: International conference on supplementary irrigation and drought water management. Valenzano (IT), 27 Sep. – 2 Oct. Vol. 1. Supplementary irrigation in arid and semi arid regions. 254 P.

Fardad, H., and Golkar, R. 2002. Economic analysis of deficit irrigation for wheat at Karaj condition. Iranian J. Agric. Sci., 23(2): 305–312 (in Persian).

FAO. 2010. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water, ver 3.1.

French, R.J., Schultz, T.E. 1984. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment: I. The relation between yield, water use and climate. Aus. J. Agric. Res. 35: 743-764.

Guy, S.O., and Tablas–Romero, H., and Heikkinen, M.K. 1995. Agronomic responses of winter wheat cultivars to management systems. J. of Prod. Agric. 8: 529-535.

Harmsen, K. 1984. Nitrogen fertilizer uses in rainfed agriculture.Fert.Res.5: 371-382.

ICARDA, 1989. Farm Resource Management Program Annual Report for 1989. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria.

Mayer, A.M., and Poljakoff-Mayber, A. 1975. The germination of seeds, 2nd, ed. Pergmon press, Elmsford, N.Y., the Mac-Millan Company, New York.

O'Leary, G.J., Connor, D.J., and White, D.H. 1985. Effect of sowing time on growth, yield and water use of rainfed wheat in the Winmera, Vic. Aus. J. Agric. Res. 36:187-196.

Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Nack, D., and Carrillo, M. 2004. Generalization of irrigation scheduling parameters using the growing degree days concept: application to a potato crop. Irrigation and Drainage, 53: 251-261

Oweis, T., and Hachum, A. 2003. Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. In: Kijne, J. W., Barker, R., and Molden, D. (Eds.) Water Productivity in Agriculture, limits and opportunities for improvement, International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka. Pp.179-198.

Oweis, T., and Hachum, A. 2004. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. 4th international crop science congress 26th Sep. to 1st Oct. 2004, Queensland, Australia.

Oweis, T., Pala, M., and Ryan, J. 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean Climate. Agro. J. 90:672-681.

Oweis, T., Salkini, A., Zhang, H., Ilbeyi, A., Hustun, H., Dernek, Z., and Erdem, G. 2001. Supplemental irrigation potential for wheat in the central Anatolian plateau of Turkey, ICARDA.

Photiades, L., and Hadjichristodoulou, A. 1984. Sowing date, sowing depth, seed rate and row spacing on wheat and barley under dryland conditions. Field Crops Res. 9: 151-162.

Stapper, M., Harris, H.C. 1989. Assessing the productivity of wheat genotype in a Mediterranean climate, using a crop-simulation model. Field Crops Res. 20: 129-152.

Tavakkoli, A.R., and Oweis, T. 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agric. Water Manage. 65:225-236.

Tavakoli, A.R. 2001. Optimal management of single irrigation on dryland wheat farming. Iranian J. Agri. Eng. Research, 2(7): 41–50. (in Persian).

Tavakoli, A.R., Belson, V., Ferri. F., and Razavi, R. 2003. Response of rainfed wheat to supplemental irrigation and nitrogen rates. Final Research Report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh, Iran. (in Persian)

Tavakoli, A.R., Belson, W., and Ferri, F. 2000. Impacts of supplemental irrigation on advanced lines of wheat. Final Research Report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh, Iran. (in Persian)

Tavakoli, A.R., Oweis, T., Ferri, F., Haghighati, A., Belson, V., Pala, M., Siadat, H., and Ketata, H. 2005. Supplemental Irrigation in Iran: Increasing and Stabilizing Wheat Yield in Rainfed Highlands. On-Farm Water Husbandry Research Report Series No.5. 46pp, ICARDA.

Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Aus. J. of Agric. Res. 51: 295-304.