شناسایی و تحلیل تأثیر پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی بر مراحل مختلف فنولوژی گندم دیم در استان کردستان

منوچهر فرج‌زاده اصل[1*]، اسدالله خورانی[2]، سعید بازگیر[3]، پرویز ضیائیان[4]

1- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- استادیارگروه مرتع داری و آبخیز داری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
3- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
4- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

دریافت: 28/ 11/ 88 پذیرش: 14/ 2/ 89

چکیده

در این مطالعه، اثر شاخص‌های هواشناسی کشاورزی و پارامترهای اقلیمی را بر عملکرد محصول گندم دیم در استان کردستان شناسایی کرده‌ایم. به این منظور، هم‌بستگی داده‌های مربوط به عملکرد محصول گندم دیم و شش شاخص هواشناسی کشاورزی (مجموع اختلاف دمای حداکثر و حداقل روزانه[1]، مجموع درجهٔ روزهای رشد[2]، مجموع واحدهای حرارتی - آفتابی[3]، مجموع واحدهای حرارتی - نوری[4]، مجموع کمبود فشار بخار آب[5]، میانگین تبخیر و تعرق[6]) و نیز یازده عنصر اقلیمی (میانگین حداکثر و حداقل دمای روزانه، میانگین دمای روزانه، مجموع بارش و تعداد روزهای بارانی، مجموع میزان ساعت‌های آفتابی واقعی، میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی، کمترین و بیشترین دمای ثبت‌شدهٔ روزانه، میانگین سرعت و حداکثر سرعت ثبت‌شدهٔ باد) را در شش مرحلهٔ فنولوژیکی رشد گیاه، از کاشت تا برداشت، استخراج کرده‌ایم. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در نخستین مرحلهٔ فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ کاشت تا سه‌برگی شدن (16 مهر تا 16 آبان)، عامل دما؛ در دومین مرحلهٔ فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ رشد اولیهٔ قبل از مرحلهٔ خواب (17 آبان تا 21 آذر)، عامل بارش؛ در سومین مرحلهٔ فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ خواب (22 آذر تا 25 اسفند)، نوسان‌های دمایی؛ در پنجمین مرحلهٔ فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ زایشی (22 اردیبهشت تا 20

* نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail: farajzam@modares.ac.ir

1. temperature difference (TD)
2. growing degree days (GDD)
3. heliothermal units (HTU)
4. photothermal units (PTU)
5. vapor Pressure deficit (VPD)
6. evapotranspiration (PET)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

خرداد)، عامل رطوبت نسبی و حداقل مطلق دما؛ در ششمین مرحلهٔ فنولوژیکی یا مرحلهٔ رسیدگی (21 خرداد تا 20 تیر)، عامل رطوبت نسبی؛ در عملکرد گندم دیم در استان کردستان تأثیرگذار بوده‌اند. در چهارمین مرحلهٔ فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ دوم رشد پس از خواب (26 اسفند تا 21 اردیبهشت)، هیچ‌کدام از عوامل یادشده با میزان عملکرد گندم دیم ارتباط معناداری نداشته‌اند. این مسئله نشان می‌دهد گیاه، عناصر اقلیمی مورد نیاز برای رشد را از دوره‌های فنولوژیکی قبل کسب می‌کند و در این مرحله به رشد خود ادامه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی، عملکرد گندم دیم، تحلیل هم‌بستگی، استان کردستان.

1- مقدمه

یکی از محصولات مهم کشاورزی در استان کردستان، گندم دیم است که بیشترین سطح زیر کشت استان را به خود اختصاص می‌دهد. این میزان در سال زراعی 84-85، برابر با 11/83 درصد سطح زیر کشت و 13/67 درصد از میزان تولید گندم دیم در کل کشور بوده است (Labus et al., 2002).

محصولات کشاورزی همیشه در معرض خطر نوسان‌های آب و هوا و تغییر در بازارهای بین‌المللی بوده است (Sastry & Chkravarty, 1982). این احتمال خطر هرگز کاملا از بین نمی‌رود؛ اما با شناخت متغیرهای مختلف مؤثر بر رشد گیاه و محصول، و درنتیجه به‌وسیلهٔ تخمین میزان محصول قبل از فصل برداشت، می‌توان آن را به حداقل رساند. در این میان، نقش آب و هوا به‌ویژه در کشت محصولات دیم بسیار بارزتر است. اقلیم نیمه‌خشک ایران همواره در معرض نوسان‌های فراوان عناصر اقلیمی در مقیاس‌های سالانه و فصلی قرار دارد؛ به همین دلیل توجه به این عناصر مؤثر بر میزان عملکرد محصول گندم دیم، در هریک از مراحل رشد محصول بسیار ضروری است.

در این زمینه، مطالعات مختلفی انجام شده که بیشترشان موردی‌اند و در آن‌ها عناصر اقلیمی محدودی مورد توجه قرار گرفته است. ساستری و چاکراوارتی (1982)، بازگیر و همکاران (2007 و 2008)، تاواپراکاش و همکاران (2007) و کین و همکاران (2009) در پژوهش‌هایشان برخی شاخص‌های هواشناسی کشاورزی مانند PTU[1]، HTU[2]، GDD[3]، TD[4] و VPD[1] را در طول

1. photothermal units
2. heiothermal units
3. growing degree days
4. teprature deffernce

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

فصل رشد محاسبه و مطالعه کرده‌اند. کمالی و بازگیر (1387: 113-121) عملکرد گندم دیم را با استفاده از شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در برخی بخش‌های استان‌های کرمانشاه و کردستان پیش‌بینی کرده‌اند. سرمدنیا (1374) در مطالعهٔ خود تأثیر درجهٔ حرارت نامناسب را در مراحل مختلف رشد گندم بررسی کرده است. در همهٔ پژوهش‌های یادشده، طول فصل رشد به مرحله‌هایی تقسیم، و مرحلهٔ مناسب برای پیش‌بینی انتخاب شده است. فرج‌زاده و زرین (1381: 77-96) با استفاده از چند عنصر اقلیمی، عملکرد محصول گندم دیم را در استان آذربایجان غربی مدل‌سازی کرده‌اند. عزیزی و یاراحمدی (1382: 23-29) عناصر اقلیمی مؤثر بر عملکرد گندم دیم را در دشت سیلاخور با مدل‌های رگرسیونی بررسی کرده‌اند. محمدی (1384) نیز در مطالعهٔ خود تقویم مناسب برای کشت گندم دیم را در استان ایلام تعیین کرده است.

عملکرد گندم دیم، بیشتر از هر عامل دیگری تحت تأثیر عناصر اقلیمی است. از سوی دیگر، در مطالعات پیشین، متغیرهای مورد مطالعه محدود بوده‌اند و به مطالعهٔ هم‌زمان عناصر اقلیمی و شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی کمتر توجه شده است. بنابراین، اساس این پژوهش، شناسایی عناصر مختلف هواشناسی و نیز برخی شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی است که در عملکرد گندم دیم در مرحله‌های مختلف رشد محصول در استان کردستان، به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی تولید گندم دیم کشور، مؤثرند. شناسایی عناصر اقلیمی مؤثر بر مرحله‌های مختلف رشد گندم دیم می‌تواند در تصمیم‌گیری برای اختصاص بهترین مکان‌ها و زمان‌ها به کشت این محصول مفید واقع شود؛ همچنین با توجه به چگونگی عناصر اقلیمی در طول فصل رشد و مرحله‌های فنولوژیکی قبل از فصل برداشت، می‌توان تا حدودی میزان محصول را تخمین زد و دربارهٔ انبارداری، واردات و صادرات محصول تصمیم‌گیری کرد.

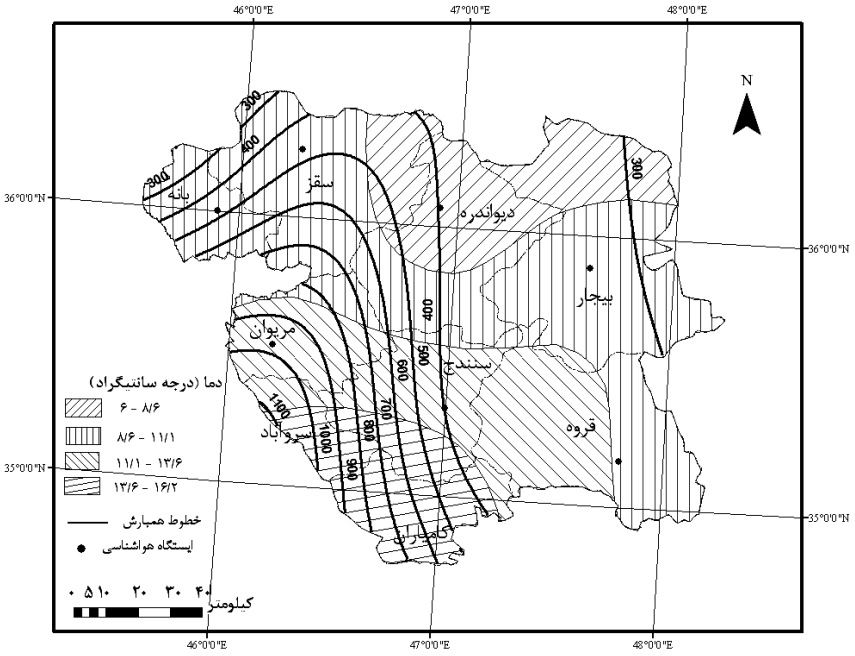
1-1- داده‌ها و روش‌ها

استان کردستان (منطقهٔ مورد مطالعه در این پژوهش) بین 34 درجه و 44 دقیقه تا 36 درجه و 30 دقیقهٔ عرض شمالی و 45 درجه و 31 دقیقه تا 48 درجه و 16 دقیقهٔ طول شرقی و در ارتفاعات زاگرس قرار دارد. منابع آبی کافی، منابع خاک کافی، بارندگی و وضع مناسب اقلیمی،

1. water vapour pressure deficit

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

با توزیع متعادل جمعیت در مناطق روستایی، و وجود دشت‌های حاصل‌خیز ازجمله مریوان، قروه و بیجار باعث رونق کشاورزی در این استان شده است (شکل 1).

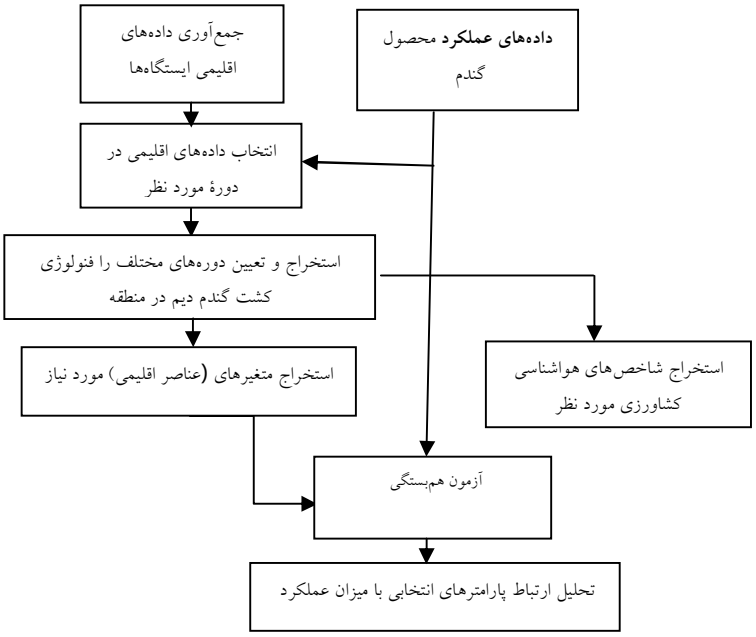


شکل 1 ایستگاه‌های هواشناسی و میانگین دما و بارش در فصل رشد (16 مهر تا 20 تیر) در سال‌های 1370 تا 1385 برای استان کردستان

شکل شمارهٔ دو طرح مفهومی این تحقیق را نشان می‌دهد. در این پژوهش، نخست با توجه به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود و داده‌های عملکرد گندم دیم برای هر شهرستان، دورهٔ آماری مشترک برای مطالعه را برگزیدیم؛ سپس با توجه به متفاوت بودن اثر متغیرها و عناصر مختلف اقلیمی در هر مرحله از رشد گیاه، فصل رشد را به شش مرحلهٔ فنولوژیکی مختلف تقسیم کردیم. این مرحله‌ها عبارت‌اند از: مرحلهٔ کاشت تا سه‌برگی شدن (16 مهر تا 16 آبان)، مرحلهٔ اول رشد رویشی (17 آبان تا 21 آذر)، مرحلهٔ خواب (22 آذر تا 25 اسفند)،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

مرحلهٔ دوم رشد رویشی پس از خواب (26 اسفند تا 21 اردیبهشت)، مرحلهٔ زایشی (22 اردیبهشت تا 20 خرداد) و مرحلهٔ رسیدگی کامل (21 خرداد تا 20 تیر). آغاز و پایان مرحله‌های یادشده را با مطالعه‌های محلی و مرور منابع مختلف تعیین کردیم. در مرحلهٔ بعد، با استفاده از روش هم‌بستگی، تمام هم‌بستگی‌های خطی و غیرخطی بین میزان عملکرد گندم دیم و عناصر اقلیمی و شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی استخراج‌شده را شناسایی کردیم.



شکل 2 طرح مفهومی مطالعهٔ عوامل مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در استان کردستان برای سال‌های 70- 85

در این پژوهش، از داده‌های زیر استفاده کردیم: داده‌های عملکرد گندم دیم در کل استان کردستان را برای سال‌های زراعی 1369-1370 تا 1384- 1385 از وزارت جهاد کشاورزی دریافت کردیم و در این مطالعه به‌کار بردیم. تمام داده‌های روزانهٔ هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک، بانه، بیجار، سنندج، سقز، قروه، مریوان و زرینه‌اباتو (شهرستان دیواندره) را از سال 1369 تا 1385 تهیه و بر مبنای آن‌ها عناصر و شاخص‌های اقلیمی مورد نظر برای کل استان

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

کردستان را استخراج کردیم. نواقص آماری موجود را نیز با استفاده از روش هم‌بستگی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها بازسازی کردیم.

2-1- متغیرهای استخراج‌شده

عناصر مهم هواشناسی ای که بر رشد گیاه و میزان محصول تأثیرگذارند، عبارت‌اند از: تابش خورشید، دما، بارش (مقدار و پراکندگی آن)، رطوبت نسبی و سرعت باد (Hadges & Kanemasu, 1997; Reddy & Reddi, 2003; Menna & Dahama, 2004). در این مقاله، عناصر ذکرشده و متغیرهای مرتبط با آن‌ها را درنظر گرفته و برای شناسایی اثر برخی عناصر پنهان، شاخص‌های مختلف اقلیم‌شناسی کشاورزی را به‌کار بسته‌ایم. بر اساس این، متغیرهای استفاده‌شده در این مطالعه عبارت‌اند از:

1-2-1- شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی استخراج‌شده که شامل موارد زیر است:

TD یعنی مجموع اختلاف دمای حداکثر و حداقل روزانه در هر مرحلهٔ فنولوژیکی که به این صورت استخراج شد:

$$TD = \sum_{a}^{b} (T_{\max} - T_{\min}) \qquad (1)$$

در این معادله، T_{max} دمای حداکثر، T_{min} دمای حداقل (درجهٔ سانتی‌گراد)، a تاریخ شروع و b تاریخ پایان هر مرحلهٔ فنولوژیکی است. این شاخص برای شناخت اثر نوسان‌های روزانهٔ دما بر عملکرد محصول محاسبه شده است.

GDD یعنی مجموع درجهٔ روزهای رشد برای هر مرحلهٔ فنولوژیکی که از معادلهٔ زیر به‌دست آمد (Gilmore & Ragers, 1985):

$$GDD = \sum_{a}^{b} \left[\left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b \right] \qquad (2)$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

در این معادله، T_b دمای پایهٔ رشد گندم است؛ به بیان دیگر گندم در دمای پایین‌تر از آن رشد نمی‌کند. با توجه به نظر ناتونسون[1] (1955: 55)، دمای پایهٔ گندم را 4/5 درجهٔ سانتی‌گراد درنظر گرفته‌ایم.

HTU یعنی مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی برای هر مرحلهٔ فنولوژیکی (Reddy & Reddi, 2003).

PTU یعنی مجموع واحدهای حرارتی- نوری برای هر مرحلهٔ فنولوژیکی که بر اساس معادله‌های زیر محاسبه شده است (Ibid):

$$HTU = \sum_{a}^{b} (GDD * n) \qquad (3)$$

$$PTU = \sum_{a}^{b} (GDD * N) \qquad (4)$$

در این معادله‌ها، N حداکثر ساعت‌های آفتابی ممکن و n ساعت‌های آفتابی واقعی است.

VPD یعنی مجموع کمبود فشار بخار آب برای هر مرحلهٔ فنولوژیکی که از رابطه‌های 5 و 6 استخراج شده است (Kramer, 1997):

$$VPD = e_s - e_a \qquad (5)$$

$$e_a = (RH_{mean} * e_s) / 100 \qquad (6)$$

در دو رابطهٔ ذکرشده، es یعنی فشار بخار آب اشباع (میلی‌بار) که تابعی از دمای متوسط هواست (Allen et al., 2000)، ea یعنی فشار بخار آب واقعی و RE_{mean} یعنی میانگین رطوبت نسبی هوا (درصد). کم شدن فشار بخار آب نقش اثر دو عنصر رطوبت نسبی و دما را در یک شاخص نشان می‌دهد و در تبخیر و تعرق گیاه نقش مهمی دارد (Rao, 2003).

PET یعنی میانگین تبخیر و تعرق به روش پنمن- مانتیس در هر مرحلهٔ فنولوژیکی که با استفاده از نرم‌افزار CropWat استخراج شده است.

1. Nuttonson

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

2-2-1- عناصر اقلیم‌شناسی که شامل این موارد است: T_{max} یعنی میانگین حداکثر دمای روزانه در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، T_{min} یعنی میانگین حداقل دمای روزانه در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، T_{mean} یعنی میانگین روزانهٔ دما در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، R یعنی مجموع بارش در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، R_{day} یعنی تعداد روزهای دارای بارش بیشتر از 0/1 میلی‌متر در هر ایستگاه، TS یعنی مجموع میزان ساعت‌های آفتابی واقعی در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، RH یعنی میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، T_{absmin} یعنی کمترین دمای ثبت‌شده در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، T_{absmax} یعنی بیشترین دمای ثبت‌شده در هر مرحلهٔ فنولوژیکی، FF_{mean} یعنی میانگین سرعت روزانهٔ باد در هر مرحلهٔ فنولوژیکی و FF_{absmax} یعنی حداکثر مطلق سرعت باد در هر مرحلهٔ فنولوژیکی. متغیرهای استخراج‌شده در این مطالعه در جدول شمارهٔ یک آمده است.

جدول 1 متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه

متغیرها	نام شاخص یا عنصر اقلیمی	معادله
شاخص‌های اقلیم‌شناسی	مجموع اختلاف دمای حداکثر و حداقل روزانه (TD)	$TD = \sum_{a}^{b}(T_{max} - T_{min})$
	مجموع درجهٔ روزهای رشد (GDD)	$GDD = \sum_{a}^{b}\left[\left(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}\right)-T_b\right]$
	مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی (HTU)	$HTU = \sum_{a}^{b}(GDD * n)$
	مجموع واحدهای حرارتی- نوری (PTU)	$PTU = \sum_{a}^{b}(GDD * N)$
	مجموع کمبود فشار بخار آب (VPD)	$VPD = e_s - e_a$
	میانگین تبخیر و تعرق به روش پنمن- مانتیس (PET)	با استفاده از نرم‌افزار CropWat
عناصر اقلیمی	میانگین حداکثر دمای روزانه (T_{max})	
	میانگین حداقل دمای روزانه (T_{min})	
	مجموع بارش (R)	
	میانگین روزانهٔ دما (T_{mean})	
	تعداد روزهای دارای بارش بیشتراز 0/1 میلی‌متر در هر ایستگاه (R_{day})	
	مجموع میزان ساعت‌های آفتابی واقعی (TS)	
	میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی (RH)	
	کمترین دمای ثبت‌شده (T_{absmin})	
	بیشترین دمای ثبت‌شده (T_{absmax})	
	میانگین سرعت روزانهٔ باد (FF_{mean})	
	حداکثر مطلق سرعت باد (FF_{absmax})	

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

برای هر مرحله از رشد گیاه، تمام این عناصر محاسبه شده است.

2- نتایج و بحث

با توجه به جدول شمارهٔ دو، متغیرهای مؤثر بر عملکرد گندم دیم در مرحلهٔ اول فنولوژیکی (کاشت تا سه‌برگی شدن) عبارت‌اند از: بیشترین دمای ثبت‌شدهٔ روزانه، مجموع درجهٔ روزهای رشد و مجموع واحدهای حرارتی- نوری. در میان این متغیرها، بیشترین دمای ثبت‌شدهٔ روزانه با میزان عملکرد گندم دیم هم‌بستگی‌ای قوی، اما غیرخطی (ازنوع درجهٔ سه) دارد. دو متغیر دیگر دارای ارتباطی ضعیف‌تر و خطی با میزان عملکرد هستند. به این ترتیب، با افزایش هرکدام از این دو متغیر، میزان محصول افزایش می‌یابد و برعکس.

در این مرحله، ارتباط غیرخطی متغیر حداکثر دمای ثبت‌شده با میزان عملکرد گندم دیم به این صورت است که در حداکثر دمای ثبت‌شدهٔ 27/2 تا 31/15 درجهٔ سانتی‌گراد، میزان عملکرد افزایش می‌یابد؛ اما در محدودهٔ بیشتر از 31/15 و کمتر از 27/2، با افزایش دما، میزان عملکرد کاهش می‌یابد. در منطقهٔ مورد مطالعه، حداکثر دمای ثبت‌شدهٔ بهینه برای حداکثر عملکرد گندم دیم، 31/15 سانتی‌گراد است (شکل 3- الف).

در همین مرحله، مجموع درجهٔ روزهای رشد و مجموع واحدهای حرارتی- نوری نیز با میزان عملکرد ارتباط مستقیم و خطی دارند. درجهٔ روزهای رشد یا واحدهای گرمایی یا واحدهای رشد (Mavi, 1994)، رابطهٔ رشد گیاه را با درجهٔ حرارت هوا نشان می‌دهند (Vittum et al., 1965). واحدهای حرارتی- نوری حاصل‌ضرب درجهٔ روزهای رشد و ساعت‌های آفتابی بالقوه است؛ بنابراین این متغیر اثر دما و طول روز را در رشد محصول نشان می‌دهد.

در مرحلهٔ دوم فنولوژیکی (مرحلهٔ اول رشد قبل از خواب)، چهار متغیر (عنصر اقلیمی) با میزان عملکرد گندم دیم ارتباط داشته‌اند که عبارت‌اند از: مجموع بارش،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

میانگین تبخیر و تعرق روزانه، تعداد روزهای بارانی و میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی. ارتباط مجموع بارش و روزهای بارانی با عملکرد گندم دیم، قوی و در عین حال از نوع خطی است. میانگین رطوبت نسبی نیز با میزان عملکرد ارتباطی خطی دارد؛ اما این ارتباط ضعیف‌تر از عناصر بارشی (مجموع بارش و تعداد روزهای بارانی) است. به‌طور کلی، با افزایش میزان هرکدام از این سه متغیر، میزان عملکرد نیز افزایش می‌یابد. میانگین تبخیر و تعرق، برعکس سه متغیر دیگر در این مرحله، ارتباطی غیرخطی (از نوع درجهٔ سه) و معکوس با میزان عملکرد دارد (شکل 3- ب)؛ یعنی با افزایش تبخیر و تعرق میزان عملکرد گندم دیم تا 1/1 میلی‌متر افزایش می‌یابد. شاید علت این مسئله تأثیر مثبت افزایش دما در وضعیت رشد گیاه و همچنین میزان تبخیر و تعرق باشد. تبخیر و تعرق بیشتر از 1/1 میلی‌متر باعث کاهش شدید میزان عملکرد گندم دیم می‌شود.

در مرحلهٔ سوم فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ خواب، دو شاخص هواشناسی کشاورزی با میزان عملکرد گندم دیم ارتباط داشته‌اند. این دو شاخص مجموع اختلاف دمای حداکثر و حداقل روزانه و مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی هستند و با میزان عملکرد ارتباطی خطی، اما برعکس یکدیگر دارند. به این صورت که مجموع اختلاف دما با میزان عملکرد دارای ارتباطی ضعیف و معکوس است؛ اما مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی با عملکرد گندم دیم ارتباطی قوی‌تر و مثبت دارد.

کاهش عملکرد گندم دیم تحت تأثیر میزان نوسان‌های دمایی (با توجه به شاخص اختلاف دمای حداکثر وحداقل TD)، حساسیت گیاه را به یخ‌بندان‌های این مرحله نشان می‌دهد. مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی- که در این مرحله ارتباطی مستقیم و خطی با میزان عملکرد گندم دیم دارند- حاصل‌ضرب درجهٔ روزهای رشد و ساعت‌های آفتابی واقعی‌اند و حساسیت گیاه را به دما و طول روز نشان می‌دهند.

در دورهٔ فنولوژیکی چهارم، یعنی مرحلهٔ دوم رشد پس از خواب، هیچ‌کدام از متغیرهای مورد نظر بر میزان عملکرد گندم دیم تأثیر معناداری نداشته‌اند. این مسئله

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

نشان می‌دهد گیاه عناصر اقلیمی مورد نیاز برای رشد را از دوره‌های فنولوژیکی قبل کسب می‌کند و در این مرحله به رشد خود ادامه می‌دهد.

در مرحلهٔ پنجم فنولوژیکی، یعنی مرحلهٔ زایشی، متغیرهای حداکثر مطلق سرعت باد، میانگین رطوبت نسبی و کمترین دمای ثبت‌شده، با میزان عملکرد گندم دیم در ارتباط بوده‌اند. متغیر اول با میزان عملکرد گندم دیم ارتباطی معکوس و غیرخطی (از نوع درجهٔ سه) دارد؛ یعنی عملکرد گندم دیم تحت تأثیر افزایش حداکثر سرعت مطلق باد در مرحلهٔ پنجم فنولوژیکی کاهش می‌یابد (شکل 3- ج). به این صورت که با افزایش حداکثر سرعت باد تا حدود نه نات در ساعت، در میزان عملکرد تغییر چندانی ایجاد نمی‌شود؛ اما اگر سرعت باد از این میزان بیشتر شود، میزان عملکرد به‌شدت کم خواهد شد. علت این مسئله، افزایش سرمازدگی و نیز آسیب‌های فیزیکی به گیاه است.

میانگین رطوبت نسبی با میزان عملکرد گندم دیم دارای ارتباطی مستقیم و غیرخطی (از نوع درجهٔ دو)، اما ضعیف‌تر از متغیر اول است. همان‌طور که در شکل 3- د مشاهده می‌شود، در این مرحله افزایش میانگین رطوبت نسبی تا پنجاه درصد باعث افزایش میزان عملکرد می‌شود و افزایش بیشتر آن میزان عملکرد را کاهش می‌دهد. حداقل مطلق دما در این مرحله نیز با میزان عملکرد گندم دیم ارتباط خطی و مستقیم دارد؛ یعنی با افزایش دما میزان عملکرد نیز بیشتر می‌شود.

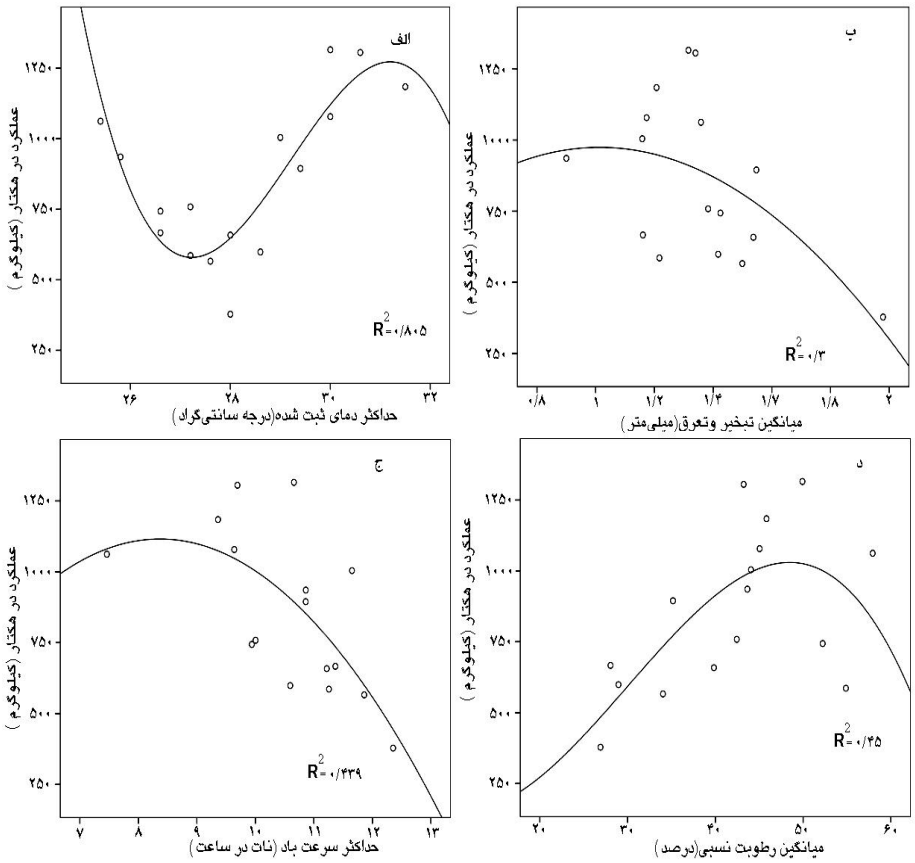
در مرحلهٔ ششم فنولوژیکی، تنها متغیر مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم، رطوبت نسبی است که با میزان عملکرد این نوع گندم ارتباطی خطی و مستقیم دارد. با توجه به اینکه در این مرحله میزان دما در مقایسه با دورهٔ قبل افزایش می‌یابد و از سوی دیگر میزان رطوبت نسبی کم می‌شود و به بیش از چهل درصد نمی‌رسد، در این دوره- برخلاف دورهٔ قبل- ارتباط این عنصر اقلیمی با میزان عملکرد از نوع خطی است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول 2 هم‌بستگی متغیرهای مورد مطالعه با عملکرد گندم دیم در مرحله‌های مختلف فنولوژیکی برای استان کردستان در سال‌های70- 85

	متغیرهای مؤثر	شاخص‌های انتخاب		معادله
		ضریب هم‌بستگی(R^2)	سطح معناداری	
مرحلهٔ 1	بیشترین دمای ثبت‌شده (T_{absmax})	80/5	0/01	$Y=48950-15/17T_{absmax}+ 0/17T_{absmax}^2- 5/65T_{absmax}^3$
	مجموع درجهٔ روزهای رشد (GDD)	32/1	0/05	Y= -396/218 + 0/874GDD
	مجموع واحدهای حرارتی- نوری (PTU)	33/6	0/05	Y= -316/72 + 0/077PTU
مرحلهٔ 2	مجموع بارش (R)	55/9	0/01	Y= 444/02 + 4/979R
	میانگین تبخیر و تعرق (PET)	31/9	0/05	$Y=1116/067 + -95/728PET^3$
	تعداد روزهای بارانی (R_{day})	61/1	0/01	$Y=225/037 + 56/172R_{day}$
	میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی (RH)	32/7	0/05	RH20/854+ 469/038Y= -
مرحلهٔ 3	مجموع اختلاف دمای حداکثر و حداقل روزانه (TD)	29/6	0/05	Y=2899/249 + -2/187TD
	مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی (HTU)	37/8	0/05	Y=722/243 + 0/78HTU
مرحلهٔ 4	-	-	-	هیچ‌یک از متغیرها تأثیر معناداری نداشته‌اند.
مرحلهٔ 5	میانگین سرعت روزانهٔ باد (FF_{absmax})	43/9	0/05	$Y= -1846/248+707/93\ FF_{absmax} -42/3\ FF_{absmax}^2$
	میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی (RH)	45	0/05	$Y= -307/212+1/716*RH^2 – 0/024RH^3$
	کمترین دمای ثبت‌شده (T_{absmin})	24/9	0/05	$Y=849/167 + 74/452T_{absmin}$
مرحلهٔ 6	میانگین روزانهٔ رطوبت نسبی (RH)	32/4	0/05	Y=-179/773 + 33/862RH

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]



شکل 3 ارتباط عناصر اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژیکی با میزان عملکرد گندم دیم در استان کردستان در دورهٔ مطالعاتی: الف- رابطهٔ حداکثر دمای ثبت‌شده در مرحلهٔ اول فنولوژیکی، ب- اثر میانگین تبخیر و تعرق در مرحلهٔ دوم فنولوژیکی، ج- اثر حداکثر سرعت باد در مرحلهٔ پنجم فنولوژیکی، د- اثر میانگین رطوبت نسبی در مرحلهٔ پنجم فنولوژیکی

3- نتیجه‌گیری

در هیچ‌کدام از مطالعه‌های پیشین مانند آثار ساستری و چاکراوارتی (1982)، بازگیر و همکاران (2007 و 2008)، تاواپراکاش و همکاران (2007)، کین و همکاران (2009)، کمالی و بازگیر

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

(1387)، فرج‌زاده و زرین (1381)، سرمدنیا (1374)، عزیزی و یاراحمدی (1382) و محمدی (1384) عناصر اقلیمی و شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی مؤثر بر هر مرحله از رشد گندم دیم شناسایی نشده است. در این پژوهش‌ها، با پذیرش ارتباط بین عناصر اقلیمی و میزان محصول- که بیشتر به‌صورت ارتباطی خطی درنظر گرفته شده- میزان عملکرد مدل‌سازی و تخمین زده شده است؛ حال آنکه در این مطالعه، نخست عناصر اقلیمی مؤثر شناسایی و سپس نوع این روابط تحلیل شده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد در مرحلهٔ کاشت تا سه‌برگی شدن گندم دیم در استان کردستان، عنصر دما در میزان عملکرد مؤثر است. در این مرحله، بالا بودن حداکثر مطلق دما باعث تأمین شدن درجهٔ روزهای رشد مورد نیاز گندم دیم می‌شود. در مرحلهٔ اول رشد قبل از خواب، عنصر بارش در میزان عملکرد محصول گندم دیم مؤثر است و کم بودن میزان تبخیر و تعرق و زیاد بودن میزان رطوبت نسبی، نقش این عنصر را پررنگ‌تر می‌کند. در مرحلهٔ خواب، نوسان‌های دما در میزان عملکرد گندم دیم نقش مؤثری دارند. در مرحلهٔ دوم رشد پس از خواب، گیاه عناصر مورد نیاز برای رشد را در مرحله‌های قبل ذخیره کرده است و هیچ‌کدام از متغیرهای مورد مطالعه ارتباط معناداری با میزان عملکرد نشان نمی‌دهند. در مرحله‌های زایش و رسیدگی، رطوبت نسبی بر میزان عملکرد گندم دیم اثر می‌گذارد. در مرحلهٔ زایش، ارتباط مثبت حداقل مطلق دما و نیز ارتباط معکوس حداکثر مطلق سرعت باد با میزان عملکرد، علاوه‌بر تشدید اثر عنصر رطوبت نسبی، حساسیت به سرمای دیررس را نیز در مرحلهٔ یادشده نشان می‌دهد.

4- منابع

- سرمدنیا، غلامحسین، «اثر درجهٔ حرارت نامناسب بر رشد و عملکرد پنج رقم گندم پاییزه»، *مجلهٔ علوم کشاورزی ایران*، ش2، 1374.
- عزیزی، قاسم و داریوش یاراحمدی، «بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل رگرسیونی: مطالعهٔ موردی دشت سیلاخور»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش 44، صص23-29، 1382.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

- فرج‌زاده، منوچهر و آذر زرین، «مدل‌سازی میزان عملکرد گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم‌شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی»، *فصلنامهٔ مدرس*، صص 77-96، 1381.
- کمالی، غلامعلی و سعید بازگیر، «پیش‌بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در برخی از مناطق غرب کشور»، *مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ش2، صص113-121، 1387.
- محمدی، حسن‌مراد، «تعیین تقویم مناسب کشت گندم دیم در استان ایلام با استفاده از شاخص شروع بارندگی»ع *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش51، صص15-31، 1384.
- وزارت جهاد کشاورزی، *آمارنامهٔ کشاورزی*، جلد1: *محصولات زراعی سال زراعی 1384-1385*، 1388.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes & M. Smith, "Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water requirements", *FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56*, 2000.
- Bazgeer, S., Gh. Kamali & A. Mortazavi, "Wheat Yield Prediction through Agrometeorological Indices for Hamedan Iran", *Biaban Journal, 12*, Pp. 33-38, 2007.
- Bazgeer, S., Gh. Kamali, A. Sedaghatkerdar & A. Moradi, "Pre-Harvest Wheat Yield Prediction Using Agrometeorological Indices for Different Regions of Kordestan Province", *Iran. Research Journal of Environmental Sciences, 2 (4)*. Pp. 275-280, 2008.
- Gilmore, E. C & J. S Rogers, "Heat Units as a Method of Measuring Maturity in Corn", *Agtonomy Journal, 50*, Pp. 611-615, 1958.
- Hodges, T. & E. T. Kanemasu, "Modeling Daily Dry Matter Production of Winter Wheat", *Agron*, 69, Pp. 974-978, 1977.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

- Labus, M., P. G. Nielsen, R. L. Alawrence, R. Engeld & S. Long,. "Wheat Yield Estimates Using Multi-temporal NDVI Satellite Imagery int", *Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 20*, Pp. 4169-4180, 2002.
- Sastry, P. S. N. & N. V. K. Chkravarty, "Energy Summation Indices for Wheat Crop in India", *Agric Met*, 27, Pp. 45-48, 1982.
- Thavaprakaash, N., R Jagannathan, K. Velayudham & L. Gurusamy, "Seasonal Influence on Phenology and Accumulated Heat Units in Relation to Yield of Baby Corn", *International Journal of Agricultural Research*, 2 (9), Pp. 826-831, 2007.
- Qian, B., R. D. Jong, R. Warren, A. Chipanshi & H. Hill, "Statistical Spring Wheat Yield Forecasting for the Canadian Prairie Provinces", *Agricultural and Forest Meteorology, 149*, Pp. 1022-1031, 2009.
- Norman, J. "Modeling the Complete Crop Canopy" in *Modification of the Aerial Environment of the Crop. ASAE, St. Josephs, Michigan, USA.* 538, 1979.
- Reddy, T. Y. & G. H. S. Reddi, "Principles of Agronomy", *Kalyani Pulishers*, Ludhiana, Pp. 48-77, 2003.
- Meena, R. P. & A. K. Dahama, "Crop Weather Relationship of Groundnut During Different Phenophases under Irrigated Condition of Western Rajasthan", *Journal of Agromet 6*, Pp. 25-32, 2004.
- Nuttonson, M. R. Y., "Wheat Climate Relationship and Use of Phenology in Ascertaining the Thermal and Photo-Thermal Requirement

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

of Wheat", *American Institute of Crop Ecology*, Washington DC, 54-55, 1955.

- Kramer, P. J., *Plant and Soil Water Relationship: A Modern Synthesis, Tata McGraw Hill Publishing Company*, New Delhi, 1997.
- Rao, G., *Agricultural Meteorology*, Director of Extention, Kerala Agricultural University, Thrissure, India, Pp. 48-70, 2003.
- Mavi, H. S., *Introduction to Agrometeorology*, Delhi: Oxford & IBH Publication, 1994.
- Vittum, M. T., B. E. Dethier & R. C. Lesser, *Estimating Growing Degree Days. Proc. Am. Soc. Hort. Sci 87*, 449-452, 1965.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]