

تحلیل اثرات تقویم کشت بر نیاز آبی گندم در استان سیستان و بلوچستان در شرایط تغییر اقلیم

محمد جهانتیغ¹، فاطمه کاراندیش^{2*}، معصومه دلبری³

تاریخ دریافت: 1395/3/31 تاریخ پذیرش: 1395/8/5

چکیده

افزایش گرمایش جهانی یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در جهان امروز است که با تاثیر بر فیزیولوژی گیاه، توازن آب خاک و تامین نیاز آبی از آب سبز و آبی می‌تواند عملکرد گیاه را متاثر سازد. تحت چنین شرایطی، دستیابی به امنیت آب و غذا نیازمند استفاده‌ی بهینه از منابع آب موجود و حفظ عملکرد گیاه در دوره‌های آبی می‌باشد. از آنجایی که گندم و فرآورده‌های آن مهم‌ترین سهم را در رژیم غذایی مردم جهان دارد، در این پژوهش تاثیر تغییر اقلیم بر تقویم کشت گندم و نیاز آبی آن در استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین تاثیر مدیریت در تاریخ کاشت بر کاهش اثرات منفی این پدیده‌ی جهانی بررسی شد. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل LARS-WG، مولفه‌های اقلیمی شش ایستگاه هواشناسی زابل، زاهدان، ایرانشهر، سراوان، خاش و چابهار تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 در مدل HADCM3 تا سال 2100 ریزمقیاس شدند. با تعیین بازه‌های مناسب برای کاشت و طول دوره‌های رشد اولیه، سریع، میانی و انتهایی با استفاده از دماهای کاردینال و ضریب درجه-روز رشد، نیاز آبی گیاه بدست آمد. تغییر اقلیم به دلیل افزایش معنی‌دار دما، طول دوره‌ی رشد در مراحل مختلف را بین یک تا 20 روز کاهش می‌دهد که این مساله باعث کاهش نیاز آبی گندم بین 0/03-42/7 درصد خواهد شد. اگرچه به تعویق انداختن زمان کاشت در شرایط تغییر اقلیم، طول فصل کشت را بین 12 تا 25 روز کاهش می‌دهد، اما نیاز آبی را بین 1/27 تا 778 مترمکعب در هکتار افزایش خواهد داد. براساس نتایج، مدیریت تقویم کشت گندم راه‌کاری موثر برای دستیابی به کشاورزی پایدار در اقلیم آینده استان سیستان و بلوچستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تقویم کشت، کشاورزی پایدار، گرمایش جهانی، گندم، مدل LARS-WG، مدل HADCM3

مقدمه

اقلیمی موثر بر تغییر نیاز آبی گیاه می‌باشند (Tao et al., 2003; Zhang et al., 2013).

نیاز آبی گیاه نقشی مهم و اساسی در برنامه‌ریزی مصرف آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده دارد. سهم بالای نیاز آبی گیاه در چرخه هیدرولوژیکی آب باعث می‌شود تا تغییر اقلیم تهدیدی برای تشدید بحران جهانی آب محسوب شود. از سویی دیگر، وجود یک ارتباط مستقیم بین میزان عملکرد محصول و نیاز آبی گیاه (Karandish et al., 2016)، تهدید امنیت غذایی را نیز در شرایط تغییر مولفه‌های اقلیمی به همراه خواهد داشت. این در حالی است که افزایش جمعیت جهان به مرز 9/2 میلیارد نفر در سال 2050 (Chapagain and Tickner 2012) و تشدید نیاز به مصرف آب بیش‌تر جهت تولید غذای مورد نیاز این جمعیت رو به رشد، لزوم اخذ تدابیری در راستای کاهش اثرات منفی این پدیده‌ی طبیعی بر امنیت غذایی و کاهش بحران جهانی آب را مشهودتر می‌سازد. مرور تحقیقات انجام شده، نشان‌دهنده اثرات متفاوت تغییر اقلیم بر نیاز آبی آبیاری محصولات و مناطق مختلف می‌باشد. افزایش 15-20 درصد در نیاز آبیاری فصلی در اسپانیا (Rodriguez Diaz et al. 2007) و

در حد فاصل سال‌های 1880 تا 2012، دمای کره‌ی زمین 0/65 تا 1/06 درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یافت (IPCC, 2014). افزایش گرمایش جهانی می‌تواند به واسطه افزایش دما اثرات منفی بر رشد گیاه و توسعه‌ی آن داشته باشد زیرا دما یکی از مولفه‌های مهم و اساسی در زندگی گیاه می‌باشد (Luo, 2011). دما بر طول دوره‌ی رشد، میزان عملکرد محصول و کیفیت آن موثر است. نیاز آبی گیاه نیز می‌تواند از یک سو، به دلیل تغییر مولفه‌های اقلیمی و از سوی دیگر به دلیل متاثر بودن آن از طول دوره‌ی رشد و عملکرد محصول، در نتیجه تغییر اقلیم افزایش و یا کاهش داشته باشد. به عنوان مثال، افزایش شرایط خشکی در نتیجه‌ی افزایش دما و تغییر طول دوره‌ی رشد گیاه در نتیجه‌ی تغییرات زمانی و مکانی بارش از جمله عوامل

1- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل

2- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل

3- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل

* - نویسنده مسئول: (Email: F.Karandish@uoz.ac.ir)

زابل، زاهدان، چابهار، ایرانشهر، خاش و سراوان جمع‌آور شد و پس از بررسی همگنی و نرمال بودن آن‌ها، در تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر کشت گندم استفاده شد.

تولید داده‌های هواشناسی تا سال 2100

به منظور ریزمقیاس‌نمایی داده‌های بزرگ مقیاس در خروجی مدل‌های گردش عمومی جو GCM، از مدل LARS-WG استفاده شد (Reddy et al., 2014). فرآیند تولید داده‌ها در مدل مذکور شامل سه بخش واسنجی، صحت‌سنجی و شبیه‌سازی می‌باشد. برای انجام دو مرحله‌ی اول، آمار 30 ساله تابش، دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش در ایستگاه‌های منتخب وارد مدل شده و با مقایسه‌ی مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بر اساس معیارهای ارزیابی، صحت مدل در ایستگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بعد از آن، با استفاده از مدل HadCM3 و تحت سناریوهای A1B، A2 و B1، شبیه‌سازی مولفه‌های اقلیمی دما و بارش طی سه دوره سی ساله 2011-2040، 2041-2070 و 2071-2100 انجام شد.

تعیین تقویم کشت

بر اساس محدوده دمایی مناسب برای کشت گندم، بازه‌ی زمانی مشترک برای کاشت در دوره‌ی پایه و سه دوره‌ی زمانی در آینده در سناریوهای منتخب تعیین شد. سپس، در هر ایستگاه، تاریخ‌های کاشت هر 14 روز یک‌بار از ابتدای بازه‌ی مشترک در نظر گرفته شد. در نهایت، طول دوره‌ی رشد گیاه بر اساس مجموع درجه-روز (GDD) لازم برای رسیدن به مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیکی محاسبه شد (Sandhu et al., 2013). بدین منظور، دمای آستانه و دمای حداکثر برای گیاه گندم به ترتیب 4 و 26 درجه‌ی سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (رضایی و همکاران، 1387).

برآورد نیاز آبی گیاه

تبخیر-تعرق واقعی گیاه از حاصل‌ضرب نیاز آبی پتانسیل در ضرایب گیاهی برای هر یک از مراحل چهارگانه‌ی رشد در طول فصل کشت گندم محاسبه شد. طول مراحل مختلف رشد بر اساس نسبت‌های بدست آمده از مقادیر پیشنهادی در گزارش شماره‌ی 56 فائو تعیین ضرایب گیاهی برای مرحله‌ی رشد اولیه و میانی و در انتهای فصل رشد به ترتیب برابر با 0/3، 1/15 و 0/4 در نظر گرفته شد (Allen et al., 1998). میزان تبخیر-تعرق پتانسیل در طول دوره‌ی پایه بر اساس رابطه‌ی فائو پنمن-مانتیت برآورد شد. از آنجایی که امکان برآورد تمام متغیرهای مورد نیاز در این معادله هم‌چون، فشار بخار اشباع و واقعی، رطوبت نسبی و باد تا سال 2100 با استفاده از مدل LARS-WG وجود ندارد، بنابراین قابلیت مدل‌های هارگریوز-

حوزه رودخانه آرکانزاس (Elgaali et al., 2007) و افزایش نیاز آبیاری گندم به علت کاهش بارندگی در ترکیه (Yano et al. 2007) شواهدی بر این مدعا هستند. بررسی تغییرات نیاز آبی اراضی شالیزاری در اثر تغییر اقلیم در سریلانکا نشان‌دهنده 13 تا 23 افزایش نیاز آب آبیاری در سناریوهای مختلف اقلیمی می‌باشد (de-Silva et al. 2007). با این وجود، گزارش شد در اثر تغییر اقلیم در منطقه‌ای در میانمار، نیاز آبی برنج تحت سناریوی مختلف اقلیمی کاهش خواهد یافت (Shrestha, 2014). عزیزی و روشنی (1388) به بررسی تغییر اقلیم روی دما و تقویم زراعی برنج در گیلان پرداختند و نشان دادند که دما در حال افزایش است و این افزایش دما موجب جابجایی فصلی و تقویم زراعی می‌شود. برخی محققان دیگر نیز تغییر معنی‌دار تقویم کشت و نیاز آبی گندم، کاساوا، نخودفرنگی، برنج، ذرت و سورگوم را در نتیجه‌ی وقوع تغییر اقلیم گزارش کردند (Waha et al., 2013; Yegbemey et al., 2013; Tingem et al., 2008).

برخی محققان بر این باورند که سازگاری یکی از سیاست‌های کارآمد در مواجهه با چنین پدیده‌های طبیعی بوده (Adger et al., 2006; Kurukulasuriya, 2003) و عدم تطابق با شرایط اقلیمی جدید ضررهای اقتصادی بی‌شماری را برای زارعان به همراه خواهد داشت (Mendelsohn et al., 1994). تغییر در تاریخ اعمال مدیریت‌های زراعی مانند تاریخ کاشت و برداشت یکی از معمول‌ترین راهکارهایی است که در چنین شرایطی پیشنهاد می‌شود (Gnangle et al., 2012; Yegbemey et al., 2013). با این وجود، اطمینان از کارآمد بودن چنین روش‌هایی نیازمند تحلیل دقیق اثرات احتمالی آن‌ها بر نیاز آبی و عملکرد گیاه در شرایط تغییر مولفه‌های اقلیمی می‌باشد. به همین منظور در این پژوهش، به بررسی تاثیر تغییر اقلیم و مدیریت کشت گندم با تغییر تاریخ کاشت بر طول دوره‌ی رشد و نیاز آبی گیاه گندم در استان سیستان و بلوچستان، به عنوان پهناورترین استان ایران، پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌های مورد نیاز

این پژوهش در استان سیستان و بلوچستان صورت گرفت. این استان در محدوده جغرافیایی 25 درجه و 3 دقیقه تا 31 درجه و 9 دقیقه عرض شمالی و 58 درجه و 49 دقیقه تا 63 درجه و 20 دقیقه طول شرقی قرار داشته و با وسعتی معادل 181785 کیلومتر مربع، پهناورترین استان کشور می‌باشد. میانگین 50 ساله بارش، حداقل و حداکثر دمای استان به ترتیب برابر با 50 میلی‌متر، 12 و 40 درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم حاکم بر استان از نظر طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، بیابانی می‌باشد. آمار 30 ساله‌ی داده‌های هواشناسی در دوره‌ی پایه (2010-1981) در شش ایستگاه سینوپتیک در شهرستان‌های

نتایج و بحث

واسنجی و صحت‌سنجی مدل ریزمقیاس‌ساز

نتایج ارزیابی مدل LARS-WG در جدول 1 ارائه شد. نتایج آزمون t حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده‌ی بارش و دما در شش ایستگاه سینوپتیک منتخب در سطح پنج درصد می‌باشد. همچنین، محدوده‌ی تغییرات RMSE (1/96-5/35mm برای بارش، 0/15-0/34°C برای دمای حداقل و 0/21-0/39°C برای دمای حداکثر) و ضریب کارایی نزدیک به یک، کارآمد بودن این مدل را در تولید داده‌ها اقلیمی نشان می‌دهد که این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد (Reddy et al., 2014; Zhang et al., 2013).

سامانی (Hargreaves and Samani., 1985)، رگرسیون خطی و سیستم استنتاج عصبی-فازی (ANFIS) برای تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل در مقایسه با رابطه‌ی فائو پنمن-مانتیت ارزیابی شد. پس از تعیین روشی با دقت بالاتر، ابتدا مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل روزانه و سپس، مقادیر نیاز آبی گیاه برای هر دوره در سناریوهای منتخب، محاسبه شد.

معیارهای ارزیابی

کارایی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی و قابلیت معادلات تجربی و سیستم استنتاج عصبی-فازی در تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل بر اساس آماره‌های مجموع مجذور مربعات خطا (SSE) (Reddy et al., 2014)، ضریب کارایی مدل (EF) (Nash and Sautcliffe, 1970) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) (Wang et al., 2006) ارزیابی شد.

جدول 1- نتایج ارزیابی مدل LARSWG در تولید مولفه‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان

دمای حداکثر			دمای حداقل			بارش			نام ایستگاه‌ها
SSE	RMSE	EF	SSE	RMSE	EF	SSE	RMSE	EF	
0/99	0/30	99/87	0/87	0/28	99/88	295/87	5/19	62/48	ایرانشهر
0/52	0/21	99/57	0/26	0/15	99/89	314/82	5/35	75/16	چابهار
0/81	0/27	99/89	0/72	0/25	99/87	274/44	4/99	87/99	خاش
0/81	0/27	99/88	0/62	0/23	99/90	65/75	2/45	85/91	سراوان
1/75	0/39	99/83	0/53	0/22	99/94	42/11	1/96	88/57	زابل
0/80	0/27	99/89	1/28	0/34	99/76	51/09	2/15	86/44	زاهدان

برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع در دوره‌ی پایه (2010-1981) داشت. بنابراین از این روش برای تخمین تبخیر-تعرق مرجع تا سال 2100 استفاده شد.

نتایج ارزیابی مدل‌های منتخب در برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل در جدول 2 نشان می‌دهد که مدل رگرسیون با استفاده از داده‌های دمای میانگین به عنوان ورودی، با مقادیر RMSE برابر با 0/34-0/76 میلی‌متر و ضریب کارایی مدل 0/67-0/95، بیش‌ترین دقت را در

جدول 2- ارزیابی روش‌های برآورد تبخیر-تعرق مرجع در دوره‌ی پایه (2010-1981)

رگرسیون						ANFIS				پرستلی-تیلور		هارگریوز-سامانی		نام ایستگاه
دمای حداکثر		دمای میانگین		آزمون		آموزش		RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE	EF	
RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE	EF	RMSE	EF							
0/35	0/65	0/34	0/66	0/34	0/67	1/14	0/32	1/18	0/29	1/61	0/69	4/28	0/26	چابهار
0/76	0/92	0/78	0/92	0/76	0/92	2/11	0/67	2/10	0/68	1/96	0/55	9/04	0/66	خاش
0/71	0/95	0/77	0/94	0/72	0/94	2/84	0/59	2/83	0/59	2/42	0/51	6/00	0/59	ایرانشهر
1/38	0/96	2/02	0/91	0/69	0/93	2/59	0/87	2/61	0/88	8/00	0/47	4/70	0/65	زابل
0/44	0/98	0/88	0/90	0/64	0/95	1/70	0/76	1/66	0/78	3/15	0/56	5/34	0/66	زاهدان
0/62	0/93	0/59	0/94	0/59	0/94	1/15	0/82	1/13	0/83	1/64	0/71	5/32	0/82	سراوان

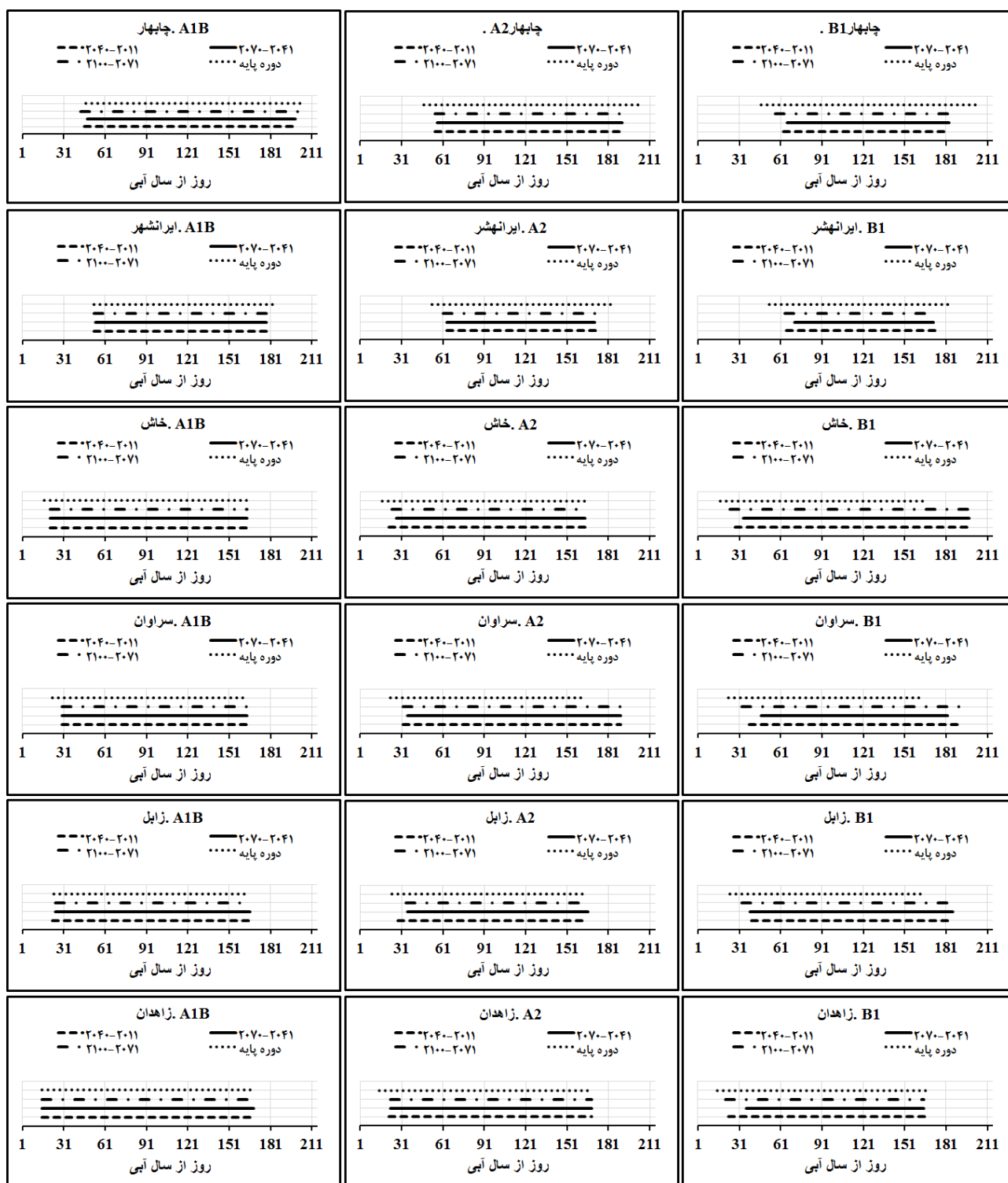
0/017 تا 0/039 درجه‌ی سانتی‌گراد در سال در منطقه‌ی مطالعاتی، بازه‌ی مناسب برای کشت را بین 21-16 روز به سمت فصل‌های سرد سال جابجا نموده که این جابجایی در ایستگاه‌های زابل و زاهدان به

تغییر تقویم کشت تحت تغییر اقلیم

شکل 1 نشان می‌دهد که بر اساس دماهای آستانه‌ی 4 و 26 درجه‌ی سانتی‌گراد، افزایش گرمایش جهانی با نرخ افزایش دما معادل

مناسب برای کاشت گندم در دیگر ایستگاه‌های واقع در استان سیستان و بلوچستان را نیز افزایش خواهد داد.

ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار را داشت. علاوه بر آن، به جز ایستگاه‌های ایرانشهر و چابهار، افزایش گرمایش جهانی طول دوره‌ی



شکل 1- بازه‌ی زمانی مناسب برای کاشت گندم در استان سیستان و بلوچستان در بازه‌ی زمانی 1981-2100

کاهش می‌یابد که دلیل آن را می‌توان در خرداقلیم‌های حاکم بر

اما این بازه برای دو ایستگاه ایرانشهر و چابهار بین 5-40 روز

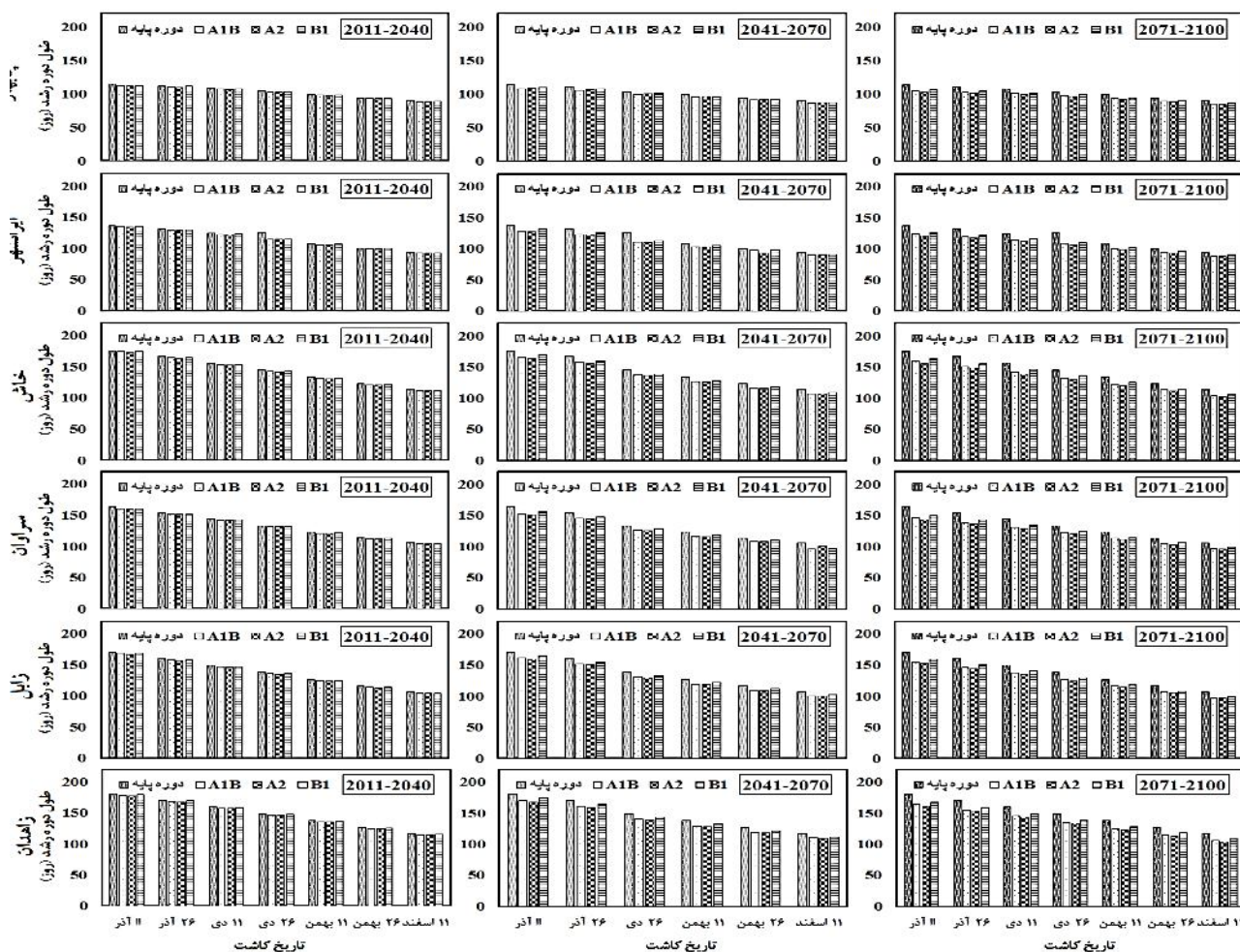
پرشدن دانه‌ها می‌تواند بر وزن هر دانه اثر منفی بگذارد، لکن با گذشت زمان این تاثیر کاهش می‌یابد (Stone and Nocolas., 1995a). چنانچه تنش‌های گرمایی با نرخ بالا به یکباره در مرحله پر شدن دانه‌ها اتفاق بیفتد، عملکرد دانه را کاهش خواهد داد، این در حالی است که افزایش تدریجی آن در این مرحله می‌تواند شرایط سازگاری با تنش را فراهم آورده و از اثرات منفی حرارت‌های بالا بر عملکرد محصول بکاهد (Stone and Nicolas., 1995b). نتایج برخی پژوهش‌های دیگر نشان می‌دهد که اثرات منفی درجه حرارت-های بالا در روزهای نزدیک به مرحله‌ی گل‌دهی می‌تواند بسیار بیش‌تر از این مضرات پس از گل‌دهی باشد (Lu., 2011). یک دوره‌ی بسیار کوتاه تنش حرارتی با درجه‌ی حرارت بالاتر از 35 درجه‌ی سانتی‌گراد، میزان محصول گندم را به شدت کاهش می‌دهد (Porter and Semenov., 2005). 46 درصد کاهش در میزان عملکرد دانه‌ی گیاه در نتیجه‌ی اعمال درجه حرارت‌های فراتر از تحمل گیاه در مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها در گیاهان گندم و جو مشاهده شد (Ugarte et al., 2007). به این ترتیب، کشت گندم باید به نحوی صورت بگیرد که از یک‌سو، از هم‌زمان شدن مراحل حساس رشد با دماهای بسیار زیاد ممانعت به عمل آورد و از سوی دیگر، از تلفات محصول به دلیل تنش‌های محیطی بکاهد. این امر، مستلزم انجام تحقیقات مزرعه‌ای دقیق با بررسی تمام محدودیت‌های رشد به ازای تاریخ‌های مختلف کاشت خواهد بود.

نیاز آبیاری گندم در استان سیستان و بلوچستان

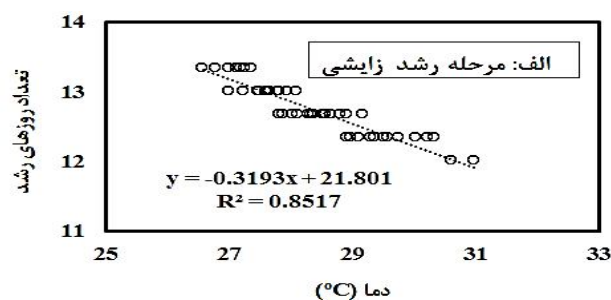
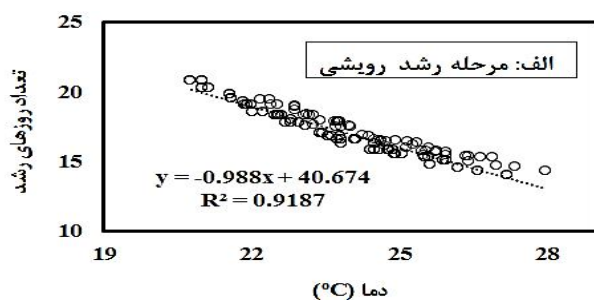
تعیین نیاز دقیق آبیاری اهمیت بسیاری در مدیریت مصرف منابع آبی محدود در شرایط وقوع تغییر اقلیم در بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب شیرین دارد (Karandish et al., 2016). از یک‌سو، آبیاری باید تامین کننده نیاز آبی گیاه باشد تا از کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی آن جلوگیری کند و از سوی دیگر، باید به گونه‌ای باشد که از تلفات منابع ارزشمند و محدود آبی بکاهد (SAI, 2010). محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه گندم در اقلیم آینده‌ی استان سیستان و بلوچستان حاکی از کاهش نیاز آبی گندم می‌باشد (شکل 4). این کاهش در مراحل رشد اولیه، سریع، میانی و انتهایی به ترتیب 0/03-42/7، 0/084-38/2، 0/12-41/6 و 0/11-32/2 درصد می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که تاثیر کم‌تر شدن تعداد روزهای لازم برای تکمیل هر دوره بر نیاز آبی، بیش‌تر از تاثیر افزایش دما بود. بنابراین برنامه‌ریزی بر اساس وضع موجود در دوره‌ی پایه، میزان مصرف آب در دوره‌ی رشد اولیه، سریع، میانی و پایه را به ترتیب تا 52/4، 390، 1250 و 520 مترمکعب در هر هکتار سطح زیرکشت گندم افزایش خواهد داد.

استان جستجو نمود. زمان کاشت از جمله مهم‌ترین تاریخ‌ها در تقویم زراعی یک گیاه است، زیرا سایر فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. کشت زود و یا دیر هنگام با به همراه داشتن اثراتی همچون افزایش خطر سرمازدگی، شیوع آفات و بیماری‌ها، افزایش طول دوره‌ی رشد گیاه و کاهش فرصت لازم برای آماده‌سازی زمین در کشت‌های نوبت دوم می‌تواند خسارت‌های اقتصادی بسیاری را برای گیاهان به همراه داشته باشد (Yegbemy et al., 2013).

بر اساس تاریخ‌های مشترک بین تمام سناریوها در حد فاصل سال‌های 1981-2100، روزهای 11 و 26 آذر، 11 و 26 دی، 11 و 26 بهمن و 11 و 26 اسفند ماه به عنوان تاریخ کاشت در تمام ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. شکل 2 مدت زمان لازم برای تکمیل شدن چهار دوره‌ی رشد ابتدایی، سریع، میانی و انتهایی را نشان می‌دهد. افزایش دما تعداد روزهای لازم برای رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه را بین یک تا 20 روز کاهش داد. همچنین، به تعویق انداختن زمان کاشت، اثر تغییر اقلیم را شدت بخشیده و طول فصل کشت را بین 12 تا 25 روز کاهش می‌دهد. بیش‌ترین کاهش تعداد روزهای لازم برای رسیدگی گیاه در بازه‌ی زمانی 2071-2100 و تحت سناریوی A2 به دلیل افزایش بیش‌تر دما مشاهده شد. تغییرات اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان طول دوره‌ی رشد رویشی را بیش‌تر از طول دوره‌ی رشد زایشی تغییر داد. وجود یک همبستگی مثبت و معنی‌دار با ضریب همبستگی بالا بین دمای اتمسفر و روزهای لازم برای تکمیل دوره‌های اولیه و سریع رشد (دوره‌ی رشد رویشی) و کاهش مقدار این ضریب در دوره‌های رشد میانی و انتهایی (دوره‌ی رشد زایشی) در شکل 3 نیز موید این نتیجه است. کاهش طول دوره‌ی رشد در مرحله‌ی رشد رویشی می‌تواند به دلیل افزایش درجه‌ی حرارت محیط و متعاقب آن، دمای خاک باشد. زیرا در این مرحله، رشد و توسعه‌ی هر دو اندام هوایی و ریشه به شدت متاثر از دمای خاک است (Keane, 2002; Crowley, 2005; Hund et al., 2008). با این وجود، تاثیر دما در کاهش روزهای لازم برای تکمیل طول دوره‌ی رشد زایشی کم‌تر از اثر ویژگی‌های گیاهی است، زیرا بخش هوایی گیاه به رشد کامل خود رسیده است. اگرچه کاهش طول دوره‌ی رشد گیاه می‌تواند منافی را همچون آماده‌سازی زود هنگام زمین برای کشت دوم فراهم آورد، لکن توجه به بالاتر بودن دما در تاریخ‌های دیرتر و تاثیر معنی‌دار آن بر میزان عملکرد محصول (Peng et al., 2004) تصمیم‌گیری در این زمینه را با دشواری‌هایی همراه می‌سازد. نتایج پژوهشی در استرالیا نشان می‌دهد که تنش گرمایی در مرحله‌ی پر شدن دانه‌های گندم مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد محصول می‌باشد (Lu., 2011). حتی وجود یک دوره‌ی کوتاه حرارت بالا در اوایل مرحله‌ی پر شدن دانه‌ها می‌تواند عکس‌العمل مثبت گندم را به خنک شدن هوا کاهش داده و باعث کاهش معنی‌دار محصول شود (Stone et al., 1995). اگرچه اعمال تنش‌های گرمایی در اوایل



شکل 2- تعداد روزهای لازم برای تکمیل دوره‌ی رشد در بازه‌ی زمانی 1981-2100



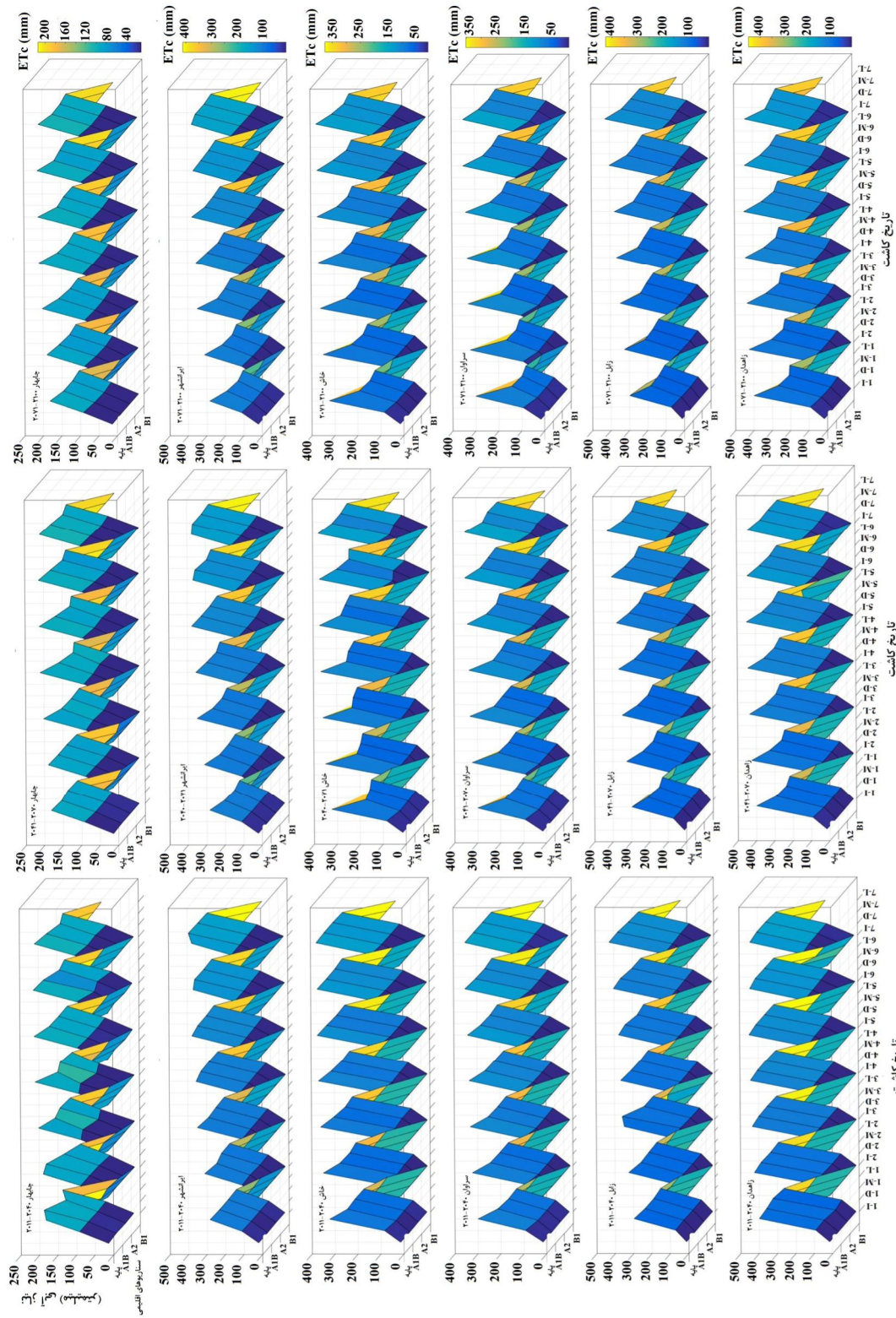
شکل 3- همبستگی بین دمای اتمسفر و روزهای لازم برای تکمیل دوره‌های مختلف رشد

سیستان و بلوچستان خواهد داشت. علی‌رغم کوتاه‌تر شدن طول دوره‌ی رشد، تغییر تاریخ کشت به فصل‌های گرم‌تر باعث افزایش 53/3-0/08 درصدی نیاز آبی گندم در بازه‌ی زمانی 2011-2100 خواهد شد. تاثیر اعمال مدیریت در تاریخ کشت بر افزایش نیاز آبی گندم در ایستگاه‌های ایرانشهر (5/6-53/4 درصد)، زابل (2-45/5 درصد) و سراوان (4/4-45/6 درصد) بیش‌تر از ایستگاه‌های دیگر بود. این

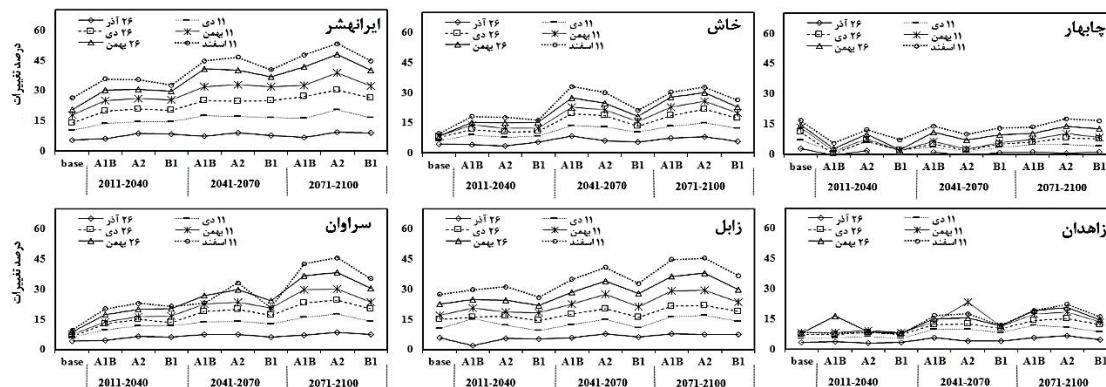
به طور کلی و صرف‌نظر از ایستگاه‌های مورد بررسی، اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی در بازه‌ی زمانی 2071-2100 و سناریوی B1 بیش‌تر بود. اگرچه تغییر اقلیم نیاز آبی گندم را کاهش می‌دهد، لکن تعویق کشت می‌تواند اثرات منفی را به همراه داشته باشد. شکل 5 نشان می‌دهد که مدیریت تاریخ کاشت گندم در شرایط تغییر اقلیم تاثیر قابل توجهی در حجم آب اختصاص یافته به کشت این محصول در استان

اقلیم‌های متفاوت در این شهرستان‌ها باشد.

مدیریت کم‌ترین تاثیر را بر نیاز آبی در ایستگاه چابهار (0/1-17/7) درصد) داشت که دلیل این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل حاکم بودن خرد



شکل ۴- نیاز آبی گیاه گندم در مراحل رشد اولیه (A)، سریع (B)، میانی (M) و انتهایی (L) در تقویم‌های کشت ۱۱ آذر (۱)، ۲۶ آذر (۲)، ۱۱ دی (۳)، ۲۶ دی (۴)، ۱۱ بهمن (۵)، ۲۶ بهمن (۶) و ۱۱ اسفند (۷)



شکل 5- درصد تغییرات نیاز آبی در کل فصل رشد در نتیجه‌ی جابجایی تاریخ کاشت نتیجه‌گیری

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guideline for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. p.300.

Crowley, J.G. 2005. Effect of variety, sowing date and photo-degradable plastic cover on the yield and quality of maize silage // Irish Agriculture and Food Development Authority.

de-Silva, C.S., Weatherhead, E.K., Knox, J.W. 2007. Predicting the impacts of climate change: a case study on paddy irrigation water requirements in Sri Lanka. *Agricultural Water Management*. 93.1-2: 19-29.

Elgaali, E., Garcia, L.A., Ojima, D.S. 2007. High resolution modeling of the regional impacts of climate change on irrigation water demand. *Climatic Change*. 84:441-461.

Gnanglè, P.C., Yabi, J.A., Yegbemey, N.R., Glèlè-Kakaï, L.R., Sokpon, N. 2012. Rentabilité économique des systèmes de production des parcs à Karité dans le contexte de l'adaptation au changement climatique du Nord-Bénin. *African Crop Science Journal*. 20.2: 589-602.

Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Trans ASAE*. 1:96-99.

Hund, A., Fracheboud, Y., Soldati, A., Stamp, P. 2008. Cold tolerance of maize seedlings as determined by root morphology and photosynthetic traits. *European Journal of Agronomy*. 28: 178-185

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. Summary of policymakers: Emissions scenarios. Pp: 21.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

به این ترتیب جابجایی فصل کشت به زمان‌های دیرتر، افزایشی معادل 1/27 تا 778 مترمکعب در هکتار برای آب آبی مورد نیاز در کشت گندم در محدوده‌ی سال‌های 2011-2100 به همراه خواهد داشت. این مساله نشان می‌دهد که با وجود کوتاه‌تر شدن طول دوره-ی کشت در کشت‌های دیر هنگام، اثرات منفی بالا رفتن دما، باعث افزایش نیاز آبیاری خواهد شد.

در این پژوهش، اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر کشت گندم در پهناورترین استان ایران بررسی شد. افزایش دما در تمام سناریوهای مورد بررسی در حد فاصل سال‌های 2011-2100 طول دوره‌ی رشد گیاه را به دلیل وابستگی خطی آن با دماهای کاردینال کاهش می‌دهد. این کاهش تا به حدی است که علی‌رغم افزایش گرما، نیاز آبی گیاه نیز در تمام دوره‌های رشد اولیه، سریع، میانی و انتهایی کاهش حداکثر تا 52/4-520 مترمکعب در هکتار کاهش می‌یابد. همچنین بررسی تقویم‌های کشت مختلف نشان می‌دهد که سامان‌دهی زمان کاشت می‌تواند آثار منفی تغییر اقلیم را تا حدی کاهش دهد به نحوی که کشت زود هنگام باعث 1/27 تا 778 مترمکعب در هکتار صرفه-جویی در مصرف آب در کشت گندم خواهد شد. به این ترتیب، مدیریت زمان کشت گندم می‌تواند به عنوان راهکاری برای تطابق با تغییر اقلیم و افزایش بهره‌وری بارندگی در اقلیم آینده‌ی استان سیستان و بلوچستان محسوب شود.

منابع

عزیزی، ق و روشنی، م. 1388. تحلیلی بر مفاهیم و اثرات تغییر اقلیم روی دما و تقویم زراعی برنج در گیلان، فصلنامه فضای جغرافیایی. 4. 8: 143-155.

Adger, W.N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., Hulme M. 2003. Adaptation to climate change in the developing world Program in Development Studies. 3: 179-195.

- stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain Growth. *Aust J Plant Physiol* 22:927–934.
- Stone, P.J., Nicolas, M.E. 1995b. Comparison of sudden heat stress with gradual exposure to high temperature during grain filling in two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain Growth. *Australian Journal Plant Physiology*. 22:935–944.
- Stone, P.J., Savin, R., Wardlaw, I.F., Nicolas, M.E. 1995. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat. I. Grain Growth. *Australian Journal Plant Physiology*. 22:945–954.
- Tao, F., Yokozawa, M., Hayashi, Y., Lin, E. 2003. Changes in soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production. *Agriculture and Forest Meteorology*. 118: 251–261.
- Tingem, M., Mike, R., Gianni, B., Sayed, A.A., Jeremy, C. 2008. Comparative assessment of crop cultivar and sowing dates as adaptation choice for crop production in response to climate change in Cameroon. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology* 2: 10-17.
- Ugarte, C., Calderini, D.F., Slafer, G.A. 2007. Grain weight and grain number responsiveness to preanthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Res* 100:240–248.
- Waha, K., Müller, C., Bondeau, A., Dietrich, J.P., Kurukulasuriya, P., Heinke, J., Lotze-Campen, H. 2013. Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change* 23: 130-143.
- Wang, X., Mosley, C.T., Frankenberger, J.R. and Klavivko, E.J. 2006. Subsurface drain flow and crop yield predictions for different drain spacings using DRAINMOD. *Agricultural Water Management*, 79: 113–136.
- Yano, T., Aydin, M., Haraguchi, T. 2007. Impact of Climate Change on Irrigation Demand and Crop Growth in a Mediterranean Environment of Turkey. *Sensors* 7: 2297-2315.
- Yegbemey, R.N., Yabi, J.A., Tovignan, D.S., Gantoli, G., Kokoye, S.E.H. 2013. Farmers' decisions to adapt to climate change under various property rights: a case study of maize farming in Northern Benin (West Africa). *Land Use Policy*. 34:168–175.
- Zhang, D., Xiaomang, L., Haoyuan, H. 2013. Assessing the effect of climate change on reference evapotranspiration in China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 27: 1871-1881.
- Keane, G.P. 2002. Agronomic factors affecting the yield and quality of forage maize in Ireland: effect of sowing date and plastic film treatment. *Grass and Forage Science*. 578: 3–10.
- Kurukulasuriya, P., Mendelsohn, R. 2006. A Ricardian analysis of the impact of climate change on African cropland. CEEPA Discussion Paper No. 8. Centre for Environmental Economics and Policy in Africa University of Pretoria.
- Luo, Q. 2011. Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*. 109: 583-598.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., Shaw, D. 1994. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis *American Economic Review*. 84: 753–771.
- Nash, J.E and Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 10: 282-290.
- Peng, S.B., Huang, J.L., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X.H., Centeno, G.S., Khush, G.S and Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceeding of the National Academic Sciences*. U.S.A. 101, 9971–9975.
- Porter, J.R., Semenov, M.A. 2005. Crop responses to climatic variation. *Philos Trans R Soc B: Biological Sciences* 360:2021–2035.
- Reddy, K.S., Kumar, M., Maruthi, V., Vijayalaxmi, B.U., Nageswar-Rao, C.V.K. 2014. Climate change analysis in southern Telangana region, Andhra Pradesh using LARS-WG model. *Current science*. 107.54: 54-62.
- Rodriguez Diaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*. 2007. 7:149–159.
- SAI Platform Water Working Group. 2010. Principles & Practices for the Sustainable Water Management.
- Sandhu, S.S., Prabhjyot-Kaur and Gill, K.K. 2013. Weather Based Agro Indices and Grain Yield of Rice Cultivars Transplanted on Different Dates in Punjab. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*. 4: 10: 1019-1026.
- Shrestha, S. 2014. Climate Change Impacts and Adaptation in Water Resources and Water Use Sectors, Springer Water, Springer International Publishing Switzerland.
- Stone, P.J., Nicolas, M.E. 1995a. Effect of timing of heat

Analyzing the Influences of Cropping Calendar on Wheat Water Requirement in Sistan and Baluchestan Province under Climate Change

M. Jahantigh¹, F. Karandish^{2*}, M. Delbari³
Recived: Jun.20, 2016 Accepted: Oct.26, 2016

Abstract

Global warming is a one of the most important natural hazard in the current world which could affect crop yields through affecting plant physiology, soil water balance and crop water requirement via green and blue water. Under such circumstances, achieving water and food security through an optimal usage of water resources and maintaining crop yield level requires measures for adapting with this major environmental challenge in the future periods. Since wheat and its produces has a the most important share in peoples' food diet, the climate change effect on wheat cropping calendar and its water requirement in Sistan and Baluchestan province was investigated in this research. Also, the influence of managing sowing date on diminishing the negative effects of this global event was assessed. After calibrating and validating LARS-WG, the climatic variables in six synoptic stations of Zabol, Zahedan, Iranshahr, Saravan, Khash and Chabahar were downscaled under three scenarios of A1B, A2 and B1 of HADCM3 model up to 2100. Crop water requirement was calculated by determining suitable crop cultivation periods based on cardinal temperature and determining the length of initial, developing, mid-season and late-season stages based of growth degree day coefficient. Climate change decrease the length of different growth stages by 1-20 days due to significant temperature increase which led to 0.03-42.7 percentage decrease in wheat water requirement. Although delaying wheat cultivation will intensify the climate change effects and shorten the growing period by 12-25 days, water requirement will increase by $1.27-778 \text{ M}^3 \text{ ha}^{-1}$. Based on the results, the management of wheat cultivation calendar can be effective way to achieve sustainable agriculture under future climate condition of the Sistan and Baluchestan province.

Keywords: Cropping calendar, Global warming, HADCM3, LARS-WG model, Sustainable agriculture

1- MSc Student, Water Engineering Department, University of Zabol

2- Assistant Professor, Water Engineering Department, University of Zabol

3- Associate Professor, Water Engineering Department, University of Zabol

(*- Corresponding Author Email: F.Karandish@uoz.ac.ir)