نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص ۵۰۵-۴۸۷

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.3, Fall 2020, p. 487-505

مقاله علمی - پژوهشی

پهنه‌بندی اقلیمی- احتمالاتی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم (*Triticum aestivum* L.)

کامی کابوسی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

کابوسی، ک.، ۱۳۹۹. پهنه‌بندی اقلیمی- احتمالاتی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم (*Triticum aestivum* L.). بوم-شناسی کشاورزی ۱۲(۳): ۵۰۵-۴۸۷.

چکیده

تحلیل‌های احتمالاتی می‌تواند ضمن افزایش انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌ها، ضریب اطمینان تصمیم‌ها را نیز افزایش دهد. نقش تأثیرگذار عوامل اقلیمی در پهنه‌بندی اراضی برای کشت گیاه از یک سو و طبیعت احتمالاتی متغیرهای اقلیمی از سوی دیگر، موجب عدم قطعیت درجه‌بندی تناسب اراضی برای کشت یک گیاه به‌ویژه در شرایط دیم می‌شود. برای این منظور در پژوهش حاضر، ابتدا با استفاده از داده‌های روزانه بارش و دمای کمینه و بیشینه ۳۳ ایستگاه هواشناسی در استان گلستان، تاریخ مناسب کشت گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) دیم و زمان وقوع مراحل فنولوژیکی مختلف آن برای دوره آماری مشترک ۲۶ ساله تعیین گردید. سپس با برازش توزیع‌های احتمالاتی مختلف و انتخاب توزیع منتخب، مقدار این متغیرها در پنج سطح احتمال وقوع ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد برآورد شد. در ادامه، میانگین دمای هوا، احتمال رخداد دماهای نامطلوب، میزان بارش و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم برای هر یک از مراحل رشد و کل دوره رشد در ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در سطوح احتمال مختلف محاسبه شد. در نهایت، ضمن تهیه نقشه پهنه‌بندی این متغیرها و ویژگی‌های ارتفاع، درصد شیب، تیپ اراضی و شوری خاک، با هم‌پوشانی ۲۲ لایه اطلاعاتی برای هر سطح احتمال، پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم در سطوح احتمال مختلف صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد به‌دلیل تأخیر در تاریخ کشت مناسب از اواخر پاییز به ابتدای زمستان و تأثیرگذاری آن بر شرایط اقلیمی- محیطی و طول مراحل بعدی رشد گیاه موجب بهبود درجه تناسب اراضی کشاورزی برای کشت گندم دیم از نظر میانگین دمای هوا در مرحله‌های گل‌دهی، رسیدگی و کل فصل رشد، احتمال رخداد دمای بیشتر از ۱۴ و کمتر از نه درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در مرحله سبز شدن و مرحله‌های گل‌دهی و رسیدگی و میزان بارش در مرحله سبز شدن شد، ولی از نظر میانگین دمای هوا در مرحله سبز شدن، احتمال رخداد دمای بیشتر از ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در مرحله گل‌دهی و رسیدگی و میزان بارش و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل در مراحل گل‌دهی، رسیدگی و کل فصل رشد موجب کاهش درجه تناسب گردید. نتایج پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی نشان داد که در سطوح احتمال وقوع ۵۰، ۷۵ و ۸۵ درصد پهنه‌های نسبتاً مناسب و مناسب به‌ترتیب بین ۵۶-۵۰ و ۵۰-۴۴ درصد وسعت اراضی کشاورزی را در بر می‌گیرد و سطح احتمال وقوع تأثیر معناداری بر پهنه‌بندی ندارد، در حالی‌که در سطح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد (به‌ترتیب معادل تاریخ کشت زودهنگام و دیرهنگام) به‌ترتیب حدود ۹۱ و ۷۸ درصد وسعت اراضی کشاورزی استان به‌ترتیب در پهنه مناسب و متوسط قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: احتمال وقوع، تناسب اراضی، بارش، بوم‌شناختی، تبخیر- تعرق، دما.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی جهان می‌باشد که به سلطان غلات معروف است (Yousefi Moghaddam et al., 2018). این گیاه با دارا بودن بیش از ۳۰ درصد سطح زیرکشت و نزدیک به ۲۶ درصد از تولید کل غلات جهان، بیشترین سطح زیرکشت و تولید را در بین غلات به خود اختصاص داده است

۱- دانشیار گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: kkaboosi@yahoo.com
Doi:10.22067/jag.v12i3.79025

(FAO, 2019). این آمار برای ایران به‌ترتیب بیش از ۷۱ و ۶۴ درصد می‌باشد (FAO, 2019) که نشان می‌دهد در ایران گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است. بخش عمده گندم کشور به‌صورت دیم کشت می‌شود (Bidadi et al., 2015; Yousefi Moghaddam et al., 2018)، ولی سهم زراعت آبی از کل تولید گندم، علی‌رغم کمتر بودن سطح زیر کشت، بیشتر از زراعت دیم است (Bidadi et al., 2015). استان گلستان با حدود ۴۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید بیش از یک میلیون تن گندم، در بین استان‌های کشور دارای مقام سوم است که از این میزان به‌ترتیب حدود ۵۷ و ۵۰ درصد به کشت دیم اختصاص دارد (Anonymous, 2016).

آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب‌وهوایی و ویژگی‌های مؤثر آن لازمه برنامه‌ریزی صحیح است. این موضوع به‌ویژه در شرایط زراعت دیم از اهمیت بیشتری برخوردار است (Amirikia & Naji Domirani, 2017). در بین عوامل مختلف مؤثر بر تولید محصول در شرایط دیم ویژگی‌های اقلیمی تأثیرگذار شامل بارش و دما از مهم‌ترین متغیرهای محیطی است (Amirikia & Naji Domirani, 2017; Hoseini et al., 2018). نقش عوامل اقلیمی در پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی[1] اراضی برای کشت گندم دیم بسیار مهم می‌باشد (Kaboosi & Majidi, 2017 a). از نقطه نظر بررسی قابلیت، استعدادیابی و تناسب اراضی برای کشت گندم پژوهش‌های متعددی در مناطق و استان‌های مختلف کشور انجام شده است (Amirikia & Naji Domirani, 2017; Kaboosi & Majidi, 2017 a)، لیکن تحلیل احتمالاتی آن تاکنون صورت نگرفته است. تحلیل‌های احتمالاتی می‌تواند ضمن افزایش انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌ها، ضریب اطمینان تصمیم‌ها را نیز افزایش دهد (Sharifi Bonab et al., 2015). اگر در طراحی یک سیستم زراعی از میانگین داده‌های هواشناسی استفاده شود، احتمال وقوع آن ۵۰ درصد خواهد بود (اگر داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند) و به این معنا است که در طول یک دوره ۱۰۰ ساله، تنها در ۵۰ سال نیاز اقلیمی توسط سیستم زراعی تأمین خواهد شد و در ۵۰ سال دیگر نیازهای اقلیمی بیشتر از توانایی سیستم خواهد بود (Nikbakht & Mir Latifi, 2002). برای نمونه میزان تبخیر- تعرق مرجع روزانه با احتمال وقوع ۹۵ درصد در ایستگاه‌های هواشناسی مهرآباد تهران و ارومیه به‌ترتیب ۲۷ (Nikbakht & Mir Latifi, 2002) و ۳۰ درصد (Mehdizadeh et al., 2011) و نیاز آبی گندم در ماه‌های مختلف در احتمال وقوع ۸۰ درصد بین ۲۹-۲۲ درصد (Sharifi Bonab et al., 2015) بیشتر از میزان متناظر آن‌ها در احتمال وقوع ۵۰ درصد برآورد شد. استفاده از میانگین داده‌ها در کشت آبی مناسب به نظر می‌رسد، ولی در کشت دیم که عملکرد مناسب محصول متکی به بارش است، این سطح احتمال کافی نمی‌باشد. لذا در کشت دیم بسته به درجه حساسیت گیاه به تنش آبی، عموماً سطح احتمال ۶۰ تا ۸۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (Sys et al., 1991). انتخاب سطح احتمال به نوع گیاه، بافت خاک، میزان ریسک و مرحله رشد گیاه و شدت حساسیت آن به تنش آبی قابل پذیرش بستگی دارد (Mehdizadeh et al., 2011; Nikbakht & Mir Latifi, 2002; Sharifi Bonab et al., 2015). در همین راستا، طبیعت احتمالاتی متغیرهای اقلیمی در انتخاب تاریخ کشت مناسب گندم دیم (Ahmadali et al., 2016; Kaboosi & Majidi, 2019; Khoshal Dastjerdi et al., 2015)، نیاز آبی گندم (Sharifi Bonab et al., 2015)، تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان (Sobhani et al., 2017; Ziaee et al., 2006) و وقوع سرمای بهاره، زمستانه و پاییزه (Kaviani et al., 2002; Mianabadi et al., 2009) مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

با عنایت به طبیعت احتمالاتی متغیرهای اقلیمی بارش و دما، درجه تناسب اراضی برای کشت گندم دیم در سال‌های مختلف تحت تأثیر طبیعت احتمالاتی شرایط آب‌وهوایی متفاوت خواهد بود. به بیان دیگر، عدم قطعیت موجود در پدیده‌های اقلیمی به‌دلیل طبیعت احتمالاتی آن‌ها موجب عدم قطعیت در درجه‌بندی تناسب اراضی برای کشت یک محصول به‌ویژه در کشت دیم می‌شود. یکی از روش‌های کاهش این عدم قطعیت، پهنه‌بندی اراضی کشاورزی در سطوح احتمالاتی مختلف می‌باشد. با عنایت به فقدان چنین مطالعاتی، پژوهش حاضر ضمن بررسی تغییر متغیرهای اقلیمی مختلف مؤثر بر رشد گندم دیم تحت تأثیر سطح احتمال وقوع، به پهنه‌بندی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم تحت این شرایط خواهد پرداخت.

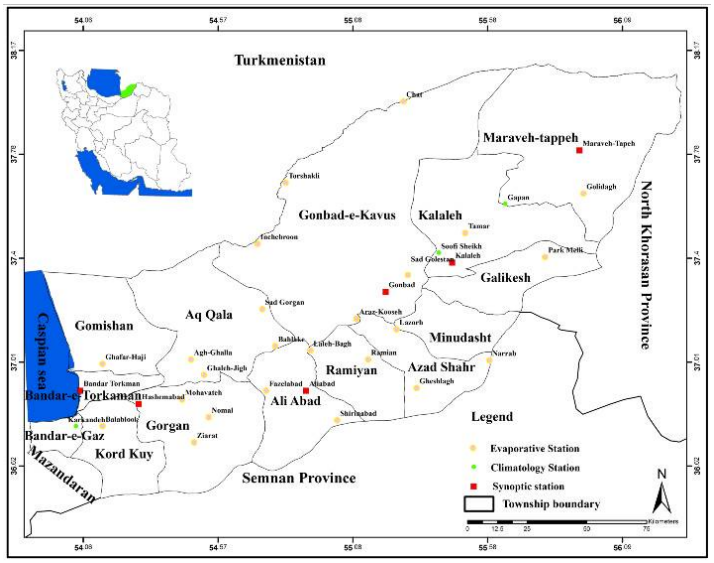
مواد و روش‌ها

دوره آماری و ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

با بررسی پراکندگی جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی استان

1- Agro-ecological zoning or AEZ

گلستان و طول دوره آماری آن‌ها، داده‌های روزانه بارش و دمای کمینه و بیشینه ۳۳ ایستگاه هواشناسی (شکل ۱) شامل ۲۴ ایستگاه تبخیرسنجی (وزارت نیرو) و به‌ترتیب شش و سه ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌سنجی (متعلق به سازمان هواشناسی) در دوره آماری مشترک ۹۵-۱۳۷۰ (۲۶ سال) اخذ شد. همگنی و نرمال بودن داده‌ها به‌ترتیب با استفاده از آزمون دنباله‌ها (Run Test) و کلموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnow) توسط بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۱ در سطح احتمال ۹۵ درصد تأیید گردید.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در استان گلستان

Fig. 1- Location of used weather stations in Golestan province

تاریخ کشت مناسب و طول مراحل رشد

تاریخ کشت بر اساس معیار اولین تاریخ وقوع بارش برابر و بیشتر از ۲۵ میلی‌متر طی یک دوره ۱۰ روزه متوالی در ماه آذر انتخاب شد (Kaboosi & Majidi, 2019). لازم به ذکر است که اگر چه بارش ماه‌های مهر و آبان در ذخیره رطوبتی به‌ویژه در لایه‌های پایین خاک تأثیر دارد، ولی برای جوانه‌زنی بذر وقوع حداقل بارش در ماه آذر جهت تأمین رطوبت لایه سطحی خاک ضروری است (Kaboosi & Majidi, 2019). برای تعیین تاریخ دقیق وقوع مراحل مختلف نموی گندم دیم از معیار درجه- روز رشد با در نظر گرفتن دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد استفاده شد (Kaboosi & Majidi, 2017 a).

سطوح احتمال، متغیرهای مؤثر و روش محاسبات

پس از تعیین تاریخ‌های کشت مناسب، سبز شدن، گل‌دهی و رسیدگی گندم دیم در هر یک از سال‌ها برای همه ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه با استفاده از داده‌های روزانه بارش و دمای کمینه و بیشینه مطابق توضیح بالا، تاریخ‌های به‌دست آمده به تاریخ ژولیوسی تبدیل شد. سپس این داده‌ها به محیط ماژول DISTRIB از بسته نرم‌افزاری SMADA 6 (Anonymous, 1999) وارد و توزیع-های احتمالاتی مختلف بر آن‌ها برازش داده شد. در مرحله بعد، با استفاده از توزیعی که بر اساس آزمون نکویی برازش بیشترین تطابق را با داده‌ها داشت، مقدار این متغیرها در پنج سطح احتمال وقوع ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد برای همه ایستگاه‌های هواشناسی برآورد شد (Kaboosi & Majidi, 2019; Ziaee et al., 2006). پس از مشخص شدن زمان شروع و پایان مراحل نموی گندم دیم در تمام ایستگاه‌های هواشناسی استان برای سطوح احتمال وقوع مختلف، متغیرهای اقلیمی میزان بارش، میانگین دمای هوا، احتمال رخداد دماهای بالاتر و پایین‌تر از آستانه قابل تحمل گندم و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق برای هر یک از مراحل رشد و کل دوره رشد گندم دیم در ۳۳ ایستگاه هواشناسی استان در طول دوره آماری برای همه پنج سطح احتمال وقوع مورد بررسی محاسبه شد. در نهایت،

میانگین هر یک از ویژگی‌های در طول دوره آماری در هر ایستگاه برای هر سطح احتمال برآورد و در بانک اطلاعاتی GIS جهت پهنه-بندی ثبت گردید. همچنین در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی متغیرهای زمینی مختلف شامل ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، شوری خاک و تیپ اراضی همراه با لایه‌های اطلاعاتی متغیرهای اقلیمی برای استعدادیابی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم مورد استفاده قرار گرفت. لایه شوری خاک بر اساس داده-های اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع خاک در ۵۰۵ نقطه از اراضی کشاورزی استان گلستان به‌دست آمد (Kazemi et al., 2013).

برای محاسبه نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم، ابتدا میزان بارش مراحل مختلف گندم منطبق بر تاریخ وقوع آن‌ها برای هر سطح احتمال به‌صورت ماهانه در هر ایستگاه در طول دوره آماری محاسبه شد. سپس بارش مؤثر مراحل مختلف در مقیاس ماهانه به‌روش سرویس حفاظت خاک[1] (SCS) در هر ایستگاه در طول دوره آماری محاسبه گردید و حاصل‌جمع مقادیر ماهانه هر مرحله به‌عنوان بارش مؤثر آن مرحله رشد منظور شد. علت استفاده از این روش برتری آن نسبت به دیگر روش‌های تجربی در اقلیم‌های مرطوب و نیمه‌مرطوب است (Rahimi et al., 2013). تبخیر- تعرق گندم نیز بر مبنای تاریخ کشت هر سطح احتمال وقوع در هر ایستگاه در طول دوره آماری به‌روش فائو- پنمن- مانتیث (FAO, 1998) با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT 8.0 و تشت تبخیر برآورد گردید. جهت محاسبه نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم دو حالت وجود داشت. در حالت اول می‌توان این نسبت را از تقسیم مقادیر فوق در هر مرحله محاسبه نمود، ولی در حالت دوم می‌توان در ایستگاه‌هایی که بارش مؤثر یک مرحله رشد از تبخیر- تعرق گندم در همان مرحله رشد بیشتر است، مازاد بارش مؤثر را به بارش مؤثر مرحله بعد افزود. با توجه به این که حالت دوم به واقعیت نزدیک‌تر بود، در پژوهش حاضر از این روش استفاده شد.

پهنه‌بندی متغیرها و هم‌پوشانی آن‌ها

نقشه پهنه‌بندی متغیرهای مورد بررسی در سطوح احتمال وقوع مختلف با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۳ و به‌روش وزن‌دهی معکوس فاصله[2] (IDW) ترسیم شد. روش‌های مختلفی برای درون-یابی وجود دارد. تفاوت روش‌های مختلف در وزن اختصاص داده شده به هر نقطه است. در روش IDW مقدار مجهول یک کمیت در هر نقطه بر اساس مقدار آن در نقاط معلوم و وزن فاصله به‌دست می‌آید به‌طوری‌که هر چه فاصله نقطه مجهول از معلوم کمتر باشد، وزن فاصله آن بیشتر است و برعکس (Khosravi et al., 2014). این روش توسط پژوهشگران متعددی برای درون‌یابی و پهنه‌بندی متغیرهای محیطی- اقلیمی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Kaboosi & Majidi, 2019). متغیرهای اقلیمی و زمینی مورد استفاده در پنج طبقه خیلی مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب مطابق جدول ۱ پهنه‌بندی شدند. این طبقه‌بندی بر اساس بررسی طیف گسترده‌ای از مقالات و منابع صورت گرفته است (Kaboosi & Majidi, 2017 a). در نهایت، با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی فوق (۲۲ لایه برای هر سطح احتمال) به‌روش هم‌پوشانی ساده نقشه پهنه‌بندی اراضی کشاورزی استان برای کشت گندم دیم در سطوح احتمال وقوع ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد به‌دست آمد.

نتایج و بحث

تاریخ کشت مناسب

نقشه‌های پهنه‌بندی تاریخ کشت مناسب گندم دیم در سطوح احتمال وقوع مختلف (شکل ۲) نشان می‌دهد که با افزایش سطح احتمال، تاریخ کشت مناسب گندم دیم به تأخیر می‌افتد که این مفهوم با نتایج پژوهش احمدالی و همکاران (Ahmadali et al., 2016)، خوشحال‌دستجردی و همکاران (Khoshal Dastjerdi et al., 2015)، نوحی (Noohi, 2005) و محمدی (Mohammadi, 2005) مطابقت دارد. بر این اساس، زودترین و دیرترین تاریخ کشت مناسب کشت گندم دیم به‌ترتیب در سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد به‌دست آمد. تاریخ کشت مناسب گندم دیم در بیش از ۹۰ درصد وسعت استان گلستان برای سطوح احتمال وقوع ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد قبل از ۲۰ آذر می‌باشد، در حالی که برای سطح احتمال وقوع ۸۵ و ۹۵ درصد به‌ترتیب در ۷۸ و ۹۰ درصد وسعت استان بین ۳۰-۱۱ آذر و ۲۰-۱ دی است. این نتایج با یافته‌های کابوسی و مجیدی (Kaboosi & Majidi, 2017 b) که نشان دادند تاریخ کاشت مناسب گندم دیم در حدود ۹۱ درصد وسعت استان گلستان به‌احتمال ۷۵ درصد در فاصله زمانی ۲۵-۱۶ آذر می‌باشد، مطابقت نزدیکی دارد.

1- Soil conservation service
2- Inverse distance weighting

جدول ۱- طبقه‌بندی متغیرهای اقلیمی و زمینی مختلف برای پهنه‌بندی استعداد اراضی برای کشت گندم دیم

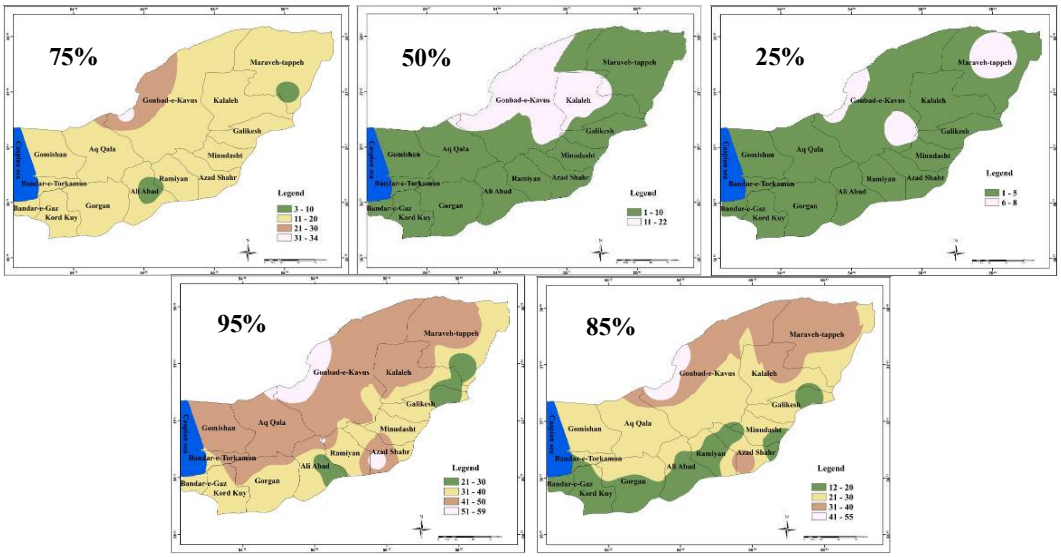
Table 1- Classification of different climatic and land properties for rainfed wheat land suitability zoning

ویژگی Property	مرحله رشد Growth stage	بسیار مناسب Highly suitable	مناسب Suitable	نسبتاً مناسب Moderate	ضعیف Marginally	نامناسب Unsuitable
میانگین دمای هوا Mean air temperature (°C)	سبز شدن Germination	12-14	10-12	8-10	6-8	< 6 and > 14
	گل‌دهی Flowering	14-16	12-14	10-12	8-10	< 8 and > 16
	رسیدگی Maturity	26-30	22-26	18-22	14-18	< 14 and > 30
	کل فصل رشد Total season	13-15	11-13	9-11	7-9	< 7 and > 15
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد یا دمای کمینه کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد Probability of maximum air temperature greater than 14 °C or minimum temperature less than 10 °C	سبز شدن Germination	< 20	20-40	40-60	60-80	80-100
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد یا دمای کمینه کمتر از نه درجه سانتی‌گراد Probability of maximum air temperature greater than 25 °C or minimum temperature less than 9 °C	گل‌دهی Flowering	< 30	30-45	45-60	60-75	75-100
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا دمای کمینه کمتر از نه درجه سانتی‌گراد Probability of maximum air temperature greater than 30 °C or minimum temperature less than 9 °C	رسیدگی Maturity	< 20	20-35	35-50	50-65	65-100

ادامه جدول ۱- طبقه‌بندی متغیرهای اقلیمی و زمینی مختلف برای پهنه‌بندی استعداد اراضی برای کشت گندم دیم

CntinueTable 1- Classification of different climatic and land properties for rainfed wheat land suitability zoning

ویژگی Property	مرحله رشد Growth stage	بسیار مناسب Highly suitable	مناسب Suitable	نسبتاً مناسب Moderate	ضعیف Marginally	نامناسب Unsuitable
میزان بارندگی Precipitation (mm)	سبز شدن Germination	> 70	50-70	30-50	10-30	< 10
	گل‌دهی Flowering	> 300	250-300	200-250	100-200	< 100
	رسیدگی Maturity	> 80	60-80	40-60	20-40	< 20
	کل فصل رشد Total season	> 450	350-450	250-350	150-250	< 150
نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق Rate of effective rainfall to evapotranspiration	سبز شدن Germination	> 0.75	0.60-0.75	0.45-0.60	0.30-0.45	< 0.30
	گل‌دهی Flowering	> 0.95	0.75-0.95	0.55-0.75	0.35-0.55	< 0.35
	رسیدگی Maturity	> 0.85	0.65-0.85	0.45-0.65	0.30-0.45	< 0.30
	کل فصل رشد Total season	> 0.90	0.70-0.90	0.50-0.70	0.30-0.50	< 30
ارتفاع از سطح دریا Elevation (m)	-	< 500	500-1000	1000-1500	1500-2000	> 2000
شیب زمین Slope (%)	-	< 5	5-8	8-10	10-12	> 12
شوری عصاره اشباع خاک Soil saturation extraction salinity ($dS.m^{-1}$)	-	< 6.0	6.0-7.4	7.4-9.5	9.5-13.0	> 13
تیپ اراضی Land type	-	دشت‌های رسوبی و رودخانه‌ای و دشت‌های دامنه‌ای Sedimentary and river flood plains and hillside plains	فلات‌ها و تراس‌های فوقانی Plateaus and the upper terraces	تپه Hill	کوه‌ها Mountains	اراضی پست و شور، دریاچه طبیعی، واریزه‌های بادبزنی شکل Saline-low lands, natural lake, Fan-shaped debris



شکل ۲- پهنه‌بندی تاریخ کشت مناسب (از مبدأ اول آذر) گندم دیم در سطوح احتمال وقوع مختلف

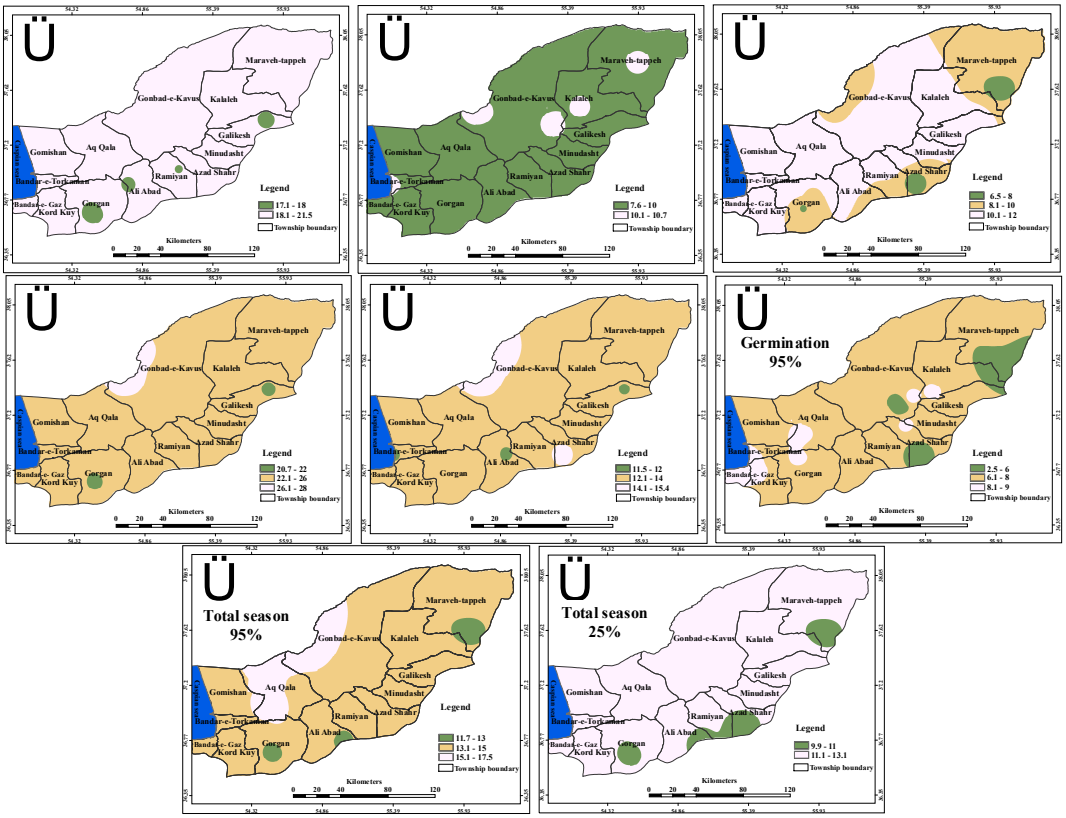
Fig. 2- Zoning of suitable planting date (days after 22 Nov.) of rainfed wheat in diffrenet probability levels

نظر به وقوع بیشتر و زودتر بارش‌های پائیزه در نیمه جنوبی استان گلستان (به‌دلیل شرایط کوهستانی و تراز ارتفاعی بالا) در مقایسه با مناطق دشتی نیمه شمالی استان، تاریخ کشت مناسب گندم دیم در مناطق واقع در نوار جنوبی زودتر از نوارهای میانی و شمالی استان می‌باشد. نتایج یک پژوهش میدانی در سطح مزارع گندم شهرستان گرگان نشان داد که تاریخ کشت در ۵۰ درصد از مزارع مورد بررسی بین ۱۵ تا ۲۶ آذر بود (Torabi et al., 2012) در حالی که بر اساس نتیجه پژوهش حاضر تاریخ کشت مناسب گندم شهرستان گرگان بر مبنای چهار ایستگاه هواشناسی این شهرستان (زیارت، محوطه امور آب، نومل و هاشم‌آباد) بین ۱۰ تا ۲۱ آذر است. همچنین در بررسی مدیریت زراعی مزارع شهرستان بندرگز (Nekahi et al., 2014) تاریخ کشت گندم در ۵۰ درصد مزارع بین ۱۵ تا ۱۸ آذر به‌دست آمد که بسیار نزدیک به تاریخ کشت مناسب گندم در ایستگاه هواشناسی کارکنده شهرستان بندگز (۱۷ آذر) است.

پهنه‌بندی پارامترهای اقلیمی

با توجه به تعداد بسیار زیاد نقشه‌های پهنه‌بندی متغیرهای اقلیمی (۹۰ نقشه حاصل از ۱۸ لایه اطلاعاتی در پنج سطح احتمال)، در ادامه ضمن تحلیل نتایج، فقط نقشه‌های مربوط به کمترین و بیشترین سطح احتمال وقوع (به‌ترتیب ۲۵ و ۹۵ درصد) ارائه می‌شود.

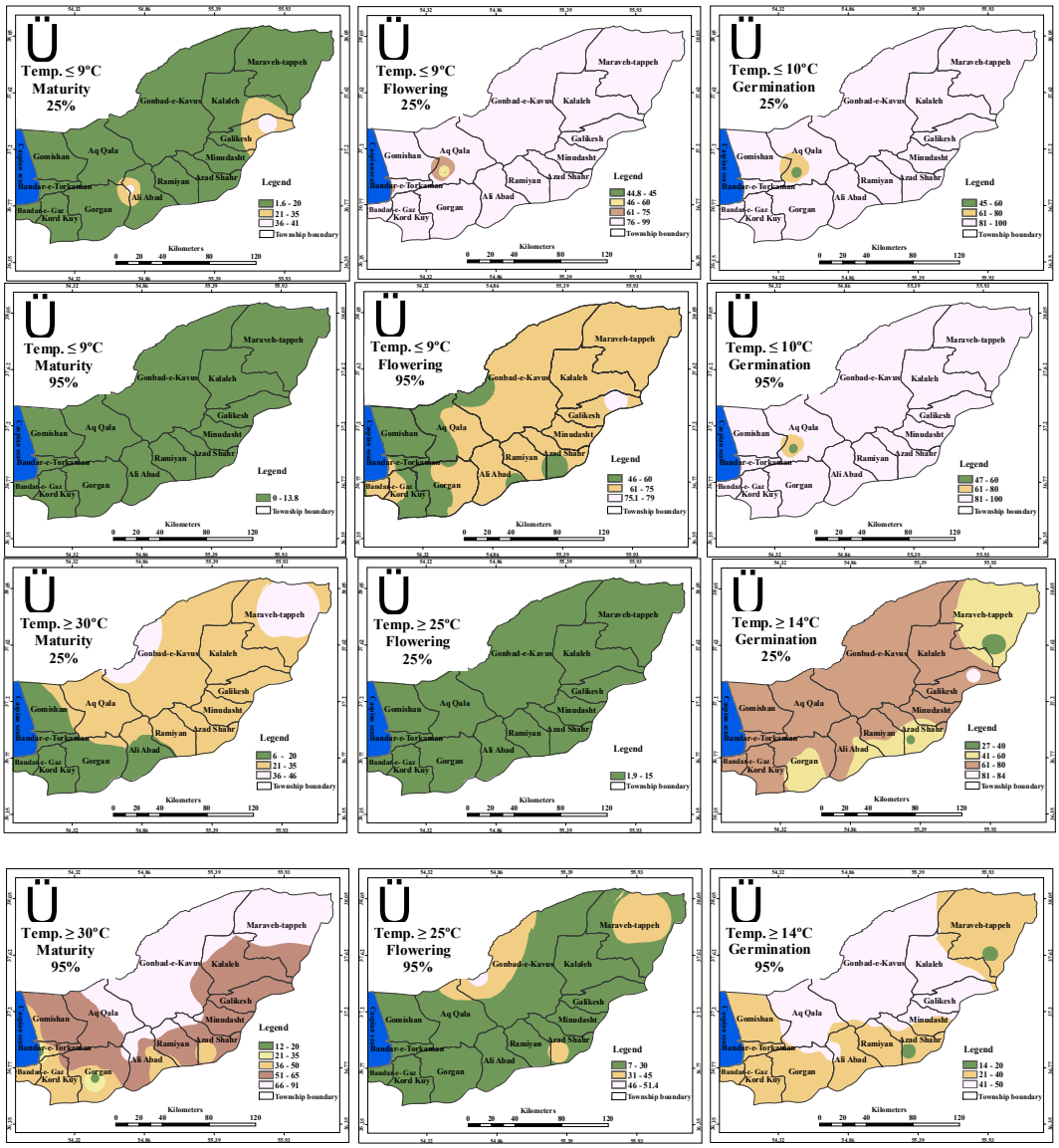
الف- میانگین دمای هوا: نقشه پهنه‌بندی متوسط دمای هوا در مراحل مختلف رشد گندم دیم در استان گلستان برای سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد در شکل ۳ ارائه شده است. با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد به‌دلیل تأخیر در کشت از اواخر پاییز به ابتدای زمستان و افزایش طول دوره سبز شدن به‌واسطه مواجهه گیاه در مرحله سبز شدن با سردی هوا، پهنه غالب میانگین دمای هوا در مرحله سبز شدن از طبقه مناسب به ضعیف تغییر کرد، در حالی که این جابه‌جایی در مراحل گل‌دهی و رسیدگی موجب بهبود طبقه‌بندی میانگین دمای هوا برای رشد گندم دیم در استان گلستان گردید، به‌طوری‌که با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد پهنه غالب میانگین دمای هوا در مرحله گل‌دهی از طبقه ضعیف به مناسب، در مرحله رسیدگی از طبقه متوسط به مناسب و در کل فصل رشد از طبقه مناسب به خیلی مناسب تغییر کرد که نشان می‌دهد افزایش سطح احتمال همراه با تأخیر در تاریخ کشت به مناسب‌تر شدن وضعیت دمای هوا برای کشت گندم دیم در استان گلستان منجر می‌گردد.



شکل ۳- پهنه‌بندی میانگین دمای هوا در مراحل مختلف رشد گندم دیم در سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد

Fig. 3- Zoning of mean air temperature (ºC) at different growth stages in probability levels 25 and 95 percent

ب- احتمال رخداد دمای نامطلوب: نقشه پهنه‌بندی احتمال رخداد دمای هوای پایین‌تر یا بالاتر از آستانه قابل تحمل در مراحل مختلف رشد گندم دیم در استان گلستان برای سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد (شکل ۴) نشان می‌دهد که الگوی تغییر این ویژگی همانند ویژگی میانگین دمای هوا است، به‌طوری‌که اثر افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد، به‌واسطه تأثیر بر تاریخ مناسب کشت و زمان وقوع و طول مراحل نموی گندم، در مرحله سبز شدن نسبت به مراحل گل‌دهی و رسیدگی متفاوت بود. در مرحله سبز شدن با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد تغییر معنی‌داری در احتمال رخداد دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد دیده نشد، به‌طوری‌که در همه سطوح احتمال وقوع از ۲۵ تا ۹۵ درصد، احتمال رخداد دمای نامطلوب کمتر از نه درجه سانتی‌گراد تقریباً در کل استان بین ۱۰۰-۸۰ درصد بود که نشان‌دهنده کلاس نامناسب برای کشت گندم است، در حالی که افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد منجر به کاهش احتمال رخداد دمای بیشتر از ۱۴ درجه سانتی-گراد گردید، به‌طوری‌که پهنه غالب استان از کلاس ضعیف (احتمال رخداد ۸۰-۶۰ درصد) به کلاس‌های مناسب (احتمال رخداد ۴۰-۲۰ درصد) و نسبتاً مناسب (احتمال رخداد ۵۰-۴۰ درصد) با مساحت نسبتاً برابر تغییر کرد. این تغییر با توجه به اثر تأخیری افزایش احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد بر تاریخ مناسب کشت از اواخر پاییز به ابتدای زمستان و در نتیجه، کاهش احتمال رخداد دمای نامطلوب کران بالا قابل توجیه می‌باشد.



شکل ٤- پهنه‌بندی احتمال رخداد دمای نامطلوب در مراحل مختلف رشد در سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد

Fig. 4- Zoning of possibility of unfavorable temperature occurrence at different growth stages in occurrence probability levels 25 and 95 percent

در مرحله گل‌دهی با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد کاهش معنی‌داری در احتمال رخداد دمای کمتر از نه درجه سانتی‌گراد دیده شد، به‌طوری‌که پهنه غالب استان از کلاس نامناسب (احتمال رخداد ۱۰۰-۷۶ درصد) به کلاس‌های نسبتاً مناسب (احتمال رخداد ۶۰-۴۶ درصد) و ضعیف (احتمال رخداد ۷۹-۶۰ درصد) تغییر کرد که البته پهنه ضعیف غالب بود. این در حالی بود که در این مرحله رشد، با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد احتمال رخداد دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، به‌طوری‌که پهنه کل استان از کلاس بسیار مناسب (احتمال رخداد ۱۵-۰ درصد) در برخی بخش‌های شمالی و شرقی به کلاس مناسب (احتمال رخداد ۴۵-۳۰ درصد) تغییر کرد. اثر مثبت افزایش احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد بر کاهش احتمال رخداد دمای کران پایین (نه درجه سانتی‌گراد) و اثر منفی آن بر افزایش احتمال رخداد دمای کران بالا (۲۵ درجه سانتی‌گراد) با توجه به جابه‌جایی زمان وقوع مراحل نموی از انتهای

زمستان به فصل بهار قابل انتظار بود.

در مرحله رسیدگی با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد، احتمال رخداد دمای کمتر از نه درجه سانتی‌گراد کاهش یافت، به‌طوری‌که بخش‌های کمی از استان که در کلاس مناسب (احتمال رخداد ۳۵-۲۰ درصد) بودند به کلاس خیلی مناسب (احتمال رخداد ۱۴-۰ درصد) تغییر کردند. این در حالی بود که در این مرحله رشد با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد افزایش احتمال رخداد دمای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، به‌طوری‌که پهنه غالب استان از کلاس مناسب (احتمال رخداد ۳۵-۲۰ درصد) به کلاس‌های ضعیف (احتمال رخداد ۶۵-۵۰ درصد) و نامناسب (احتمال رخداد ۹۱-۶۵ درصد) تغییر کرد. اثر جزئی مثبت افزایش احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد بر کاهش احتمال رخداد دمای کران پایین (نه درجه سانتی‌گراد) و اثر منفی آن بر افزایش احتمال رخداد دمای کران بالا (۳۰ درجه سانتی‌گراد) با توجه به جابه‌جایی زمان وقوع مراحل نموی گندم از انتهای بهار به فصل تابستان قابل توجیه است. نتایج نشان داد که تأخیر در کشت گندم دیم همراه با افزایش سطح احتمال وقوع در غالب موارد احتمال رخداد دمای کران بالا را افزایش داد که منجر به کاهش درجه تناسب اراضی کشاورزی برای کشت گندم دیم گردید. این نتایج با یافته‌های حسینی و همکاران (Hoseini et al., 2018) که نشان دادند تأخیر در کشت به‌دلیل مواجهه گیاه با دمای بازدارنده رشد موجب کاهش تناسب اراضی استان خراسان جنوبی برای کشت پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) می‌شود، هم‌خوانی بسیار نزدیکی دارد.

ج- میزان بارش: نقشه پهنه‌بندی میزان بارش در مراحل مختلف در شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد، به‌دلیل تأخیر در کشت از اواخر پاییز به ابتدای زمستان و افزایش طول دوره سبز شدن به‌واسطه مواجهه گیاه در مرحله سبز شدن با سردی هوا، پهنه غالب بارش در مرحله سبز شدن از طبقه نسبتاً مناسب (۵۰-۳۰ میلی‌متر) به طبقات خیلی مناسب (بیشتر از ۷۰ میلی‌متر) و مناسب (۷۰-۵۰ میلی‌متر) تغییر کرد، در حالی که این جابه‌جایی در مراحل گل‌دهی، رسیدگی و کل فصل رشد موجب کاهش تناسب طبقه‌بندی بارش برای رشد گندم دیم در استان گلستان گردید، به‌طوری‌که افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد پهنه غالب بارش در مرحله گل‌دهی را از طبقه‌های مناسب و نسبتاً مناسب به طبقه‌های ضعیف و نسبتاً مناسب، در مرحله رسیدگی از طبقه‌های مناسب و نسبتاً مناسب به طبقه ضعیف و در کل فصل رشد از طبقه‌های مناسب و نسبتاً مناسب به طبقه‌های مناسب، نسبتاً مناسب و ضعیف تغییر داد که نشان می‌دهد افزایش سطح احتمال همراه با تأخیر در تاریخ کشت به کاهش تناسب پهنه‌های مختلف استان برای کشت گندم دیم در استان گلستان در همه مراحل رشد، به‌جز دوره سبز شدن منجر می‌گردد.

د- نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل: نقشه پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل گندم در مراحل مختلف رشد گندم دیم در استان گلستان برای سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد در شکل ۶ ارائه شده است. افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل گندم در مرحله سبز شدن نداشت، به‌طوری‌که در همه سطوح احتمال وقوع غالب استان در طبقه بسیار مناسب قرار داشت. این در حالی بود که این موضوع در مراحل گل‌دهی، رسیدگی و کل فصل رشد موجب کاهش تناسب طبقه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل برای رشد گندم دیم در استان گلستان گردید، به‌طوری‌که افزایش سطح احتمال وقوع از ۲۵ به ۹۵ درصد پهنه غالب این ویژگی در مرحله گل‌دهی را از طبقه مناسب به طبقه نسبتاً مناسب، در مرحله رسیدگی از طبقه خیلی مناسب به طبقه‌های نسبتاً مناسب و مناسب و در کل فصل رشد از طبقه خیلی مناسب به طبقه‌های مناسب و نسبتاً مناسب تغییر داد که نشان می‌دهد افزایش سطح احتمال همراه با تأخیر در تاریخ کشت به کاهش تناسب پهنه‌های مختلف استان از نظر نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل برای کشت گندم دیم در استان گلستان در همه مراحل رشد، به‌جز دوره سبز شدن منجر می‌گردد.

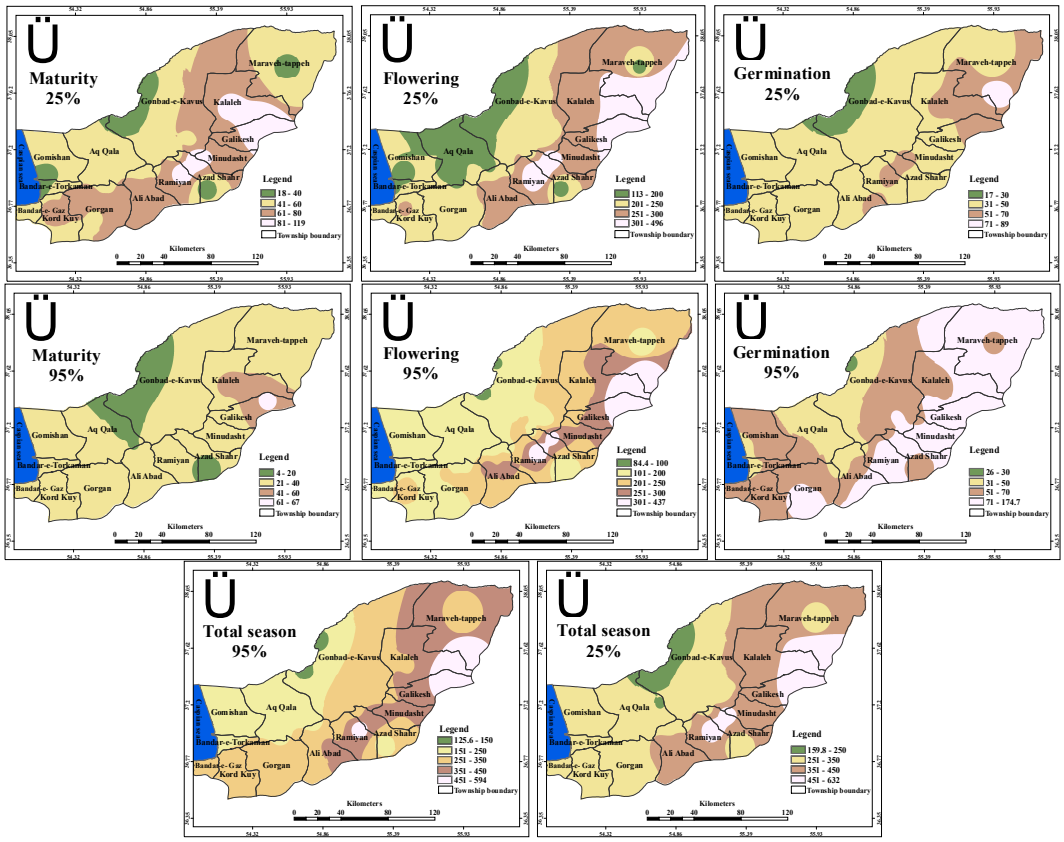
پارامترهای منابع زمین

پهنه‌های مختلف طبقات ارتفاع، شیب، تیپ اراضی و شوری خاک در پتانسیل‌یابی مناطق مستعد کشت گندم دیم در استان گلستان و مساحت آن‌ها به‌ترتیب در شکل ۷ و جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که حدود ۸۵/۵ و ۶/۵ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان به‌ترتیب دارای تراز کمتر از ۵۰۰ متر (کلاس خیلی مناسب) و ۱۰۰۰-۵۰۰ (کلاس مناسب) است. همچنین ۳۹ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان دارای شیب بیشتر از ۱۲ درصد که برای کشت گندم دیم نامناسب است، می‌باشد. وسعت اراضی کشاورزی

دارای کلاس میزان شیب خیلی مناسب، مناسب و نسبتاً مناسب به‌ترتیب ۲۱/۴، ۲۰/۴ و ۱۱/۲ درصد بود. شوری عصاره اشباع خاک در اراضی کشاورزی استان بین ۰/۱۹ تا ۶۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر (کلاس نسبتاً مناسب) است. در عین حال ۷۲ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان دارای شوری کمتر از شش دسی‌زیمنس بر متر (تناسب خیلی مناسب برای کشت گندم دیم) می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج تیپ اراضی حدود ۴۹، ۶، ۱۵، ۹ و ۲۱ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان برای کشت گندم دیم به‌ترتیب دارای تناسب خیلی مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب می‌باشد.

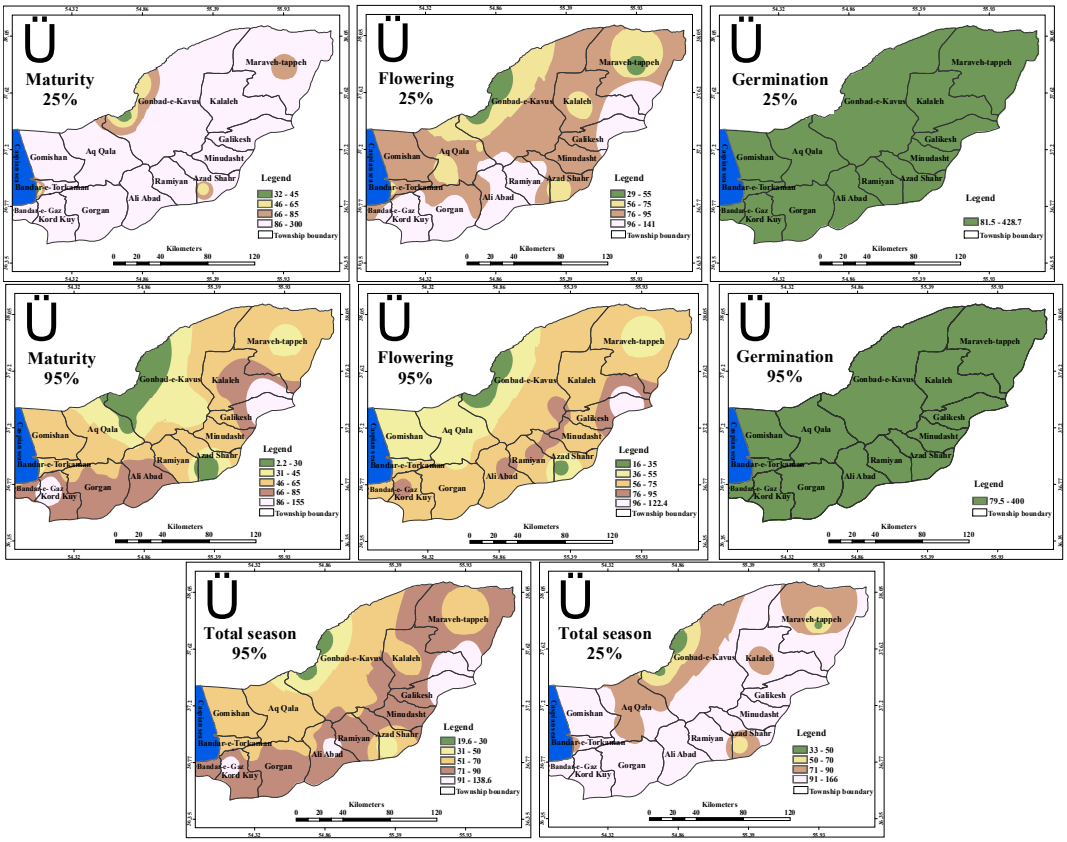
پهنه‌بندی اراضی برای کشت گندم دیم

مساحت پهنه‌های مختلف مستعد کشت گندم دیم در محدوده اراضی کشاورزی استان گلستان در سطح احتمال وقوع ۲۵ تا ۹۵ درصد در جدول ۳ و نقشه‌های پهنه‌بندی آن در شکل ۸ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در هیچ یک از سطوح احتمال وقوع پهنه نامناسب برای کشت گندم دیم در استان گلستان وجود ندارد. از سوی دیگر، پهنه خیلی مناسب برای کشت گندم دیم فقط در سطح احتمال وقوع ۲۵ درصد در بخش‌هایی از استان گلستان (حدود هشت درصد وسعت اراضی کشاورزی استان) وجود دارد، ولی در سایر سطوح احتمال وقوع این پهنه در استان وجود ندارد. همچنین اگر چه در تمام سطوح احتمال وقوع، به‌جز ۲۵ درصد، پهنه ضعیف برای کشت گندم دیم وجود دارد، وسعت این پهنه بسیار کم (کمتر از یک درصد وسعت اراضی کشاورزی استان) و محدود به بخش‌های مرزی شمال استان است.



شکل ۵- پهنه‌بندی بارش (میلی‌متر) مراحل مختلف رشد گندم دیم در سطوح احتمال وقوع ۲۵ و ۹۵ درصد

Fig. 5- Zoning of different growth stages rainfall (mm) of rainfed wheat in probability levels 25 and 95 percent



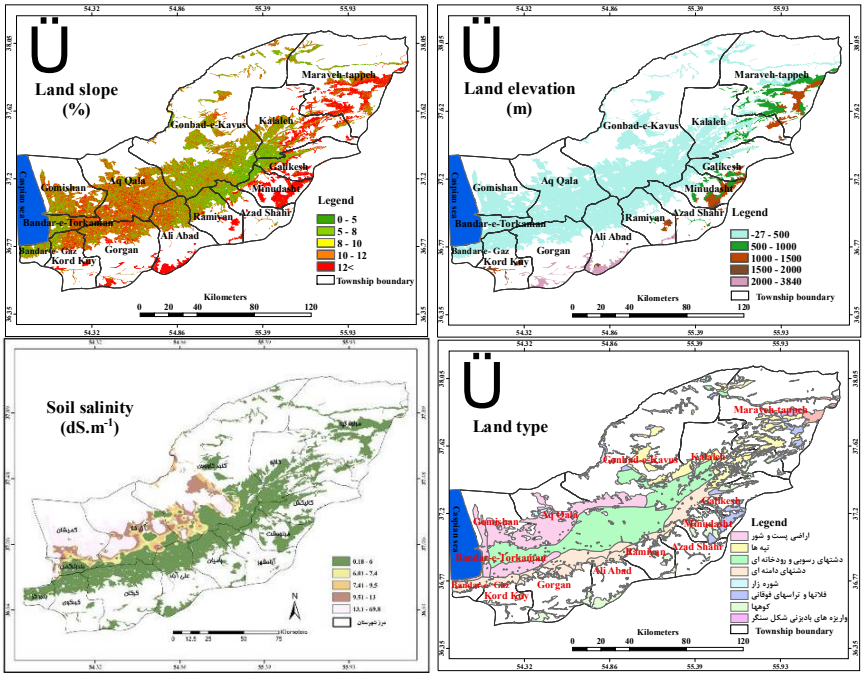
شکل ٦- پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل در مراحل مختلف رشد در سطوح احتمال ۲۵ و ۹۵ درصد

Fig. 6- Zoning of ratio of effective rainfall to potential evapotranspiration of rainfed wheat in different growth stages in occurrence probability levels 25 and 95 percent

جدول ۲- مساحت (کیلومترمربع) پهنه‌های مختلف اراضی کشاورزی استان گلستان از نظر قابلیت اراضی و خاک

Table 2- Extent (km^2) of different zones of Golestan province agricultural land in terms of from land and soil capability

درجه تناسب Suitability class	ویژگی Property	وسعت Extent	درصد %	ویژگی Property	وسعت Extent	درصد %	ویژگی Property	وسعت Extent	درصد %	ویژگی Property	وسعت Extent	درصد %
بسیار مناسب Highly suitable	ارتفاع از سطح دریا Elevation (m)	6256	85.6	شیب زمین Land slope (%)	1564	21.4	شوری خاک Soil salinity (dS.m^{-1})	5092	71.9	تیپ اراضی Land type	3590	49.1
مناسب Suitable		473	6.4		1494	20.4		255	3.6		460	6.3
نسبتاً مناسب Moderate		325	4.4		817	11.2		359	5.1		1109	15.2
ضعیف Marginally		72	1		619	8.5		481	6.8		619	8.4
نامناسب Unsuitable		187	2.6		2820	38.6		896	12.6		1535	21.0
کل Total		7313	100.0		7313	100.0		7083	100		7313	100



شکل ۷- پهنه‌بندی اراضی کشاورزی از نظر ارتفاع، درصد شیب، تیپ اراضی و شوری خاک برای کشت گندم دیم

Fig. 7- Zoning of elevation, slope percent, land type and soil salinity for rainfed wheat cultivation

در سطوح احتمال وقوع ۵۰، ۷۵ و ۸۵ درصد پهنه نسبتاً مناسب بین ۵۶-۵۰ درصد و پهنه مناسب بین ۵۰-۴۴ درصد وسعت اراضی کشاورزی را در برمی‌گیرد و سطح احتمال وقوع تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آن ندارد. این در حالی است که در سطح احتمال وقوع ۲۵ درصد (معادل تاریخ کشت زودهنگام) بخش غالب اراضی کشاورزی استان (حدود ۹۱ درصد) در پهنه مناسب و بخش کمی از آن (حدود هشت درصد) در پهنه خیلی مناسب قرار دارد، امّا در سطح احتمال وقوع ۹۵ درصد (معادل تاریخ کشت دیرهنگام) بخش غالب اراضی کشاورزی استان (حدود ۷۸ درصد) در پهنه متوسط و بخشی از آن (حدود ۲۱/۵ درصد) در پهنه مناسب واقع شده است. این نتایج نشان می‌دهد تاریخ کشت زودهنگام (معادل احتمال وقوع ۲۵ درصد) به‌دلیل برخوردار نمودن دوره‌های بعدی رشد گندم با شرایط اقلیمی مساعدتر منجر به افزایش قابل توجه مساحت پهنه‌های مستعد (خیلی مناسب و مناسب) برای کشت گندم دیم در استان گلستان می‌شود، در حالی‌که تاریخ کشت دیرهنگام (معادل احتمال وقوع ۹۵ درصد) به‌دلیل مواجهه گیاه با برخی شرایط اقلیمی نامساعد کاهش قابل توجه وسعت پهنه‌های مساعد را موجب می‌گردد. در همین راستا یافته‌های حسینی و همکاران (Hoseini et al., 2018) نشان داد که بیشترین مساحت پهنه‌های مناسب کشت پنبه در استان خراسان جنوبی در تاریخ کشت‌های زودهنگام بود و تأخیر در کشت به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای از وسعت پهنه‌های مستعد کاست که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی بسیار نزدیکی دارد.

با توجه به این که اراضی کشاورزی استان گلستان عمدتاً در نوار میانی استان واقع شده است، بیشتر تغییرات استعداد اراضی برای کشت گندم دیم تحت تأثیر درصد احتمال وقوع نیز در این نوار رخ داده است. با این‌حال، در یک دید کلی می‌توان دریافت که نواحی جنوبی نوار میانی استان از تناسب بیشتری برای کشت گندم دیم نسبت به نواحی شمالی نوار میانی استان برخوردار است، به‌طوری‌که، پهنه خیلی مناسب در احتمال وقوع ۲۵ درصد و پهنه مناسب در سایر سطوح احتمال وقوع در نواحی جنوبی نوار میانی استان واقع شده است. دلیل این امر آن است که نیمه شمالی نوار میانی استان علی‌رغم برخورداری از شرایط دمایی، ارتفاعی و شیب مناسب به‌لحاظ شوری خاک، میزان بارش و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل عموماً نسبت به نیمه جنوبی نوار میانی استان در پهنه‌های نامساعدتری قرار گرفته دارد. نتایج پژوهش کابوسی و مجیدی (Kaboosi & Majidi, 2017 a) نشان داد که درصد مساحت پهنه

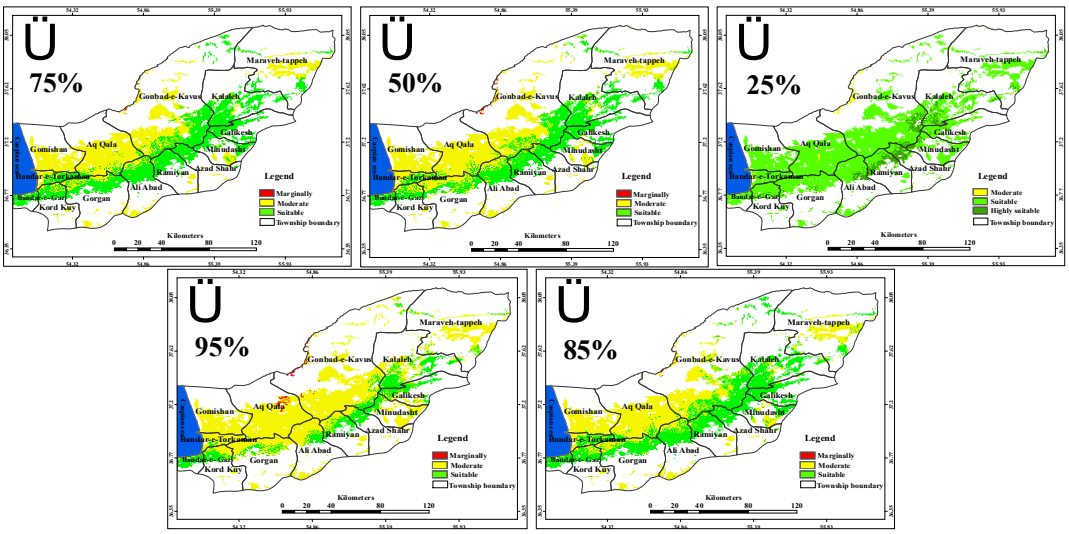
خیلی مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب کشت گندم دیم در استان گلستان نسبت به اراضی کشاورزی با احتمال وقوع ۷۵ درصد به‌ترتیب ۲۶، ۳۰/۳، ۲۸/۷، ۱۲/۶ و ۲/۴ درصد می‌باشد که با نتایج پژوهش حاضر چندان مطابقت ندارد. این در حالی است که بر اساس یافته‌های بیابانی و همکاران (Biabani et al., 2017) حدود ۷۴ و ۲۴ درصد از اراضی کشاورزی حوضه گرگانرود استان گلستان از نظر ویژگی‌های اقلیمی و توپوگرافی به‌ترتیب در پهنه مناسب و نسبتاً مناسب کشت گندم دیم واقع گردیده بود که با نتایج این پژوهش در همین محدوده مطابقت خوبی دارد.

نتایج نشان داد که مجموع مساحت پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب کشت گندم دیم در اراضی کشاورزی استان در سطوح احتمال وقوع ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد به‌ترتیب ۷۲۲۸، ۳۲۰۹ و ۳۶۶۷، ۳۵۲۸ و ۱۵۷۵ کیلومترمربع می‌باشد که این میزان به‌ترتیب ۱۸۱، ۸۰، ۹۲، ۸۸ و ۳۹ درصد کل سطح زیر کشت گندم استان و به‌ترتیب ۳۱۸، ۱۴۱، ۱۶۲، ۱۵۵ و ۶۹ درصد کل سطح زیر کشت گندم دیم استان است که نشان می‌دهد وسعت فعلی اراضی زیر کشت گندم دیم در استان گلستان در همه سطوح احتمال، به‌جز ۹۵ درصد، کمتر از مساحت پهنه‌های بسیار مناسب و مناسب استان است. این نشان می‌دهد که ضمن احتمال رعایت تناوب در اراضی مستعد کشت گندم توسط کشاورزان، پتانسیل استان گلستان از نظر توسعه سطح زیر کشت گندم بیشتر از وضع موجود می‌باشد که با نتایج کابوسی و مجیدی (Kaboosi & Majidi, 2017 a) هم‌خوانی دارد. لازم به ذکر است که عدم اختصاص پهنه‌های مستعد گندم به کشت این محصول به‌معنای اختصاص نادرست آن به سایر محصولات نیست، زیرا ممکن است همان عرصه برای گیاه دیگر نیز مطلوب باشد (Bidadi et al., 2015; Kaboosi & Majidi, 2017). گزارش شده است که مجموع وسعت پهنه‌های مناسب (۶۲/۳ هزار هکتار) و نسبتاً مناسب (۲۲/۲ هزار هکتار) کشت گندم دیم در حوضه گرگانرود استان گلستان حدود ۱۸۸ و ۸۷ درصد متوسط سطح زیر کشت دیم (۴۵ هزار هکتار) و کل (۹۶/۹ هزار هکتار) گندم در این حوضه (Biabani et al., 2017) و مجموع مساحت پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب گندم دیم در حوضه قره‌سو استان گلستان حدود ۳/۳ برابر کل سطح زیر کشت گندم در این حوضه (Bidadi et al., 2015) است. مطابق نتایج نصراللهی و همکاران (Nasrollahi et al., 2016) حدود ۱۴، ۲۶، ۴۵ و ۱۶ درصد از وسعت اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا و بر اساس یافته‌های بنی‌عقیل و همکاران (Baniaghil et al., 2017) حدود ۹/۵، ۵۴/۵، ۲۹/۷ و ۶/۲ درصد از وسعت کل اراضی استان گلستان به‌ترتیب در پهنه بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد (ضعیف) و نامستعد برای کشت گندم دیم قرار دارد که به‌ترتیب با نتایج این پژوهش که نشان داد در سطح احتمال ۲۵ و ۵۰ تا ۹۵ درصد به‌ترتیب ۹۹ و ۹۷–۹۰ درصد از وسعت اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا به‌ترتیب در پهنه مناسب و نسبتاً مناسب واقع شده است و نتایج مربوط به اراضی کشاورزی کل استان نسبتاً هم‌خوانی دارد.

جدول ۳- مساحت (کیلومترمربع) پهنه‌های مختلف استعداد اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم

Table 3- Extent (km^2) of different zones of Golestan province agricultural land for cultivation of rainfed wheat

سطح احتمال Probability level	25%		50%		75%		85%		95%	
درجه تناسب Suitability class	وسعت Extent	درصد %	وسعت Extent	درصد %	وسعت Extent	درصد %	وسعت Extent	درصد %	وسعت Extent	درصد %
بسیار مناسب Highly suitable	581	7.9	0	0	0	0	0	0	0	0
مناسب Suitable	6647	90.9	3209	43.9	3667	50.1	3528	48.2	1575	21.5
نسبتاً مناسب Moderate	85	1.2	4079	55.8	3638	49.7	3778	51.7	5673	77.6
ضعیف Marginally	0	0	25	0.3	8	0.1	7	0.1	65	0.9



شکل ۸- پهنه‌بندی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت گندم دیم در سطوح احتمال وقوع مختلف

Fig. 8- Zoning of agricultural land of Golestan province for rainfed wheat in different probability levels

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در همه سطوح احتمال وقوع (ریسک) نواحی جنوبی نوار میانی استان از تناسب بیشتری برای کشت گندم دیم نسبت به نواحی شمالی نوار میانی استان برخوردار است. همچنین کاهش اندک ریسک زراعت (افزایش احتمال وقوع از ۲۵ به ۵۰ درصد) موجب تغییر قابل ملاحظه درجه تناسب اراضی برای کشت گندم در استان گلستان گردید، در حالی که کاهش بیشتر ریسک زراعت (افزایش احتمال وقوع تا ۸۵ درصد) تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت. با این حال، اگر حداقل ریسک (احتمال وقوع ۹۵ درصد) به‌عنوان یک تصمیم مدیریتی برای زراعت گندم انتخاب شود، کمترین سطح تناسب اراضی برای کشت گندم به‌دست خواهد آمد. با عنایت به این که در پژوهش حاضر پهنه‌بندی استعداد اراضی کشاورزی تنها بر مبنای متغیرهای مؤثر بر رشد گندم صورت گرفته است، پیشنهاد می‌گردد که در پژوهش‌های آتی عملکرد محصول با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی رشد در مناطق مختلف استان برآورد گردد تا قابلیت اراضی بر اساس میزان عملکرد قابل دستیابی نیز پهنه‌بندی شود.

سپاس‌گزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی نویسنده مقاله با عنوان پهنه‌بندی اقلیمی- احتمالاتی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم است که با حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان به انجام رسیده است. لذا بدین‌وسیله از این حمایت‌ها قدردانی می‌گردد.

References

Ahmadali, K., Hosseini Pajouh, N., and Liaghat, A.M., 2016. Determination of optimal planting date of rainfed wheat in Kurdistan province, Iran. Pajouhesh and Sazandegi (Agronomy) 108: 9-18. (In Persian with English Summary)

Amirikia, F., and Naji Domirani, S., 2017. Land suitability evaluation for dryland wheat production in Fars province based on climatic and physiographic factors and integrated TOPSIS-AHP model in GIS environment. Journal of Applied Research in Field Crops 30(4): 74-92. (In Persian with English Summary)

Anonymous., 2016. Agricultural Statistical Book (2014-2015). Available online: www.maj.ir. (In Persian)

Anonymous., 1999. SMADA for window (stormwater management and design aid). Available online: University of Central Florida.

Baniaghil, A.S., Rahemi Karizki, A., Biabani, A., and Faramarzi, H., 2017. Potential climatic zoning of wheat (*Triticum*

aestivum L.) Golestan province. Journal of Agroecology 9(3): 821-833. (In Persian with English Summary)

Biabani, A., Ahansaz, S., Kamkar, B., and Roumani, A., 2017. Assessment of land suitability of Gorganrood watershed for wheat cultivation by GIS. Research Achievement for Improvement Crop Production 3(1): 83-101. (In Persian with English Summary)

Bidadi, M.J., Kamkar, B., Abdi, O., and Kazemi, H., 2015. Land suitability analysis on rainfed wheat cropping using geospatial information systems (A case study: Qaresoo basin). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 25(1): 131-143. (In Persian with English Summary)

FAO., 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper, Italy.

FAO., 2019. FAOSTA. http://www.fao.org/faostat/en/#home

Hoseini, S.S., Behdani, M.A., and Khashei Siuki, A., 2018. Spatial and temporal zoning of suitable lands for cotton cultivation using analytical hierarchy process (Case study: South Khorasan province). Journal of Agroecology 9(4): 1136-1148. (In Persian with English Summary)

Kaboosi, K., and Majidi, O., 2019. Determination and zoning of suitable planting date of rainfed wheat in Golestan province based on different levels of occurrence probability of autumn rainfall. Journal of Agroecology 11(1): 217-229. (In Persian with English Summary)

Kaboosi, K., and Majidi, O., 2017 a. Agro-ecological zoning of rainfed wheat in Golestan province based on meteorology, agronomy, soil and land properties. Journal of Agroecology 7(2): 134-154. (In Persian with English Summary)

Kaboosi, K., and Majidi, O., 2017 b. Zoning of planting and harvesting dates and length of growth stages of rainfed wheat based on precipitation and temperature data in Golestan province. Iranian Journal of Dryland Agriculture 6(1): 103-120. (In Persian with English Summary)

Kaviani, M.R., Hosseini Abri, S.H., and Asadi Broujeny, E., 2002. Probability of occurrence and return period of minimal temperature in almond orchards at Semnan region during March, April and May. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 9(3): 49-57. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, H., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S., 2013. Agro-ecological zoning of Golestan province lands for soybean cultivation using geographical information system (GIS). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 23(4): 21-40. (In Persian with English Summary)

Khoshal Dastjerdi, J., Nazari, A., Ghangharmeh, A., and Fallahi, H.A., 2015. Predicting isometropia- rainfall in dry wheat implantation and cultivation in Gonbad Kavoos province. Geographical Planning of Space 5(16): 169-184. (In Persian with English Summary)

Khosravi, R., Hemami, M.R., and Malekian, M., 2014. Comparison of geostatistical methods to determine the best bioclimatic data interpolation method for modelling species distribution in central Iran. Iranian Journal of Applied Ecology 3(8): 55-68. (In Persian with English Summary)

Mehdizadeh, S., Behmanesh, J., and Nikbakht, J., 2011. Estimation of reference evapotranspiration with various occurrence probability levels (Case study: Urmia). Water and Soil Science 20(4): 171-183. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., 2005. The determining suitable dry farming wheat time in Ilam provience. Geographical Research. 37(51): 15-31. (In Persian with English Summary)

Nasrollahi, N., Kazemi, H., Kamkar, B., and Sadeghi, S., 2016. Agroecological evaluation of Aq-Qala township (Golestan province) for Dryland wheat cultivation using geographical information system (GIS). Journal of Applied Field Crops Research 29(1): 83-94. (In Persian with English Summary)

Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siahmarguee, A., and Bagherani, N., 2014. Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province- Bandargaz). Crop Production 7(2): 135-156. (In Persian with English Summary)

Nikbakht, J., and Mir Latifi, S.M., 2002. Effects of ET_0 computing method, probability level and length of peak water requirement period on daily reference evapotranspiration. Iranian Journal of Soil and Waters Sciences 16(2): 222-230. (In Persian with English Summary)

Noohi, K., 2005. Rainfall analysis of Karaj for determination of rainfed wheat sowing date. Nivar 58: 95-103. (In Persian with English Summary)

Rahimi, J., Bazrafshan, J., and Khalili, A., 2013. A comparative study on empirical methods for estimating effective

rainfall for rainfed wheat crop in different climates of Iran. Physical Geography Research 45(3): 31-46. (In Persian with English Summary)

Sharifi Bonab, S.S., Nazemi, A.H., Ashraf Sadraddini, A., Fakheri Fard, A., and Salmasi, F., 2015. Estimation of irrigation water requirement using probability distribution functions. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 5(9): 720-730. (In Persian with English Summary)

Sobhani, B., Ganji, M., and Goldoust, A., 2017. Determination and investigation about beginning and end dates of early and late freezes and possibility of its continuity, intensity and succession in Ardabil province. Physical Geography Research Quarterly 49(1): 39-53. (In Persian with English Summary)

Sys, I.C., Van Ranst, E., and Debaveye, J., 1991. Land evaluation- part I: Principle in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication No. 7, Brussels, Belgium, 274 pp.

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E., 2012. Documenting the process of wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production 19(4): 19-42. (In Persian with English Summary)

Yousefi Moghaddam, R., Khoramdel, S., Bannayan Aval, M., and Nassiri Mahallati, M., 2018. Comparison of old and new dryland wheat cultivars in response to different planting dates. Applied Research in Field Crops 31(2): 46-72. (In Persian with English Summary)

Ziaee, A.R., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., and Ranjbar, S., 2006. Development of Fars province probable minimum temperature atlas using meteorological data. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 10(3): 13-27. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.3, Fall 2020, p. 487-505

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص ۵۰۵-۴۸۷

Zoning of Golestan Province Agricultural Land for Rainfed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Based on Climatic- Stochastical Analysis

K. Kaboosi[1*]

Submitted: 03-02-2019
Accepted: 22-05-2019

Kaboosi, K., 2020. Zoning of Golestan province agricultural land for rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) based on climatic- stochastical analysis. Journal of Agroecology 12(3):487-505.

Introduction

Stochastical analysis can increase decision-making reliability, meanwhile increasing the flexibility of decisions. The critical role of climatic factors in land zoning on the one hand and the stochastical nature of climatic variables, on the other hand, causes the uncertainty of land suitability grading for plant cultivation, especially in dryland conditions. Golestan province has the third rank among the Iran provinces with about 400,000 hectares of cultivated land and production of more than one million tons of wheat, of which about 57 and 50 percent are allocated to rainfed cultivation, respectively. The present study was conducted to examine changes in various climate variables affecting wheat growth under the influence of different occurrence probabilities and zoning agricultural land in Golestan province for the rainfed wheat cultivation under these conditions.

Materials and Methods

First, dates of planting and occurrence of each phenological stage of rainfed wheat were determined by daily data of precipitation and minimum and maximum temperatures for 33 weather stations in Golestan province in a 26-year typical statistical period. Then, by fitting different probability distribution functions and selecting the best distribution, the values of these variables were estimated at five occurrence probability levels of 25, 50, 75, 85, and 95 percent. Next, the average air temperature, the possibility of occurrence of adverse temperatures, precipitation and ratio of effective precipitation to potential evapotranspiration of wheat for each growth stage and total growth period were calculated for whole weather stations at different occurrence probability levels. Finally, by providing zoning maps of these variables and other features including elevation, land slope, land type, soil salinity and overlaying 22 layers for each occurrence probability level, agro-ecological zoning of agricultural lands of Golestan province for rainfed wheat cultivation at different occurrence probability levels was performed.

Results and Discussion

Results showed that increasing occurrence probability level from 25 to 95 percent due to delaying suitable planting date from late autumn to early winter and its effect on the climatic-environmental conditions and the length of the plant growth stages improved the degree of land suitability grade for rainfed wheat cultivation in terms of mean air temperature in stages of flowering, maturity and total growth season, the occurrence possibility of temperatures higher than 14 and less than 9 °C in germination and flowering and maturity stages, respectively, and the amount of precipitation in the germination stage. Adversely, it resulted in degradation in the degree of land suitability in term of mean air temperature in the germination stage, the occurrence possibility of temperatures higher than 25 and 30 °C in flowering and maturity stages, respectively, and the amount of precipitation and ratio of effective precipitation to potential evapotranspiration in stages of flowering and maturity and the entire season. The results of agro-ecological zoning showed that the extent of suitable and moderate zones was between 50-56 and 44-50 percent of the agricultural land, respectively, for the occurrence probability levels of 50, 75 and 85 percent and the occurrence probability did not have a significant effect on zoning. In comparison, at the occurrence probability levels of 25 and 95 percent (equal to the early and late

1- Associate Professor, Department of Agriculture, Gorgan branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: kkaboosi@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i3.79025

planting dates, respectively), about 91 and 78 percent of the province's agricultural land was located in a suitable and moderate zone, respectively. These results are accordant with the findings of Hoseini et al. (2018), who showed that the maximum extent of suitable land for cotton cultivation in Southern Khorasan province occurred in the early planting date. Considering the majority of agricultural land of Golestan province is located in the middle strip of the province, most changes of zoning maps by occurrence probability level have also occurred in this region.

Conclusion

A low reduction in cultivation risk (increasing the occurrence probability from 25 to 50 percent) significantly degraded the land suitability for rainfed wheat in Golestan province while more reduction in the farming risk (increasing the occurrence probability up to 85 percent) led to no significant effect on land suitability. However, if the minimum risk (95% probability) be selected as a management decision for rainfed wheat farming, the lowest land suitability for rainfed wheat cultivation will occur.

Keywords: Agro-ecology, Air temperature, Evapotranspiration, Land suitability, Occurrence probability, Precipitation.