مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۷ (۲) (۱۳۹۶) ۱۵۴- ۱۳۴

پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی کشت گندم دیم استان گلستان بر پایه ویژگی‌های هواشناسی، زراعی، خاک و اراضی

کامی کابوسی[1]* و عثمان مجیدی[2]

[1] گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.

[2] گروه کاری هواشناسی کشاورزی، اداره کل هواشناسی استان گلستان، گرگان، ایران.

*نویسنده مسئول: kkaboosi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۳۰

کابوسی ک. و ع. مجیدی. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی کشت گندم دیم استان گلستان بر پایه ویژگی‌های هواشناسی، زراعی، خاک و اراضی. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۷ (۲): ۱۵۴- ۱۳۴.

سابقه و هدف: استان گلستان یکی از قطب‌های تولید گندم کشور است به طوری که در سال ۱۳۹۴ از نظر سطح زیر کشت و عملکرد دانه مقام سوم را در بین استان‌های کشور به دست آورد. نظر به اهمیت راهبردی گندم، شناسایی مناطق مناسب کشت دیم آن بر مبنای شرایط هواشناسی، زراعی، خاک و قابلیت اراضی که پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی نامیده می‌شود، ضروری است. لذا این پژوهش ضمن تحلیل عامل‌های زیست‌بومی مؤثر بر تولید گندم دیم و تجمیع آن‌ها بر پایه منابع علمی معتبر، به شناسایی پهنه‌های مناسب کشت گندم دیم استان گلستان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: درآغاز تاریخ کشت، زمان رخداد مرحله‌های فنولوژیکی (پدیدشناختی) مختلف بر پایه مفهوم درجه- روز رشد، میزان بارش، میانگین دمای هوا و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق هر یک از مرحله‌های رشد و کل دوره رشد گندم در ۳۰ ایستگاه هواشناسی استان گلستان در دوره آماری مشترک ۱۳۹۴-۱۳۷۰ محاسبه شد. در مرحله بعد، میزان این پارامترها بر پایه احتمال رخداد ۷۵ درصد برآورد شد. همچنین احتمال رخداد دماهای بالاتر و پایین‌تر از آستانه قابل تحمل گندم در مرحله‌های مختلف رشد محاسبه شد. آن‌گاه نقشه پهنه‌بندی این پارامترها و ویژگی‌های ارتفاع، شیب زمین، تیپ اراضی و شوری خاک در پنج طبقه تهیه شد. در پایان، با همپوشانی این لایه‌های اطلاعاتی (۲۶ لایه)، پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم دیم صورت گرفت.

نتایج و بحث: میانگین دمای هوای در طول سه مرحله سبز شدن، گلدهی و رسیدگی گندم در استان گلستان با احتمال رخداد ۷۵ درصد به ترتیب ۸ (به‌نسبت مناسب)، ۱۰/۹ (به‌نسبت مناسب) و ۲۲/۷ (مناسب) درجه سلسیوس می‌باشد. همچنین احتمال رخداد دمای کمتر از آستانه تحمل در مرحله سبز شدن گندم (۱۰ درجه سلسیوس) در وسعت زیادی از استان شایان توجه بوده ولی در دیگر مرحله‌های رشد، احتمال رخداد دماهای بالاتر و پایین‌تر از آستانه تحمل گندم در غالب اراضی استان پایین است. نتایج نشان داد، از نظر نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق پتانسیل در کل دوره رشد، ۹۲ درصد وسعت استان به‌صورت به‌نسبت یکسان در کلاس‌های به‌نسبت مناسب، مناسب و خیلی مناسب برای کشت گندم دیم قرار دارد. این کلاس‌ها در نقشه تیپ اراضی به ترتیب ۲۹، ۹ و ۲۰ درصد وسعت استان را پوشش دادند. همچنین شوری خاک در ۷۲ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان کمتر از آستانه تحمل گندم (۶ دسی‌زیمنس بر متر) است. بنابر نتایج به دست آمده، مجموع مساحت پهنه‌های خیلی مناسب، مناسب و نسبتاً مناسب گندم دیم در اراضی کشاورزی استان ۶۰۲ هزار هکتار می‌باشد که به ترتیب ۵۱ و ۱۱۷ درصد بیشتر از سطح زیر کشت کنونی کل گندم و گندم دیم استان است. همچنین به ترتیب ۶۴/۸ و ۸۵ درصد از وسعت کل و اراضی کشاورزی استان جزو پهنه‌های خیلی مناسب تا به‌نسبت مناسب گندم دیم قرار دارد. بیشترین درصد پهنه

Archive of SID

www.SID.ir

خیلی مناسب در شهرستان‌های گنبد (۲۴/۷ درصد) و کلاله (۲۰/۹ درصد)، پهنه مناسب در شهرستان‌های مراوه‌تپه (۱۸/۲ درصد) و گرگان (۱۶/۴ درصد) و پهنه به‌نسبت مناسب در شهرستان‌های گنبد (۲۲/۸ درصد)، آق‌قلا (۱۹/۷ درصد) و گمیشان (۱۷/۷ درصد) واقع شده است.

نتیجه‌گیری: پهنه‌های مستعد کشت گندم دیم در استان گلستان به‌طورعموم در نوار شرقی- غربی بخش میانی استان واقع شده است. وسعت این پهنه‌ها در سطح احتمال رخداد ۷۵ درصد بیش از سطح زیرکشت کنونی گندم استان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش، تبخیر- تعرق، درجه- روز، دمای هوا، شوری، شیب.

مقدمه

نزدیک به یک‌ششم از کل زمین‌های زراعی جهان و بالغ بر نیمی از اراضی زیر کشت گیاهان زراعی ایران (حدود ۶/۷ میلیون هکتار) به گندم اختصاص دارد (Bidadi *et al.,* 2015). استان گلستان از نظر سطح زیر کشت و عملکرد دانه گندم مقام سوم کشور را دارد. از کل سطح زیر کشت و تولیدات زراعی استان (۶۶۸/۴ هزار هکتار و ۲۷۹۱/۹ هزار تن) به ترتیب ۶۰ (۳۹۹/۲ هزار هکتار) و ۳۷/۴ (۱۰۴۴/۷ هزار تن) درصد به گندم اختصاص دارد که از این میزان به ترتیب ۵۷ (۲۲۷/۰ هزار هکتار) و ۴۹/۵ (۵۱۶/۸ هزار تن) درصد را گندم دیم شامل می‌شود (Anonymous, 2016).

پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی (Agro-Ecological Zoning or AEZ) با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی محیطی شامل اقلیم، آب، پستی و بلندی و شرایط خاک به‌صورت یک مجموعه همگن به بررسی سامانه‌های زراعی، کاربری اراضی و تنوع زیستی می‌پردازد (Kazemi *et al.,* 2013). با هدف یکنواختی در بررسی‌های ارزیابی اراضی در سراسر جهان، سازمان خواربار و کشاورزی (فائو)[1] در سال ۱۹۷۶ چارچوبی را پیشنهاد کرد، ولی در آن روش ارزیابی اراضی ارائه نشد (FAO, 1976). در ادامه آن سازمان شیوه کار ارزیابی اراضی برای کشت دیم (FAO, 1983)، جنگل (FAO, 1984)، کشت آبی (FAO, 1985) و چرای گسترده (FAO, 1987) را ارائه کرد. همچنین Sys *et al.* (1991a,b) و Sys *et al.* (1993) راهنمای ارزیابی اراضی را منتشر کرد که توسط Givi (1997) برای ایران بومی شد. بعدها FAO (1996) مدل پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی را نیز ارائه کرد. از نقطه نظر بررسی قابلیت، استعدادیابی و تناسب اراضی برای کشت گندم پژوهش‌های چندی در استان‌های همدان (Farajzadeh and Takalo Bigash, 2002)، اردبیل (Rasouli *et al.,* 2005)، آذربایجان‌شرقی (Kamali *et al.,* 2008؛ Feizizadeh *et al.,* 2012)، شهرستان‌های گنبد (Mohammadi *et al.,* 2008) و آق‌قلا (Shakeri and Momeni, 2011)، حوضه قره‌سو (Bidadi *et al.,* 2015) و کل استان گلستان (Bay *et al.,* 2012)، آذربایجان غربی (Sari Saraf *et al.,* 2009)، زنجان (Hanafi, 2015؛ Damavandi *et al.,* 2010؛ Kamali *et al.,* 2010)، دشت نیشابور (Bagherzadeh *et al.,* 2012)، قزوین (Sarmadian and Taati, 2015؛ Keshavarzi *et al.*, 2011)، خراسان‌شمالی (Maghami Moghim *et al.,* 2013)، کهگیلویه و بویراحمد (Shakeri *et al.,* 2015) و کردستان (Eini *et al.,* 2013) انجام شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد، جامعیت ویژگی‌های هواشناسی، زراعی، خاک و اراضی برای تأمین نیازهای زراعی- بوم‌شناختی گندم کمتر مورد توجه بوده است و به‌طورعموم برخی از این نیازها متناسب با داده‌های موجود و تخصص پژوهشگران (زراعت، آبیاری، خاک، جغرافیا) لحاظ شده است. نظر به اهمیت راهبردی گندم و به‌ویژه کشت دیم آن در استان گلستان، این پژوهش ضمن تحلیل عامل‌های مؤثر بر پهنه‌بندی آن بر پایه منابع علمی معتبر، به شناسایی پهنه‌های مناسب کشت بنابر ویژگی‌های هواشناسی، زراعی، خاک و اراضی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

دوره آماری و ایستگاه‌های منتخب

به‌منظور اجرای پژوهش، پس از بررسی پراکندگی جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی استان گلستان (شکل ۱) و طول دوره آماری آن‌ها، داده‌های روزانه بارش و دمای کمینه و بیشینه ۳۰ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری مشترک ۱۳۹۴-۱۳۷۰ (۲۵ سال) اخذ شد. تکمیل و تطویل داده‌ها در دوره آماری با استفاده از روش نسبت‌ها و تفاضل‌ها

[1] Food and Agriculture Organization (FAO)

Archive of SID

www.SID.ir

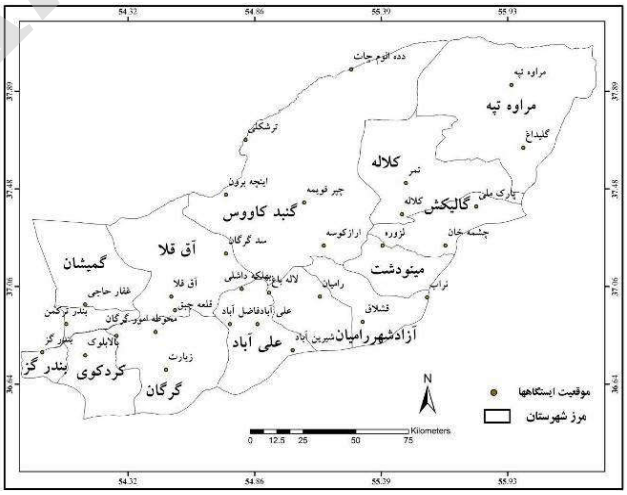
(Ashofteh and Massah, 2010) بر مبنای ماتریس همبستگی صورت گرفت. همگنی و نرمال بودن داده‌ها به ترتیب با آزمون‌های دنباله‌ها (Run Test) و کلموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnow) با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS 21 بررسی شد که بر این پایه، تصادفی و عادی بودن داده‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد تائید شد.

سطح احتمال

محصولات کشاورزی همواره در معرض خطر نوسان‌های آب و هوا می‌باشند ولی این موضوع در کشت دیم بسیار بارزتر است (Nasrollahi *et al.,* 2015؛ Farajzadeh *et al.,* 2011). استفاده از میانگین داده‌ها (احتمال ۵۰ درصد) در کشت آبی مناسب به نظر می‌رسد ولی در کشت دیم که عملکرد مناسب متکی به بارش است، این سطح احتمال کافی نیست. لذا در کشت دیم بسته به حساسیت گیاه به تنش آبی، به‌طورعموم سطح احتمال ۶۰ تا ۸۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (Sys *et al.,* 1991a). لذا در این پژوهش سطح احتمال ۷۵ درصد استفاده شد. برای این منظور پارامترهای هواشناسی مختلف (تاریخ‌های کشت و رخداد مرحله‌های رشد و نموی شامل سبز شدن، گلدهی و رسیدگی، بارش مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد، دمای مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد، بارش مؤثر به تبخیر- تعرق مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد) برای هر سال در هر یک از ایستگاه‌ها تعیین شد. در مرحله بعد، داده‌ها به محیط نرم‌افزار SMADA وارد و توزیع‌های احتمالاتی مختلف بر آن‌ها برازش داده شد. سپس توزیعی که بر پایه آزمون نکوئی برازش بیشترین سازگاری را با داده‌ها داشت، انتخاب شد و میزان پارامتر مورد نظر با احتمال رخداد ۷۵ درصد از روی توزیع منتخب برآورد شد.

تاریخ کشت

زمان کشت می‌تواند زمان رخداد مرحله‌های رشد و نموی، طول دوره رشد رویشی و زایشی و توازن بین آن‌ها و در نهایت تولید را کنترل کند (Aghayari *et al.,* 2016). تاریخ کشت به دلیل اثر بر طول دوره زندگی و به عبارتی میزان درجه- روز رشد دریافتی توسط گیاه تأثیر شایان ملاحظه‌ای بر عملکرد گندم دارد (Kalateh Arabi *et al.,* 2011؛ Hundal *et al.*, 1997). کشت دیرهنگام با تأثیر بر مرحله‌های فنولوژیکی مؤثر بر عملکرد دانه پیش از گرده- افشانی و انتقال این تأثیر به دوره پرشدن دانه، موجب کاهش رشد و عملکرد دانه می‌شود به‌طوری‌که ۲۰ روز تأخیر در کشت، عملکرد دانه گندم را ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد (Nadi *et al.,* 2014). تاریخ کشت می‌تواند بر همزمانی مرحله‌های رشد و گلدهی گیاهان با شرایط مطلوب محیطی و جلوگیری از برخورد گیاه با تنش‌های محیطی مختلف مانند تنش خشکی، گرما، بیماری و غیره مؤثر باشد (Darapuneni *et al.,* 2016؛ Nazari *et al.,* 2015؛ Bannayan and Sanjani, 2011؛ Alikhani *et al.,* 2007) و عامل مهمی در افزایش بهره‌وری بارش در زراعت دیم به‌شمار می‌آید (Tavakoli, 2014). تاریخ آغاز بارش یکی از مهم‌ترین معیارهای تعیین تاریخ کشت غلات زمستانه است. در مدل AquaCrop چهار گزاره الف- رخداد ۳۰ میلی‌متر بارش تجمعی؛ ب- رخداد ۲۵ میلی‌متر بارش



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در استان گلستان.

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

Archive of SID

www.SID.ir

تجمعی در ۵ روز متوالی؛ ج- رخداد دست‌کم ۴۰ میلی‌متر بارش در ده روز؛ د- رخداد بارش به میزان دست‌کم ۵۰ درصد تبخیر- تعرق پتانسیل در ده روز تعریف شده است (Tavakoli *et al.*, 2014). Mohammadi (2005) سه تعریف الف- تاریخ رخداد پنج میلی‌متر بارش از اول مهر به‌شرط آنکه پانزده روز پس از آن خشک نباشد؛ ب- تاریخ رخداد ۱۵ میلی‌متر بارش از اول مهر؛ ج- تاریخ رخداد ۲۰ میلی‌متر بارش از اول مهر را برای تعیین تاریخ کشت گندم تعریف کردند. در همین راستا، بر پایه توصیه FAO (1983) تاریخ کشت مناسب گیاهان نخستین دهه‌ای است که ۳۰ میلی‌متر بارش رخ دهد (Sys *et al.*, 1991b). Noohi (2005) برای تعیین تاریخ کشت گندم سه تعریف الف- نخستین روز از آغاز مهر که بارش در یک یا دو روز ۱۰ میلی‌متر باشد؛ ب- افزون بر رخداد شرط الف، در ۳۰ روز بعدی دوره خشک بیش از ۱۰ روز حادث نشود؛ ج- نخستین روز از اول مهر که طی پنج روز درکل ۲۰ میلی‌متر بارش نازل شود را ارائه کرد. همچنین Hanafi (2015)، Abbasi *et al.* (2015)، Kamali *et al.* (2010) و Kamali *et al.* (2008) تاریخ رخداد نخستین بارش برابر و بیش از ۵ میلی‌متر طی یک یا دو روز متوالی در پاییز، Talliee and Bahramy (2003) نخستین تاریخ رخداد بارش برابر و بیش از ۲۵ میلی‌متر در یک دوره ۱۰ روزه متوالی در ماه آذر و Rasouli and Sobhani (2005) نخستین روزی که مجموع بارش پاییزی به ۲۰ میلی‌متر برسد را به‌عنوان تاریخ کشت گندم دیم در نظر گرفتند. در این پژوهش تاریخ کشت به صورت نخستین تاریخ رخداد بارش برابر و بیشتر از ۲۵ میلی‌متر در یک دوره ۱۰ روزه متوالی در ماه آذر با احتمال رخداد ۷۵ درصد تعریف شد.

طول مرحله‌های رشد

دما مهم‌ترین عامل پیش‌برنده رشد و نمو گیاه به شمار می‌رود (Ahmadi *et al.*, 2010). برای تشریح رابطه بین طول دوره رشد و دما مفهوم درجه- روز رشد (Growing Degree Day or GDD) ارائه شده است که با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2016؛ Bazgeer *et al.*, 2007؛ Hundal *et al.*, 1997). GDD بهترین شاخص پیش‌بینی مرحله‌های رشد و نمو گندم معرفی شده است (Ahmadi *et al.*, 2010؛ Bazgeer *et al.*, 2007؛ Hundal *et al.*, 1997).

$$GDD = \sum (\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}) \quad (۱)$$

در این رابطه T_{max} و T_{min} دماهای بیشینه و کمینه روزانه (سلسیوس) و T_{base} دمای پایه یا دمای آستانه گیاه (پایین‌ترین دمایی که فرض می‌شود پایین‌تر از آن رشدی وجود ندارد) است. چنانچه میانگین دمای روزانه برابر یا کمتر از دمای آستانه شود، میزان درجه- روز رشد صفر در نظر گرفته می‌شود. دمای پایه برای گندم بین صفر تا ۵ درجه سلسیوس (Sys *et al.*, 1991a)، صفر درجه سلسیوس (Ashena, 2016؛ Abbasi *et al.*, 2015؛ Eini *et al.*, 2013؛ Kalateh Arabi *et al.*, 2011؛ Bay *et al.*, 2012؛ Sari Saraf *et al.*, 2009؛ Jalal Kamali *et al.*, 2008)، بین ۵- ۳ درجه سلسیوس (Tavakoli, 2014)، ۳/۴۲ درجه سلسیوس (Bidadi *et al.*, 2015)، ۴ درجه سلسیوس (Emam, 2003؛ Balyani *et al.*, 2012)، ۴/۵ درجه سلسیوس (Farajzadeh *et al.*, 2011) و ۵ درجه سلسیوس (Sobhani and Karimzadeh, 2015؛ Bazgeer *et al.*, 2007) گزارش شده است. همچنین پژوهشگران میزان درجه- روز رشد مورد نیاز عبور گیاه گندم از هر یک از مرحله‌های رشد را متفاوت گزارش کرده‌اند (جدول ۱). Rahmani *et al.* (2016) و Balyani *et al.* (2012) طول دوره رشد گندم را بر پایه درجه- روز رشد به ترتیب ۲۳۰۰ و ۲۱۰۰ تعیین کردند. درجه- روز رشد مورد نیاز برای کشت تا رسیدگی شش رقم گندم بین ۲۳۰۰ تا ۲۳۶۳ درجه- روز به دست آمد (Ashena, 2016). این ویژگی برای چهار رقم گندم دیم در تاریخ کشت‌های مختلف بین ۱۹۸۵ تا ۲۵۷۰ (Ganbari *et al.*, 2012) و برای رقم‌های گندم دیم و رقم زاگرس در اقلیم گرم و خشک شمال به ترتیب ۲۳۹۲ و ۲۲۸۰ (Jalal Kamali *et al.*, 2008) گزارش شد. درجه- روز رشد مرحله ظهور سنبله و رسیدگی دو رقم گندم در گرگان به ترتیب ۱۲۲۰ و ۲۰۶۰ به دست آمد (Kalateh Arabi *et al.*, 2011). در این پژوهش برای تعیین تاریخ رخداد مرحله‌های مختلفرشد و نموی گندم دیم از میزان درجه- روز Kamali *et al.* (2010) و دمای پایه صفر درجه سلسیوس استفاده شد.

تحلیل دمایی

دمای مناسب مرحله‌های مختلف رشد و فعالیت‌های حیاتی گندم توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (Darapuneni *et al.*, 2016؛ Eini *et al.*, 2013؛ Rasouli

Archive of SID

www.SID.ir

(Sys *et al.*, 1993؛ Emam, 2003؛ and Sobhani, 2005). رخداد دوره‌های کوتاه با دمای بیش از ۳۵ درجه سلسیوس در طول دوره پر شدن دانه موجب زیان شایان توجهی به گندمزارهای کشور و از جمله استان گلستان می‌شود (Alikhani *et al.*, 2007). تحلیل آماری عملکرد با متغیرهای هواشناسی مختلف نشان داد، رخداد دمای بیش از ۳۰ درجه سلسیوس در نیمه اول اردیبهشت موجب کاهش عملکرد گندم می‌شود (Bannayan and Sanjani, 2011). با توجه به اینکه دما یکی از عامل‌های تعیین کننده در جغرافیای گیاهان زراعی است و برای هر گونه گیاهی محدوده آستانه حرارتی معین تعریف شده است و نیز از آنجا که تنش‌های گرمایی و سرمایی نقش مهمی در کاهش عملکرد گندم دارد، در این پژوهش تحلیل دمایی به دو روش انجام شد (جدول‌های ۲ و ۳). در روش اول با در نظر گرفتن محدوده دمایی مناسب برای هر مرحله رشد، احتمال رخداد دماهای بالاتر و پایین‌تر از آن محاسبه شده و پهنه‌بندی احتمال‌های رخداد آن صورت گرفت. برخی پژوهشگران از این روش استفاده کردند (Hanafi, 2015؛ Eini *et al.*, 2013؛ Feizizadeh *et al.*, 2012؛ Kamali *et al.*, 2010؛ Sari Saraf *et al.*, 2009؛ Kamali *et al.*, 2008). در روش دوم محدوده دمایی مناسب هر مرحله رشد به چند محدوده تقسیم شد. آن‌گاه میانگین دمای هوا هر ایستگاه در هر مرحله رشد در هر سال محاسبه شده و پس از آن میانگین دمای هوا در هر مرحله با احتمال رخداد ۷۵ درصد برای هر ایستگاه محاسبه شد. درنهایت متناسب با تقسیم‌بندی دما، نقشه پهنه‌بندی دما در هر مرحله رشد تهیه شد. برخی پژوهشگران از این روش برای تحلیل دمایی استفاده کردند (Bidadi *et al.*, 2015؛ Bay *et al.*, 2012؛ Farajzadeh and Takalo Bigash, 2002).

تحلیل بارش

میزان بارش مورد نیاز گندم در مرحله‌های مختلف رشد و طبقه‌بندی آن برای شناسایی پهنه‌های مستعد کشت آن توسط پژوهشگران مختلف متفاوت گزارش شده است که دلیل آن را می‌توان افزون بر تفاوت اقلیم مناطق مختلف، به تفاوت تعریف بازه‌های زمانی (دوره‌های فصلی، ماهانه یا سازگار بر فصل رشد) مربوط دانست (Bidadi *et al.*, 2015؛ Abbasi *et al.*, 2015؛ Eini *et al.*, 2013؛ Maghami Moghim *et al.*, 2013؛ Balyani *et al.*, 2012؛ Bay *et al.*, 2012؛ Feizizadeh *et al.*, 2012؛ Kamali *et al.*, 2010؛ Kamali *et al.*, 2008؛ Rasouli *et al.*, 2005؛ Rasouli and Sobhani, 2005؛ Farajzadeh and Takalo Bigash, 2002؛ Sys *et al.*, 1993). در این پژوهش پس از تعیین بارش ایستگاه‌ها با احتمال رخداد ۷۵ درصد در مرحله‌های مختلف رشد، پهنه‌بندی مطابق جدول (۳) صورت گرفت.

تحلیل بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم

تحلیل تبخیر یا نسبت بارش به تبخیر و به‌طور ویژه بارش مؤثر به تبخیر- تعرق در پژوهش‌های گذشته در پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی گندم لحاظ نشده است. در این پژوهش از نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق (هر دو با احتمال رخداد ۷۵ درصد) به عنوان یک لایه اطلاعاتی برابر جدول (۳) استفاده شد. برای محاسبه نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم به ترتیب زیر عمل شد. درآغاز میزان بارش مرحله‌های مختلف گندم سازگار بر تاریخ رخداد آن‌ها به‌صورت ماهانه در هر ایستگاه در طول دوره آماری محاسبه شد. پس از آن بارش مؤثر مرحله‌های مختلف در مقیاس ماهانه به روش نهاد حفاظت خاک (SCS)[1] در هر ایستگاه در طول دوره آماری محاسبه شد و حاصل‌جمع مقادیر

جدول ۱- میزان درجه- روز رشد مورد نیاز گیاه گندم برای عبور از هر یک از مرحله‌های رشد.

Table 1. Wheat requirement of growing degree days for passing each growth stage.

دوره رشد Growth stages	Radmehr (1997)	Emam (2003)	Eini *et al.* (2013); Kamali *et al.* (2010)	Abbasi *et al.* (2015); Hanafi (2015); Sari Saraf *et al.* (2009)	Darapuneni *et al.*, 2016
کشت تا سبز شدن Sowing to germination	105	150	180	180	130
کشت تا گلدهی Sowing to flowering	1134	1350	1500	1300	-
کشت تا رسیدگی Sowing to maturity	1565	2300	2300	2100	2000-2500

[1] Soil Comervation Services

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- طبقه‌بندی احتمال رخداد دمای نامطلوب هوا در مرحله‌های مختلف رشد گندم.

Table 2. Classification of occurrence probability of undesirable air temperature in growth stages of wheat.

ویژگی Property	خیلی مناسب Very suitable	مناسب Suitable	نسبتاً مناسب Moderately suitable	ضعیف Weak	نامناسب Unsuitable
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۱۴ یا دمای کمینه کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس در مرحله جوانه‌زنی Probability of maximum air temperature greater than 14 °C or minimum less than 10 °C in germination stage	Less than 20	20-40	40-60	60-80	80-100
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۲۵ یا دمای کمینه کمتر از ۹ درجه سلسیوس در مرحله گلدهی Probability of maximum air temperature greater than 25 °C or minimum less than 9 °C in flowering stage	Less than 30	30-45	45-60	60-75	75-100
احتمال رخداد دمای بیشینه بیشتر از ۳۰ یا دمای کمینه کمتر از ۹ درجه سلسیوس در مرحله پر شدن دانه Probability of maximum air temperature greater than 30 °C or minimum less than 9 °C in maturity stage	Less than 20	20-35	35-50	50-65	65-100

جدول ۳- طبقه‌بندی میانگین دمای هوا، بارش و نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق مرحله‌های مختلف و کل دوره رشد گندم.

Table 3. Classification of mean air temperature, precipitation and rate of effective rainfall to evapotranspiration in whole and different growth stages of wheat.

ویژگی Property	دوره رشد Growth stage	خیلی مناسب Very suitable	مناسب Suitable	به‌نسبت مناسب Moderately suitable	ضعیف Weak	نامناسب Unsuitable
میانگین دمای هوا Mean air temperature (°C)	کل دوره رشد (Total season)	13-15	11-13	9-11	7-9	< 7 and > 15
	جوانه‌زنی (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
	پر شدن دانه (Seed filling)	26-30	22-26	18-22	14-18	< 14 and > 30
بارندگی Precipitation (mm)	کل دوره رشد (Total season)	> 450	350-450	250-350	150-250	< 150
	جوانه‌زنی (Germination)	> 70	50-70	30-50	10-30	< 10
	گلدهی (Flowering)	> 300	250-300	200-250	100-200	< 100
	پر شدن دانه (Seed filling)	> 80	60-80	40-60	20-40	< 20
نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق Rate of effective rainfall to evapotranspiration	کل دوره رشد (Total season)	> 0.90	0.70-0.90	0.50-0.70	0.30-0.50	< 30
	جوانه‌زنی (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
	پر شدن دانه (Seed filling)	> 0.85	0.65-0.85	0.45-0.65	0.30-0.45	< 0.30

Archive of SID

www.SID.ir

ماهانه هر مرحله به عنوان بارش مؤثر آن مرحله رشد منظور شد. علت استفاده از این روش برتری آن نسبت به دیگر روش‌های تجربی در اقلیم‌های مرطوب و نیمه مرطوب است (Rahimi *et al.*, 2013). در ادامه، میزان بارش مؤثر با احتمال رخداد ۷۵ درصد برای هر ایستگاه تعیین شد. تبخیر- تعرق گندم بر پایه تاریخ کشت هر سال در هر ایستگاه در طول دوره آماری به روش فائو- پنمن- مانتیث (FAO, 1998) با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT 8.0 برآورد شد. سپس میزان تبخیر- تعرق گندم با احتمال رخداد ۷۵ درصد برای هر ایستگاه تعیین شد. برای ترسیم نقشه پهنه‌بندی، نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم به دو روش محاسبه شد. در روش ساده این نسبت از تقسیم میزان یادشده محاسبه شد، ولی در روش انتقالی در ایستگاه‌هایی که بارش مؤثر هر مرحله رشد از تبخیر- تعرق گندم در همان مرحله رشد بیشتر بود، مازاد بارش مؤثر به بارش مؤثر مرحله بعد افزوده شد. بدیهی است روش دوم (انتقالی) به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد. پس از محاسبه این نسبت به هر دو روش برای ایستگاه‌ها، نقشه پهنه‌بندی مرحله‌های مختلف رشد ترسیم شد.

ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین

کشت گندم در مناطق با ارتفاع کمتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا توصیه شده است (Bidadi *et al.*, 2015). طبقه‌بندی ارتفاع از سطح دریا برای پهنه‌بندی کشت گندم در پژوهش‌های مختلف و این پژوهش در جدول (۴) ارائه شده است. طبقه‌بندی شیب برای پهنه‌بندی گندم در جدول (۵) آمده است. در این پژوهش روش Bay *et al.* (2012) استفاده شد.

تیپ اراضی و شوری خاک

راهنمای قابلیت کشت گندم دیم بر پایه تیپ اراضی ارائه شده است (Farajzadeh and Takalo Bigash, 2002). در این پژوهش این لایه اطلاعاتی با توجه به تیپ‌های اراضی موجود در استان گلستان برابر جدول (۶) طبقه‌بندی شد. گندم در گروه گیاهان به‌نسبت مقاوم به شوری قرار دارد که عملکرد آن در محدوده شوری ۴ تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش می‌یابد (Sys *et al.*, 1991a). اراضی با شوری عصاره اشباع ۶ دسی‌زیمنس بر متر برای گندم مناسب می‌باشند (Bidadi *et al.*, 2015). آستانه شوری قابل تحمل عصاره اشباع خاک و شیب کاهش عملکرد گندم به ترتیب ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۳ درصد (Shainberg and Oster, 1978) و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۱ درصد (FAO, 2002) گزارش شده است. در این پژوهش لایه شوری خاک بر پایه داده‌های اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع خاک در ۵۰۵ نقطه از اراضی کشاورزی استان گلستان به دست آمد (Kazemi *et al.*, 2013) که مطابق جدول (۷) پهنه‌بندی شد.

ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی و تلفیق آن‌ها

برای درونیابی داده‌ها با استفاده از روش معکوس فاصله (IDW) و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استفاده شد. همچنین برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی یادشده (۲۶ لایه) از روش همپوشانی ساده استفاده شد.

نتایج و بحث

تاریخ کشت و برداشت

پهنه‌بندی تاریخ‌های کشت و برداشت گندم دیم استان گلستان با احتمال رخداد ۷۵ درصد در شکل (۲) ارائه شده است. تاریخ‌های کشت و برداشت در مناطق مختلف استان به ترتیب از ۱۰ آذر تا ۱۰ دی (طول دوره کشت ۳۱ روز) و

جدول ۴- طبقه‌بندی ارتفاع از سطح دریا برای کشت گندم.

Table 4. Classification of ground elevation relative to sea level for wheat cultivation.

طبقه Class	Rasouli *et al.* (2005)	Feizizadeh *et al.* (2012); Farajzadeh and Takalo Bigash (2002)	Bay *et al.* (2012)	Eini *et al.* (2013)	This research
خیلی مناسب (Very suitable)	< 1000	< 1700	< 500	< 800	< 500
مناسب (Suitable)	1000-1500	1700-1900	500-1000	800-1600	500-1000
به‌نسبت مناسب (Moderately suitable)	1500-2000	1900-2200	1000-1500	1600-2400	1000-1500
ضعیف (Weak)	2000-2500	-	-	-	1500-2000
نامناسب (Unsuitable)	> 2500	> 2200	> 1500	> 2400	> 2000

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- طبقه‌بندی درصد شیب زمین برای کشت گندم دیم.

Table 5. Classification of ground slope percentage for rainfed wheat.

طبقه Class	Farajzadeh and Takalo Bigash (2002)	Bay *et al.* (2012); Damavandi *et al.* (2010)	Feizizadeh *et al.* (2012)	Sys *et al.* (1991b)	Sys *et al.* (1991a)	Sys *et al.* (1993)	Maghami Moghim *et al.* (2013)	Eini *et al.* (2013)
خیلی مناسب (Very suitable)	< 15	< 5	< 5	< 2	< 2	< 1, 2, 4	< 10	< 10
مناسب (Suitable)	-	5-8	5-10	2-6	2-8	To 2, 4, 8	10-15	10-20
به‌نسبت مناسب (Moderately suitable)	-	8-10	10-15	6-12	8-16	To 4, 8, 16	15-20	20-30
ضعیف (Weak)	-	10-12	-	12-25	16-30	To 6, 16, 30	-	-
نامناسب (Unsuitable)	> 15	> 12	> 15	> 25	> 30	> 6, 16, 30	> 20	> 30

جدول ۶- طبقه‌بندی تیپ اراضی برای کشت گندم دیم.

Table 6. Classification of land type for rainfed wheat cultivation.

طبقه Class	خیلی مناسب Very suitable	مناسب Suitable	به‌نسبت مناسب Moderately suitable	ضعیف Weak	نامناسب Unsuitable
Farajzadeh and Takalo Bigash (2002)	-	دشت دامنه‌ای، رسوبی و رودخانه‌ای Hillside, sedimentary and river flood plains	فلات‌ها و دشت‌های سیلابی Plateaus and flood plains	تپه Hill	کوهستان‌ها mountains
This research	دشت‌های رسوبی و رودخانه‌ای، دشت‌های دامنه‌ای and river Sedimentary flood plains and hillside plains	فلات‌ها و تراس‌های بالایی Plateaus and the upper terraces	تپه Hill	کوه‌ها mountains	اراضی پست و شور، دریاچه طبیعی، واریزه‌های بادبزنی شکل Saline and low lands, natural lake, Fan-shaped debris

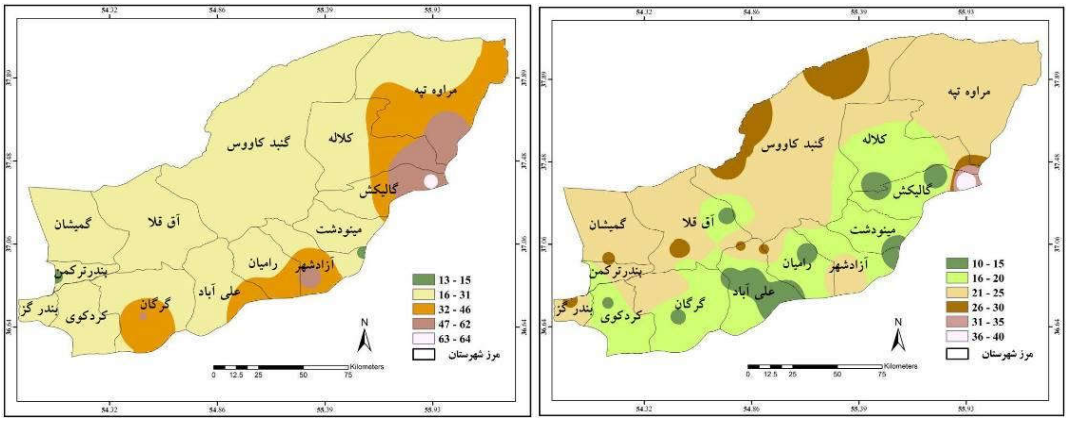
جدول ۷- طبقه‌بندی شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر) برای کشت گندم

Table 7. Classification of soil saturation extraction salinity (dS m^{-1}) for wheat cultivation.

طبقه Class	Bay *et al.* (2012)	Bidadi *et al.* (2015)	Sys *et al.* (1991a)	Shainberg Sys *et al.* (1993); and Oster (1978)	Sys *et al.* (1993)
خیلی مناسب (Very suitable)	< 4	< 4	< 4	< 6.0	< 1
مناسب (Suitable)	-	4-6	4-7	6.0-7.4	1-3
به‌نسبت مناسب (Moderately suitable)	4-6	-	-	7.4-9.5	3-5
ضعیف (Weak)	-	6.0-7.4	7-10	9.5-13.0	5-6
نامناسب (Unsuitable)	-	-	10-14	13-20	6-10
خیلی مناسب (Very suitable)	> 6	> 7.4	14-16	> 20	> 10

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- پهنه‌بندی تاریخ کشت از مبدأ آذر (راست) و برداشت از مبدأ خرداد (چپ) گندم دیم استان گلستان.

Fig. 2- Zoning of planting (right) and harvesting (left) dates of rainfed wheat in Golestan province.

از ۱۳ خرداد تا ۲ مرداد (طول دوره برداشت ۵۲ روز) می‌باشد. در همین زمینه، پنجره تاریخ کاشت بهینه گندم در اهواز ۳۰ روز گزارش شد (Andarzian *et al.*, 2015). بیشترین فراوانی تاریخ‌های کشت (۵۶ درصد وسعت استان) و برداشت (۷۹ درصد) به ترتیب در دامنه ۲۱ تا ۲۵ آذر و ۱۵ تا ۳۱ خرداد می‌باشد. میانگین وزنی این دو تاریخ نیز در استان گلستان ۲۱ آذر و ۲۸ خرداد است. درحالی‌که تاریخ کشت در نیمه جنوبی و ارتفاعات استان اوایل آذر می‌باشد، در مناطق شمالی این مرحله در اواخر آذر و اوایل دی فرا می‌رسد که علت آن رخداد بیشتر و زودتر بارش‌های پائیزه در نیمه جنوبی در مقایسه با مناطق دشتی نیمه شمالی استان است. تاریخ کشت درصد کمی از وسعت استان در شهرستان‌های کلاله و گالیکش (۰/۷ درصد) در دی ماه می‌باشد. همچنین تاریخ برداشت ۱۶ و ۵ درصد از وسعت استان به ترتیب در نیمه اول تیر و نیمه دوم تیر به بعد است که بیشتر شامل مناطقی است که یا رخداد بارش مناسب برای کشت آن‌ها نیز با تأخیر همراه بوده است یا شامل مناطق مرتفع استان است که دارای دمای پایین‌تری می‌باشند و در نتیجه شمار روزهای بیشتری نیاز دارند تا درجه- روز رشد مورد نیاز برای رسیدگی فیزیولوژیکی را دریافت کنند. محدوده تاریخ کشت گندم در شهرستان گرگان بین ۲۳ آبان تا ۱۰ دی و احتمال رخداد ۵۰ درصد آن ۱۵ تا ۲۶ آذر و محدوده تاریخ برداشت گندم بین ۱۳ تا ۳۱ خرداد و احتمال رخداد ۵۰ درصد آن را ۱۸ تا ۲۵ خرداد گزارش شده است (Torabi *et al.*, 2012) که با نتایج این پژوهش همخوانی نزدیکی دارد. نتایج بررسی شش تاریخ کشت گندم در گرگان نشان داد، تاریخ کشت نیمه آذر برتری معنی‌داری نسبت به تاریخ کشت‌های پایان آذر و پایان آبان دارد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (Anonymous, 2011). همچنین بهترین تاریخ کشت گندم در استان گلستان نیمه اول آذر اعلام شده است که همخوانی نزدیکی با نتایج این پژوهش دارد (Anonymous, 2011).

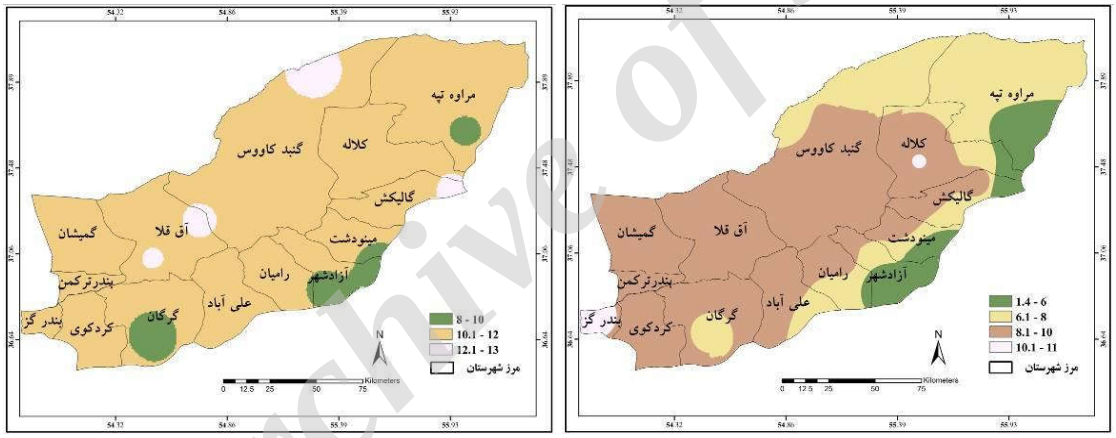
تحلیل دمای مرحله‌های مختلف رشد و احتمال رخداد دماهایی بالاتر و پایین‌تر از آستانه تحمل

پهنه‌بندی دمای مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد گندم دیم استان گلستان با احتمال رخداد ۷۵ درصد در شکل‌های (۳) و (۴) و احتمال رخداد دماهای بالاتر و پایین‌تر از آستانه تحمل در مراحل مختلف رشد در شکل‌ها (۵) تا (۷) ارائه شده است. میانگین دمای دوره سبز شدن با احتمال رخداد ۷۵ درصد بین ۴/۱ تا ۱۱ (کلاس نامناسب تا مناسب) با میانگین وزنی ۸ (به‌نسبت مناسب) درجه سلسیوس است. بیشترین فراوانی (۶۱ درصد) دما در این مرحله در محدود ۸ تا ۱۰ (به‌نسبت مناسب) و کمترین آن (یک درصد) در محدوده ۱۰ تا ۱۱ درجه سلسیوس است. میانگین دمای دوره گلدهی با احتمال رخداد ۷۵ درصد بین ۸ تا ۱۳ درجه سلسیوس (ضعیف تا مناسب) و میانگین وزنی آن ۱۰/۹ درجه سلسیوس به دست آمد. دمای بهینه برای گرده‌افشانی گندم ۲۰-۱۵ درجه سلسیوس گزارش شده است (Emam, 2003). دمای هوا این مرحله رشد در بیشتر از ۹۰ درصد از وسعت استان بین ۱۰ تا ۱۲ درجه سلسیوس (به‌نسبت مناسب) است. میانگین دمای هوا با احتمال رخداد ۷۵ درصد در دوره رسیدگی گندم در استان گلستان بین ۱۸ تا ۲۵ (نسبتاً مناسب و مناسب) با میانگین وزنی ۲۲/۷ (مناسب) درجه سلسیوس می‌باشد. در این مرحله رشد، ۷۷ درصد از وسعت استان دارای محدوده

Archive of SID

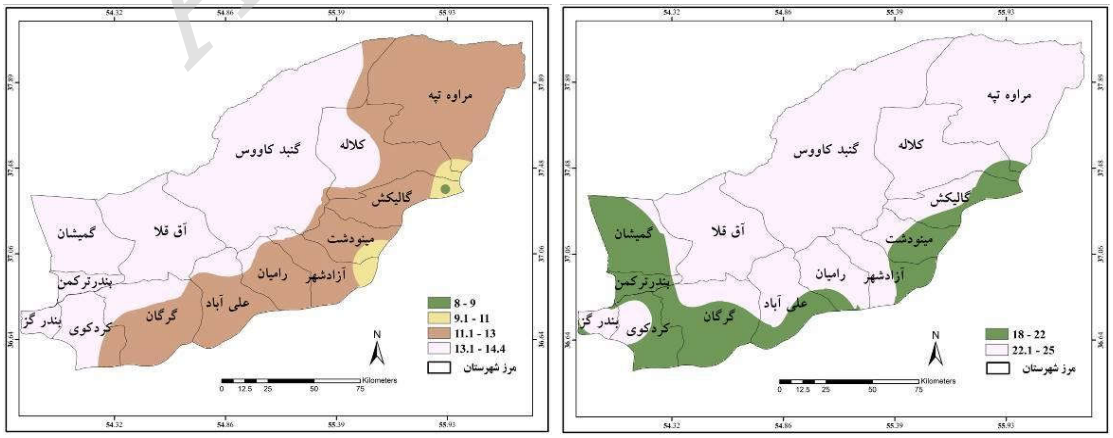
www.SID.ir

دمای ۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس (مناسب) است. همچنین میانگین دمای کل دوره رشد بین ۸ تا ۱۴/۴ (ضعیف تا خیلی مناسب) و میانگین وزنی آن ۱۳/۱ (خیلی مناسب) درجه سلسیوس به دست آمد. میانگین دمای هوای حدود ۶۸ و ۳۰ درصد از وسعت استان در طول فصل رشد گندم به ترتیب در محدوده ۱۳ تا ۱۴/۴ (خیلی مناسب) و ۱۱ تا ۱۳ (مناسب) درجه سلسیوس می‌باشد. احتمال رخداد دمای کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس در مرحله سبز شدن گندم دیم در مناطق مختلف استان بیشتر از ۵۰ درصد است به‌طوری‌که استان گلستان از نظر احتمال رخداد دمای نامطلوب کمتر از ۹ درجه سلسیوس در این مرحله بدون کلاس‌های مناسب و خیلی مناسب است و در ۷۵ درصد از استان این احتمال بین ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد. میانگین وزنی احتمال رخداد دمای نامطلوب در استان ۷۴ درصد است. احتمال رخداد دمای بیشتر از ۱۴ درجه سلسیوس در این مرحله از رشد در استان کمتر از ۲۰ درصد است که نشان می‌دهد کل استان در کلاس خیلی مناسب قرار دارد. احتمال رخداد دمای کمتر از ۹ درجه سلسیوس در مرحله گلدهی بین ۲۴ تا ۵۷ درصد (خیلی مناسب تا به‌نسبت مناسب) با میانگین وزنی ۳۸ درصد (مناسب) است. همچنین در ۹۲ درصد از وسعت استان این احتمال بین ۳۰ تا ۴۵ درصد (مناسب) می‌باشد. احتمال رخداد دمای بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس در این مرحله رشد در استان گلستان بین ۶ تا ۳۷ درصد (خیلی مناسب و مناسب) با میانگین وزنی ۱۸/۱ درصد (خیلی مناسب) می‌باشد. همچنین این احتمال در ۹۹/۴ درصد از وسعت استان بین ۶ تا ۳۰ درصد (خیلی مناسب) است. افزایش بیش از حد دمای هوا در مرحله گلدهی گندم موجب ناباروری اندام‌های نر و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Kamali *et al.*, 2010) که در دمای بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس رخ می‌دهد (Eini *et al.*, 2013). احتمال رخداد دمای کمتر از ۹ درجه سلسیوس در مرحله رسیدگی گندم دیم در کل استان کمتر



شکل ۳- پهنه‌بندی میانگین دمای دوره‌های سبز شدن (راست) و گلدهی (چپ).

Fig. 3- Zoning of air mean temperature at germination (right) and flowering (left) stages.

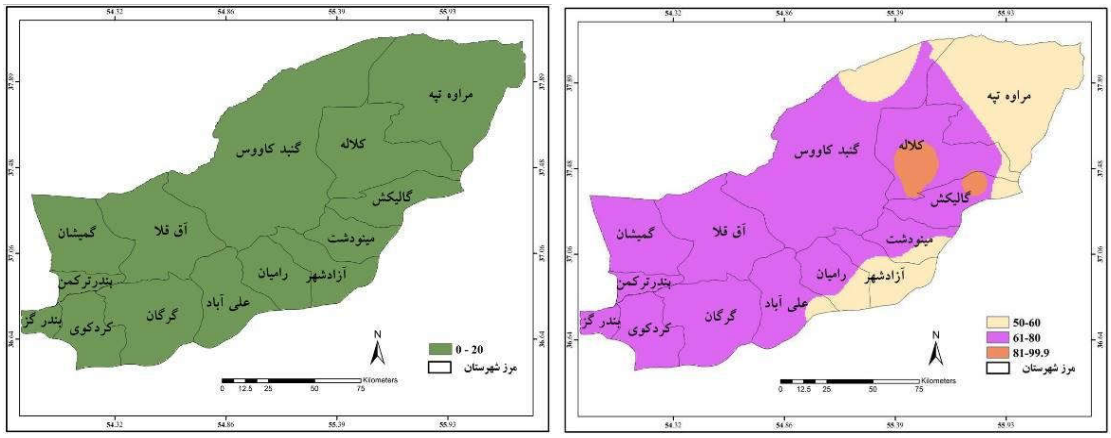


شکل ۴- پهنه‌بندی میانگین دمای دوره رسیدگی (راست) و کل فصل رشد (چپ).

Fig. 4- Zoning of air mean temperature of maturity stage (right) and total season (left).

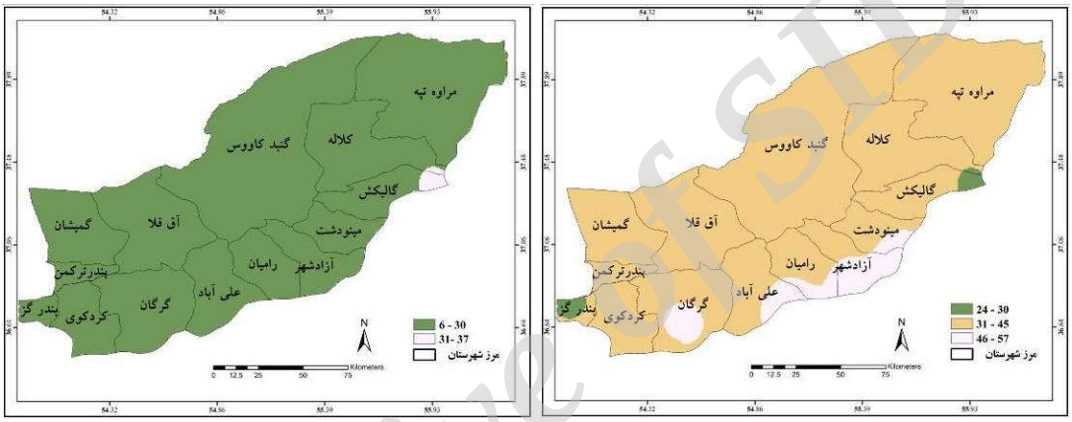
Archive of SID

www.SID.ir



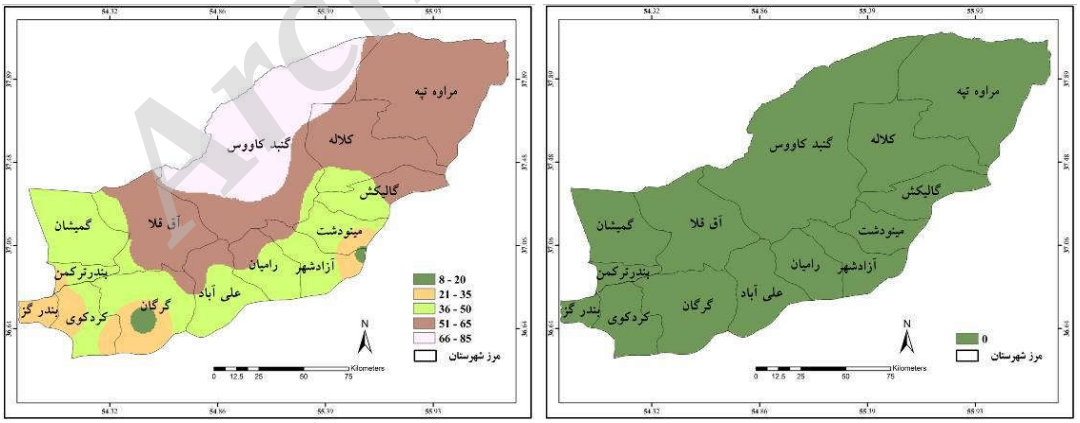
شکل ۵- پهنه‌بندی احتمال رخداد دمای کمتر از ۱۰ (راست) و بیشتر از ۱۴ (چپ) درجه سلسیوس در مرحله سبز شدن.

Fig. 5- Zoning of occurrence probability level of temperatures less than 10° C (right) and more than 14° C (left) at germination stage.



شکل ۶- پهنه‌بندی احتمال رخداد دمای کمتر از ۹ (راست) و بیشتر از ۲۵ (چپ) درجه سلسیوس در مرحله گلدهی.

Fig. 6- Zoning of occurrence probability of air temperatures less than 9° C (right) and more than 25° C (left) at flowering stage.



شکل ۷- پهنه‌بندی احتمال رخداد دمای کمتر از ۹ (راست) و بیشتر از ۳۰ (چپ) درجه سلسیوس در مرحله رسیدگی.

Fig. 7- Zoning of occurrence probability level of air temperatures less than 9° C (right) and more than 30° C (left) at maturity stage.

از ۲۰ درصد (خیلی مناسب) است. همچنین احتمال رخداد دمای بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس در این مرحله بین ۸ تا ۸۵ درصد با میانگین وزنی ۵۴ درصد (به‌نسبت مناسب) می‌باشد. افزایش بیش از حد دمای هوا در مرحله پر شدن

Archive of SID

www.SID.ir

دانه گندم موجب چروکیده شدن دانه، کاهش وزن هزار دانه و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Kamali *et al.*, 2010) که در دمای بیش از ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود (Eini *et al.*, 2013). این احتمال در ۴۴، ۲۸/۵ و ۱۹ درصد از وسعت استان به ترتیب بین ۵۰ تا ۶۵ (کلاس ضعیف)، بین ۳۵ تا ۵۰ (به‌نسبت مناسب) و بین ۶۵ تا ۸۵ درصد (نامناسب) است.

پهنه‌بندی بارش مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد

پهنه‌بندی بارش مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد گندم دیم استان گلستان با احتمال رخداد ۷۵ درصد در شکل‌های (۸) و (۹) ارائه شده است. میزان بارش دوره سبز شدن در مناطق مختلف استان گلستان بین ۲۳ تا ۲۱۲ (ضعیف تا خیلی مناسب) با میانگین وزنی ۶۸/۳ میلی‌متر (مناسب) می‌باشد. میزان بارش دوره گلدهی بین ۱۰۰ تا ۶۰۲ (ضعیف تا خیلی مناسب) با میانگین وزنی ۳۰۸/۵ میلی‌متر (خیلی مناسب) می‌باشد. از نظر بارش دوره‌های سبز شدن و گلدهی، بیش از ۹۰ درصد از وسعت استان به طور نسبی برابر بین کلاس‌های به‌نسبت مناسب، مناسب و خیلی مناسب توزیع شده است. در دوره رسیدگی، میزان بارش در مناطق مختلف استان بین ۱۰ تا ۱۱۶ (نامناسب تا خیلی مناسب) است که میانگین وزنی آن ۵۱/۲ میلی‌متر (به‌نسبت مناسب) می‌باشد. همچنین ۹۵ درصد از وسعت استان به طور نسبی برابر بین کلاس‌های ضعیف، به‌نسبت مناسب و مناسب توزیع شده است. میزان بارش کل فصل رشد در استان بین ۱۲۵ تا ۷۹۴ (نامناسب تا خیلی مناسب) با میانگین وزنی ۳۹۲/۷ میلی‌متر (مناسب) می‌باشد. همچنین میزان بارش ۳۸ درصد از وسعت استان به‌نسبت مناسب، ۳۷ درصد مناسب و ۲۰ درصد خیلی مناسب است.

نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق مرحله‌های مختلف و کل فصل رشد

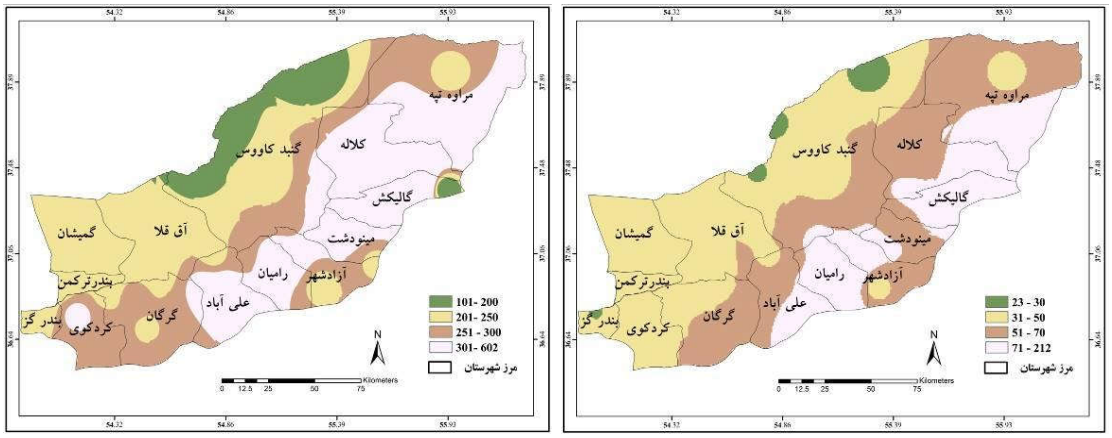
پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر (R_e) به تبخیر- تعرق گیاه گندم (ET_w) در مرحله‌های مختلف رشد و کل فصل رشد به صورت ساده و انتقالی در شکل‌های (۱۰) تا (۱۲) ارائه شده است. با توجه به تعریفی که برای روش ساده و انتقالی ارائه شد انتظار می‌رود که در روش انتقالی پهنه‌های بیشتری برای کشت گندم دیم مناسب باشند که از روی شکل‌های (۱۱) و (۱۲) می‌توان به آن پی برد. بدیهی است که این دو نسبت در مرحله سبز شدن و کل فصل رشد با یکدیگر یکسان هستند. این نسبت در دوره سبز شدن در مناطق مختلف استان بین ۵۶ تا ۵۴۱/۲ درصد با میانگین وزنی ۳۰۷/۱ درصد (خیلی مناسب) می‌باشد به‌طوری‌که ۹۹/۶ درصد از وسعت استان در این کلاس قرار دارد. در مرحله گلدهی نسبت ساده بارش مؤثر به تبخیر- تعرق بین ۱۹/۴ تا ۱۴۵/۹ درصد با میانگین وزنی ۶۸/۹ (به‌نسبت مناسب) و نسبت انتقالی آن‌ها بین ۲۰/۹ تا ۱۶۳/۳ درصد با میانگین وزنی ۷۸/۸ درصد (مناسب) است که نشان‌دهنده بهبود وضعیت رطوبت خاک در حالت انتقالی می‌باشد. نسبت ساده بارش مؤثر به تبخیر- تعرق در دوره رسیدگی در استان بین ۱۱ تا ۱۷۱/۲ درصد با میانگین وزنی ۸۹/۷ درصد (خیلی مناسب) و نسبت انتقالی آن‌ها بین ۱۱ تا ۴۲۹/۶ درصد با میانگین وزنی ۲۰۴ درصد (خیلی مناسب) می‌باشد. در مرحله رسیدگی، نسبت ساده در ۴۱ درصد از وسعت استان بین ۸۵ تا ۱۷۱/۲ درصد (خیلی مناسب)، ۲۸/۵ درصد بین ۶۵ تا ۸۵ درصد (مناسب) و ۲۳ درصد بین ۴۵ تا ۶۵ درصد (به‌نسبت مناسب) است درحالی‌که نسبت انتقالی ۷۳ درصد از وسعت استان بیش از ۸۵ درصد (خیلی مناسب) است که نشان می‌دهد در پهنه‌های شایان توجهی از استان بخشی زیادی از بارش مؤثر مرحله گلدهی می‌تواند برای تأمین نیاز آبی به مرحله رسیدگی منتقل شود. نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق در کل دوره رشد گندم دیم در مناطق مختلف استان بین ۲۱ تا ۱۵۵/۵ درصد با میانگین وزنی ۸۲/۲ درصد (مناسب) می‌باشد. بر پایه این نسبت، ۹۲ درصد از وسعت استان به‌طور نسبی یکسان در کلاس‌های به‌نسبت مناسب، مناسب و خیلی مناسب برای کشت گندم دیم واقع شده است.

پهنه‌بندی ارتفاع و شیب

پهنه‌بندی طبقه‌های ارتفاعی و میزان شیب استان گلستان در شکل (۱۳) ارائه شده است. تراز ارتفاعی استان بین ۹۳ تا ۳۸۴۰ متر از سطح آزاد آب‌ها واقع شده است. میانگین وزنی ارتفاع استان ۵۸۲/۳ متر می‌باشد که در کلاس مناسب برای کشت گندم دیم قرار می‌گیرد. همچنین ۶۹ درصد از وسعت استان دارای تراز کمتر از ۵۰۰ متر (خیلی مناسب) می‌باشد. حدود ۵۴ درصد از وسعت استان دارای شیب بیشتر از ۱۲ درصد است که برای کشت گندم دیم نامناسب است ولی باقی مساحت استان به‌طور نسبی برابر بین طبقه‌های مختلف شیب توزیع شده است.

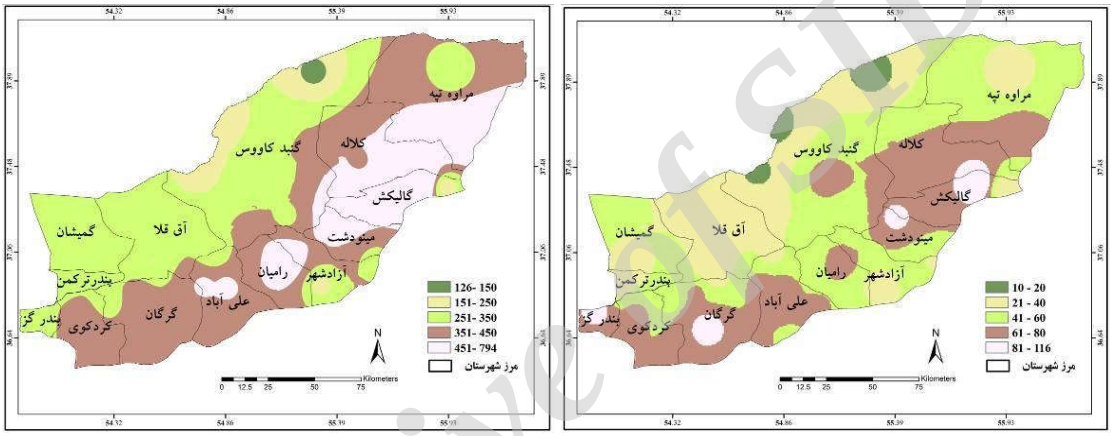
Archive of SID

www.SID.ir



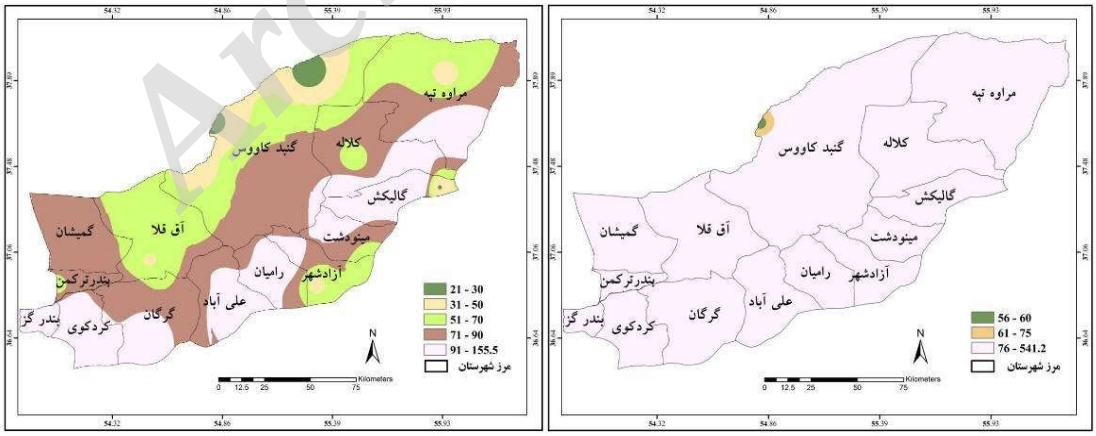
شکل ۸- پهنه‌بندی میزان بارش (میلی‌متر) دوره‌های سبز شدن (راست) و گلدهی (چپ).

Fig. 8- Zoning of precipitation (mm) at germination (right) and flowering (left) stages.



شکل ۹- پهنه‌بندی میانگین بارش (میلی‌متر) دوره رسیدگی (راست) و کل فصل رشد (چپ).

Fig. 9- Zoning of precipitation (mm) at maturity stage (right) and total season (left).

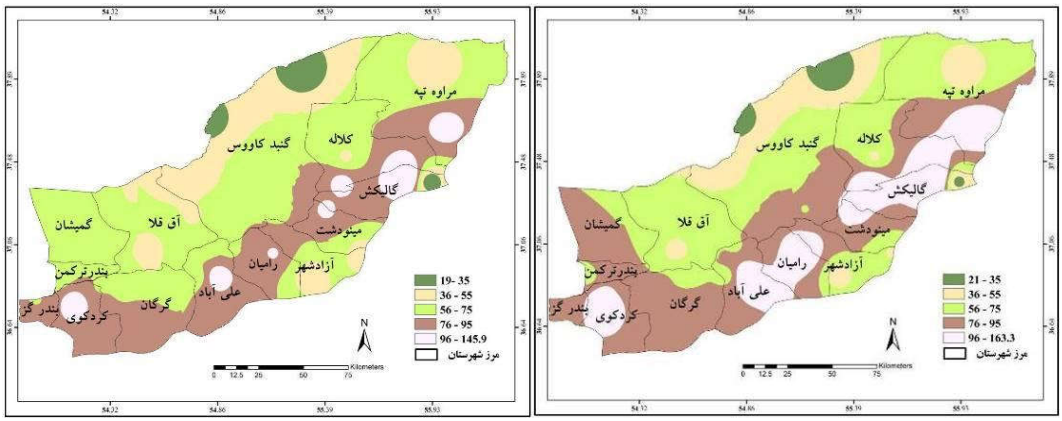


شکل ۱۰- پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق گندم در دوره سبز شدن (راست) و کل فصل رشد (چپ).

Fig. 10- Zoning of ratio of Re to ETw at germination stages (right) and total season (left).

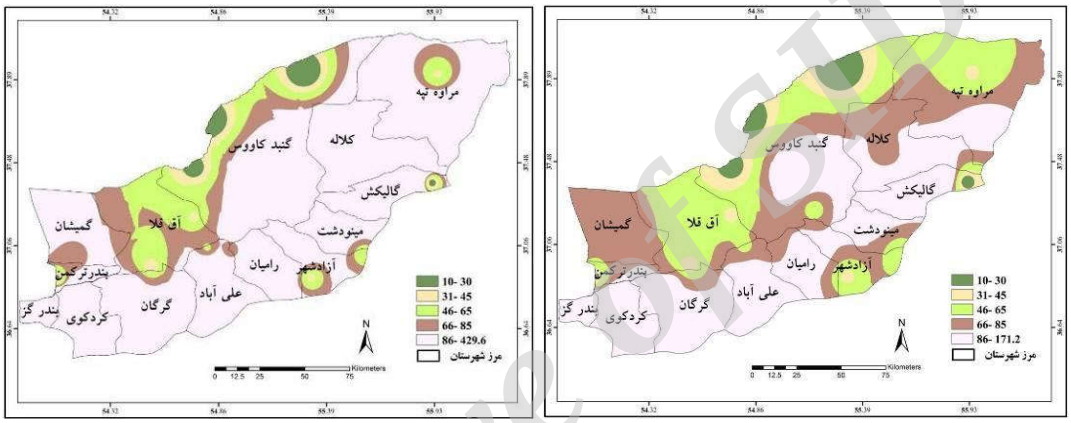
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۱- پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق مرحله گلدهی گندم به روش ساده (راست) و انتقالی (چپ).

Fig. 11- Zoning of simple (right) and accumulation (left) ratio of Re to ETw at flowering stage.



شکل ۱۲- پهنه‌بندی نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق مرحله رسیدگی گندم به روش ساده (راست) و انتقالی (چپ)

Fig. 12- Zoning of simple (right) and accumulation (left) ratio of Re to ETw at maturity stage.

پهنه‌بندی تیپ اراضی و شوری خاک

پهنه‌بندی تیپ اراضی و شوری خاک استان در شکل (۱۴) ارائه شده است. بنابر نتایج تیپ اراضی به ترتیب ۲۹، ۹،۲۰، ۲۳ و ۱۹ درصد از وسعت استان برای کشت گندم دیم دارای تناسب خیلی مناسب، مناسب، به‌نسبت مناسب، ضعیف و نامناسب می‌باشد. همچنین شوری عصاره اشباع خاک در اراضی کشاورزی استان بین ۰/۱۹ تا ۶۹/۸ با میانگین وزنی ۸/۹ دسی‌زیمنس بر متر (به‌نسبت مناسب) می‌باشد. همچنین ۷۲ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان با دارا بودن شوری کمتر از آستانه کاهش عملکرد گندم (۶ دسی‌زیمنس بر متر)، برای کشت گندم دیم خیلی مناسب می‌باشد.

پهنه‌بندی اراضی برای کشت گندم دیم

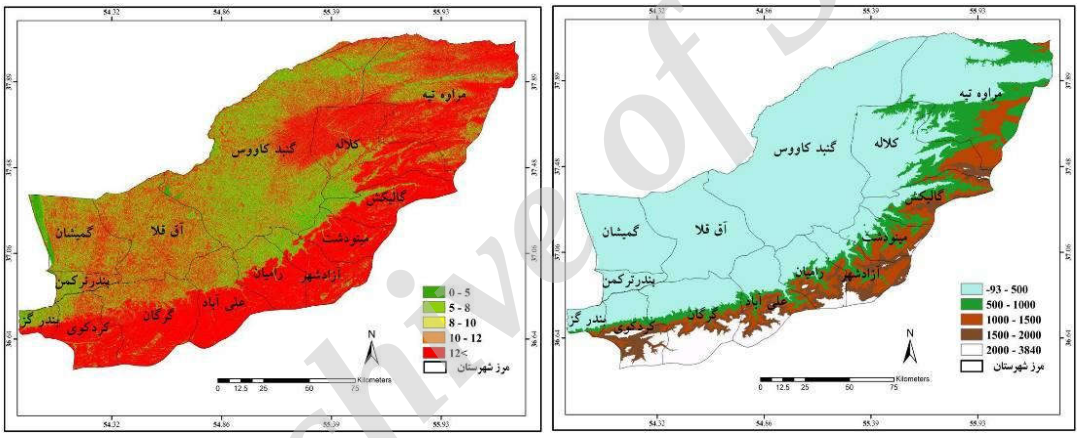
پهنه‌بندی اراضی برای کشت گندم دیم در کل استان گلستان و محدوده اراضی کشاورزی در شکل (۱۵) ارائه شده است. پنج پهنه خیلی مناسب، مناسب، به‌نسبت مناسب، ضعیف و نامناسب کشت گندم دیم به ترتیب ۱۰، ۲۱/۴، ۳۳/۴، ۲۵/۳ و ۹/۹ درصد از کل استان را شامل می‌شود این در حالی است که Bay *et al.* (2012) وسعت چهار پهنه خیلی مناسب، مناسب و تاحدودی مناسب و نامناسب کشت گندم دیم در استان گلستان را به ترتیب ۴/۴، ۵۸/۲، ۱۷ و ۲۰/۴ درصد وسعت استان به دست آورد. پهنه‌های خیلی مناسب، مناسب و به‌نسبت مناسب کشت گندم دیم در اراضی کشاورزی استان به ترتیب ۱۸۳/۹، ۲۱۴/۸ و ۲۰۳/۶ و درکل ۶۰۲/۳ هزار هکتار است. این میزان نسبت به کل سطح زیر کشت گندم و سطح زیر کشت گندم دیم استان که به ترتیب ۳۹۹/۲ و ۲۷۷/۰ هزار هکتار است (Anonymous, 2016) به ترتیب ۱/۵ و ۲/۲ برابر است که نشان می‌دهد ضمن احتمال رعایت تناوب در اراضی مستعد کشت گندم توسط کشاورزان، قابلیت استان گلستان از نظر

Archive of SID

www.SID.ir

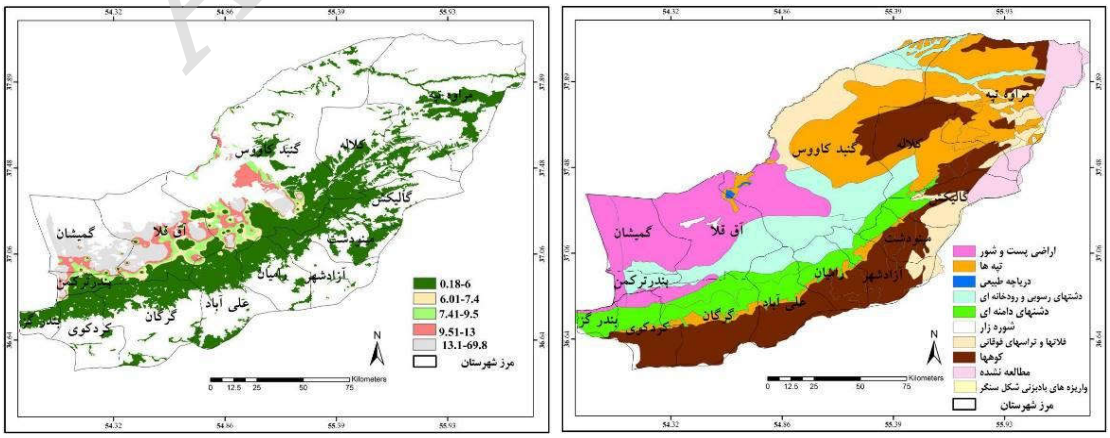
توسعه سطح زیرکشت گندم بیشتر از وضع موجود می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج Bidadi *et al.* (2015) که مجموع پهنه های خیلی مناسب و مناسب گندم دیم در حوضه قره‌سو استان گلستان را ۳/۳ برابر کل سطح زیرکشت گندم حوضه برآورد کردند همخوانی نزدیکی دارد. لازم به یادآوری است که اختصاص نداشتن پهنه‌های مستعد گندم به کشت این محصول به معنای اختصاص نادرست آن به دیگر محصولات نیست زیرا ممکن است همان عرصه برای گیاه دیگر نیز مطلوب باشد (Bidadi *et al.*, 2015).

نتایج نشان داد، نسبت به وسعت کل استان و وسعت اراضی کشاورزی استان، پهنه خیلی مناسب کشت گندم دیم به ترتیب ۱۰ و ۲۶ درصد، پهنه مناسب ۲۱/۴ و ۳۰/۳ درصد، پهنه به‌نسبت مناسب ۳۳/۴ و ۲۸/۷ درصد، پهنه ضعیف ۲۵/۳ و ۱۲/۶ درصد و پهنه نامناسب ۴۰/۹ و ۱۳/۶ درصد است. به عبارت دیگر ۶۴/۸ درصد از وسعت کل استان و ۸۵ درصد از وسعت اراضی کشاورزی استان در محدوده پهنه های خیلی مناسب تا به‌نسبت مناسب کشت گندم دیم قرار دارد که قابل توجه می‌باشد. این پهنه‌ها به‌طورعموم در نوار شرقی- غربی بخش میانی استان واقع شده است. این محدوده به دلیل احتمال پایین‌تر رخداد دمای بالاتر از آستانه قابل تحمل گندم در مرحله رسیدگی (شکل ۷)، بارندگی بیشتر در مرحله‌های مختلف رشد (شکل‌های ۸ و ۹)، نسبت بار ش موثر به تبخیر- تعرق بالاتر به ویژه در مرحله گلدهی و رسیدگی (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، تیپ اراضی مناسب‌تر برای گشت کندم دیم (شکل ۱۴- راست) و شوری کمتر خاک (شکل ۱۴- چپ) دارای قابلیت بیشتری برای کشت گندم دیم نسبت به نیمه شمالی استان است. این در حالی است که در نوار شمالی استان به‌رغم برخورداری از شرایط دمایی، ارتفاعی و شیب مناسب به دلیل شوری خاک، کمبود بارش و پایین بودن نسبت بارش



شکل ۱۳- پهنه‌بندی ویژگی‌های ارتفاعی (راست) و شیب (چپ) برای کشت گندم دیم.

Fig. 13- Zoning of elevation (right) and slope (left) percent for rainfed wheat cultivation.

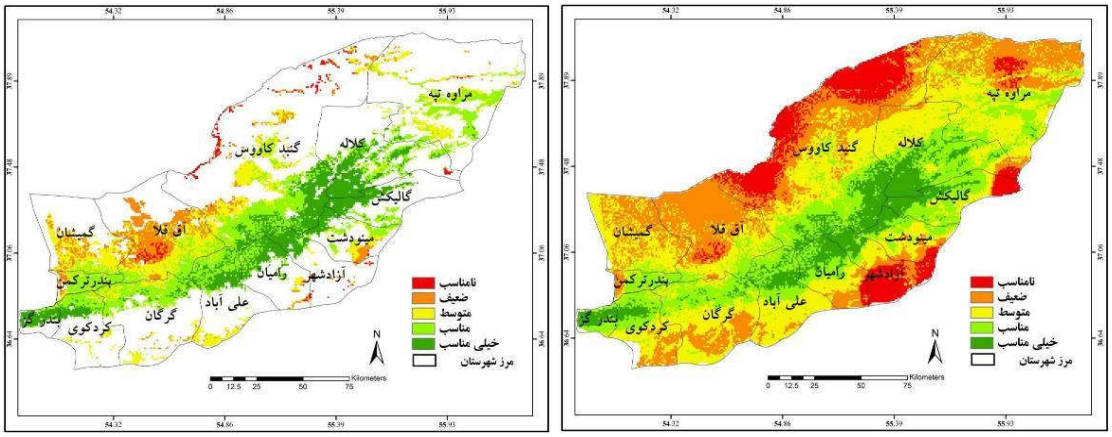


شکل ۱۴- پهنه‌بندی ویژگی‌های تیپ اراضی (راست) و شوری خاک (چپ) برای کشت گندم دیم.

Fig. 14- Zoning of land type (right) and soil salinity (left) for rainfed wheat cultivation.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۵- پهنه‌بندی کشت گندم دیم در کل اراضی (راست) و محدوده زمین‌های کشاورزی (چپ) استان گلستان

Fig. 15- Zoning of rainfed wheat in total area (right) and agricultural land (left) of province.

مؤثر به تبخیر- تعرق و نوار جنوبی استان نیز به‌رغم برخورداری از بارش مناسب و بالا بودن نسبت بارش مؤثر به تبخیر- تعرق به دلیل بالا بودن تراز ارتفاعی، شیب تند و دمای پایین دارای قابلیت کمتری برای کشت گندم دیم بوده و به‌طورعموم در پهنه‌های ضعیف و نامناسب قرار دارند. بیشترین درصد پهنه اراضی خیلی مناسب در محدوده اراضی کشاورزی استان در شهرستان‌های گنبد (۲۴/۷ درصد) و کلاله (۲۰/۹ درصد)، پهنه مناسب در شهرستان های مراوه‌تپه (۱۸/۲ درصد) و گرگان (۱۶/۴ درصد) و پهنه به‌نسبت مناسب در شهرستان‌های گنبد (۲۲/۸ درصد)، آق قلا (۱۹/۷ درصد) و گمیشان (۱۷/۷ درصد) واقع شده است. این یافته‌ها با نتایج Shakeri and Momeni (2011) در محدوده شهرستان آق‌قلا که بخش عمده آن را برای کشت گندم دیم نامناسب و دارای محدودیت‌های مختلف رشد معرفی کردند، همسانی دارد.

بررسی پهنه‌های مختلف کشت گندم دیم در محدوده اراضی کشاورزی شهرستان‌های مختلف استان نشان می دهد، در شهرستان گنبد پهنه‌های خیلی مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۳۷/۲ و ۳۸ درصد از وسعت اراضی کشاورزی شهرستان)، در شهرستان مراوه‌تپه پهنه‌های مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۵۳/۶ و ۳۹/۹ درصد)، در شهرستان کلاله پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب (به ترتیب با ۵۷/۱ و ۳۶/۷ درصد)، در شهرستان گالیکش پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب (به ترتیب با ۶۵/۵ و ۳۳ درصد)، در شهرستان مینودشت پهنه‌های خیلی مناسب، مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۲۷/۳، ۳۲ و ۲۷/۹ درصد)، در شهرستان آزادشهر پهنه خیلی مناسب (با ۷۱/۸ درصد)، در شهرستان رامیان پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب (به ترتیب با ۵۵/۳ و ۳۰/۵ درصد)، در شهرستان علی‌آباد پهنه‌های خیلی مناسب، مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۳۴/۳، ۴۴/۲ و ۱۹/۸ درصد)، در شهرستان گرگان پهنه‌های مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۵۹/۹ و ۲۸/۹ درصد)، در شهرستان کردکوی پهنه‌های خیلی مناسب، مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۳۱، ۴۸/۵ و ۱۹ درصد)، در شهرستان آق‌قلا پهنه‌های مناسب و به‌نسبت مناسب و ضعیف (به ترتیب با ۱۷/۹، ۳۶/۹ و ۴۱ درصد)، در شهرستان بندرترکمن پهنه‌های مناسب و به‌نسبت مناسب (به ترتیب با ۷۲/۱ و ۱۷ درصد)، در شهرستان گمیشان پهنه‌های به‌نسبت مناسب و ضعیف (به ترتیب با ۶۶/۵ و ۲۶/۱ درصد) و در شهرستان بندرگز پهنه‌های خیلی مناسب و مناسب (به ترتیب با ۸۳/۸ و ۱۵/۴ درصد) پهنه‌های غالب می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، هماهنگی و سازگاری خوبی بین تاریخ‌های کشت و برداشت و طول مرحله‌های رشد و نموی گندم ناشی از نقشه‌های پهنه‌بندی با پژوهش‌های زراعی در مقیاس مزرعه وجود دارد که نشان از تعریف درست تاریخ کشت، کاربرد اصل درجه-روز رشد، مقادیر درجه-روز رشد مورد نیاز عبور از هر مرحله، دمای پایه رشد و روش پهنه‌بندی مورد استفاده در پژوهش دارد. برابر نتایج به دست آمده از نظر بیشتر نیازهای زراعی- بوم‌شناختی گندم، استان گلستان وضعیت مطلوبی برای کشت گندم دیم دارد، به‌گونه‌ای که بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی استان که به‌طورعموم در نوار شرقی- غربی بخش میانی استان واقع

Archive of SID

www.SID.ir

شده است، دارای درجه‌های مختلف تناسب برای کشت گندم دیم می‌باشند. لذا قابلیت توسعه اراضی زیرکشت گندم دیم در پهنه‌های مستعد استان گلستان به ترتیب به میزان ۱/۵ و ۲/۲ برابر سطح زیر کشت کل گندم و سطح زیر کشت گندم دیم استان در شرایط کنونی وجود دارد.

سپاسگزاری

این نوشتار از نتایج اجرای طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان تهیه شده است لذا نویسندگان مراتب قدردانی خود را به جهت حمایت مالی و معنوی این واحد دانشگاهی در طول اجرای پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع

Abbasi, F. Ehteramian, K., Khazanedari, L., Mohammadnia Gharaei, Sh. and Asmari, M., 2015. Locating the most suitable dry land wheat areas (Case study: North Khorasan province). Journal of Climate Research. 4(13), 57-72. (In Persian with English abstract).

Aghayari, F., Faraji, A. and Kordkatooli, A., 2016. Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to swing date, temperature and sunshine hours. Journal of Agroecology. 7(4), 547-562. (In Persian with English abstract).

Ahmadi, M., Fallahi Khoshji, M. and Khaledi, Sh., 2016. Agtoclimatic zoning of barley cultivattion in Lorestan province using analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy models. Journal of Agroecology. 6(1), 11-27. (In Persian with English abstract).

Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeinali, E. and Arabameri, R., 2010. The effect of planting date on duration of phonological phases in wheat cultivars and it's relation with grain yield. Journal of Plant Production. 17(2), 109-122. (In Persian with English abstract).

Alikhani, M., Mozaffari, J., Darvish, F. and Arshad, Y. 2007. Responses of wheat genotypes to heat stress at different developmental stages. Iranian Journal of Crop Sciences. 9(1), 45-59. (In Persian with English abstract).

Anonymous, 2016. Agricultural statistical book (2014-2015). Available online at: www.maj.ir.

Anonymous, 2011. Technical instructions of wheat planting and cultural in Golestan Province. Available online at: http://www.ganrrc.org.ir.

Ashena, M., 2016. Evaluation of planting date and nitrogen effects on the development stages of wheat cultivars and their relationship with yield and yield components in Nishabur. Crop Production. 8(4), 143-162. (In Persian with English abstract).

Ashofteh, P.S. and Massah, A.R., 2010. Impact of climate change uncertainty on temperature and precipitation of Aidoghmoush basin in 2040-2069 period. Soil and Water Science. 19.1(20), 85-98. (In Persian with English abstract).

Bagherzadeh, H.R. Bagherzadeh, A. and Moeinrad, H., 2012. Land suitability evaluation for wheat (*Triticum aestivum* L.), mays (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium herbaceum* L.) production using GIS at Neyshabour plain. Journal of Agroecology. 4(1), 41-51. (In Persian with English abstract).

Balyani, Y.A., Hejazizadeh, Z., Faraji, A. and Bayat, A. 2012. Zoning of climate-agricultural dryland wheat using GIS (Case study: FARS province). Physical Geography. 5(15), 33-50. (In Persian with English abstract).

Bannayan, M. and Sanjani, S., 2011. Weather conditions associated with irrigated crops in an arid and semi arid environment. Agricultural and Forest Meteorology. 151, 1589-1598.

Bay, N., Montazeri, M., Gadnomkar, A. and Ataei, H., 2012. The study of potential of dry farming wheat cultivation in Golestan province by using geographic information system (GIS). Geographical Planning of Space Journal. 2(4), 19-42. (In Persian with English abstract).

Bazgeer, S., Kamali, Gh. and Mortazavi, A., 2007. Wheat yield prediction through agrometeorological indices for Hamedan, Iran. Desert Journal. 12, 33-38.

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 abstract).

Damavandi, A.A., Taheri, M., Esmaiili, M. and Khalafi, J., 2010. Zoning of suitable region for rainfed wheat cultivation in Zanjan province by GIS. Modern Technology in Agriculture. 4(1), 81-101. (In Persian with English abstract).

Darapuneni, M.K., Morgan, G.D. and Shaffer, O.J., 2016. Effect of planting date on distribution of seasonal forage yields in dual-purpose wheat, oats, and ryegrass crops. Crop, Forage and Turfgrass Management. 2(1), 1-8.

Eini, H., Sadeghi, S. and Hossein Zadeh, S.R., 2013. Zonation of topoclimatic potentials of rain-

Archive of SID

www.SID.ir

fed wheat cultivation in Kermanshah province. Journal of Geography and Regional Development, 19, 21-45. (In Persian with English abstract).

Emam, Y., 2003. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran

FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin, Italy.

FAO, 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin, Italy.

FAO, 1984. Guidelines: Land Evaluation for Forestry. FAO Soils Bulletin, Italy.

FAO, 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin, Italy.

FAO, 1996. Agro-Ecological Zoning Guidelines. FAO Soils Bulletin, Italy.

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

FAO, 2002. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper, Italy.

Farajzadeh, M. and Takalo Bigash, A., 2002. Agroclimatic zoning in Hamedan province using GIS technique based on dry wheat. Geographical Research. 33(41), 93-105. (In Persian with English abstract).

Farajzadeh, M., Khoorani, A., Bazgeer, S. and Zeaeian, P., 2011. Modeling and predicting of rainfed wheat yield in attention to phenological phases of plant growth (A case study for Kurdistan province). Physical Geography Research. 43(76), 21-34. (In Persian with English abstract).

Feizizadeh, B., Abdali, H., Rezaei Banfsheh, M. and Mohammadi, G.H., 2012. Zoning of susceptible area to rainfed wheat in the Eastern Azerbaijan province by Geospatial analysis of GIS. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 96, 75-91. (In Persian with English abstract).

Ganbari, A., Roshani, H. and Tavassoli, A., 2012. Effect of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. Journal of Crop Ecophysiology. 6(2), 127-144. (In Persian with English abstract).

Givi, J., 1997. Qualitative Evaluation of Land Suitability for Field and Fruit Crops. Iranian Soil and Water Research Institute Press, Tehran.Iran.

Hanafi, A., 2015. Agro- climatology configuration of dry farming wheat using GIS (A case study: Zanjan province, Iran). International Journal of Scholarly Research Gate. 3(2), 25-34.

Hundal, S.S., Singh, R. and Dhaliwal, L.K., 1997. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum*) in Punjab. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 67(6), 265-286.

Jalal Kamali, M.R., Sharifi, H.R., Khodarahmi, M., Joukar, R., Torkamaan, H. and Ghavidel, N., 2008. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: I. Phenology. Seed and Plant. 23(4), 445-472. (In Persian with English abstract).

Kalateh Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H. and Hivehchie, J., 2011. Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan (Iran). Seed and Plant Production Journal. 27(2), 285-296. (In Persian with English abstract).

Kamali, Gh., Mollaei, P. and Behyar, M.B., 2010. Development of Zanjan province dry land wheat atlas by using climatic data and GIS. Journal of Water and Soil. 24(5), 894-907. (In Persian with English abstract).

Kamali, Gh., Sadaghiani Poor, A. and Sedaghatkerdar, A., 2008. The climatic zoning of dryland wheat in Eastern Azerbaijan. Journal of Water and Soil. 22(2), 467-483. (In Persian with English abstract).

Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, H., Kamkar, B., Shataei, Sh. 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 abstract).

Keshavarzi, A., Sarmadian, F. and Ahmadi, A., 2011. Spatially-based model of land suitability analysis using block kriging. Australian Journal of Crop Science. 5(12), 1533-1541.

Maghami Moghim, F., Karimi, A., Haghnia, G. and Dourandish, A., 2013. Evaluation of land use and suitability for rainfed crops in Roin, North Khorasan. Journal of Agroecology. 5(2), 143-152. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, A., Pashaei Avval, A., Mosavati, S.A. and Sadeghi, S., 2008. Qualitative land suitability evaluation for the main agronomic crops in Gonbad-e-Kavous, Northeast-Iran. Journal of Agricultural Sciences and Naturual Resources. 14(5), 99-111. (In Persian with English abstract).

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

Nadi, M.R., Kambouzia, J., Soufizadeh, S. and Mahdavi Damghani, A., 2014. Weather

Archive of SID

www.SID.ir

variability in Hamadan province and its impact on wheat, barley and potato yields. Journal of Agroecology. 4(1), 72-85. (In Persian with English abstract).

Nasrollahi, N., Kazemi, H. and Kamkar, B., 2015. Agricultural land suitability of Aq-Qala township (Golestan province) for barley production in rainfed condition by GIS. Crop Production. 8(3), 159-182. (In Persian with English abstract).

Nazari, M.R., Hosseini, S.S. and Liaghati, H., 2015. Estimating of climate-yield response functions for rainfed crops in the north-western agro-ecological zone of Iran. Journal of Agroecology. 5(2), 51-63. (In Persian with English abstract).

Noohi, K., 2005. Rainfall analysis of Karaj for determination of 8-59 rainfed wheat sowing date. Nivar. 58, 95-103. (In Persian with English abstract).

Radmehr, M., 1997. Effect of Heat Stress on Growing and Development Physiology of Wheat. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran.

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 abstract).

Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A. and Hadizadeh Azghandi, M., 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). Journal of Agroecology. 7(4), 443-460. (In Persian with English abstract).

Rasouli, A.A. and Sobhani, B., 2005. The role of precipitation in the determination of suitable areas and appropriate date for dryland wheat cultivation in Ardebil province. Geographical Research. 20(3), 102-117. (In Persian with English abstract).

Rasouli, A.A., Ghasemi, K. and Sobhani, B., 2005. The role of precipitation and elevation in suitable region determination of rainfed wheat by GIS (Case study: Ardebil province). Geography and Development. 3(5), 183-200. (In Persian with English abstract).

Sari Saraf, B., Bazgir, S. and Mohammadi, Gh.H., 2009. Zoning the climatic potentials of dry-farming wheat cultivation in the West Azarbaijan (Iran). Geography and Development. 13, 5-26. (In Persian with English abstract).

Sarmadian, F. and Taati, A., 2015. Agro-ecological zoning of the Qazvin area for wheat (*Triticum aestivum* L.) using RS and GIS. Journal of Agroecology. 7(3), 368-380. (In Persian with English abstract).

Shainberg, I. and Oster, J.D., 1978. Quality of Irrigation Water. Pergamon Press, New York, USA.

Shakeri, S. and Momeni, M., 2011. Land suitability classification for sustainable use in Aq qaleh area. Human and Environment. 9(16), 21-31. (In Persian with English abstract).

Shakeri, S., Owliaie, H.R., Abtahi, A. and Azadi, A., 2015. Soil survey and land suitability assessment of saline and gypsiferous soils of Barm-e-Alvan region, Kohgilouye va Boyerahmad Province. Human and Environment. 34, 15-28. (In Persian with English abstract).

Sobhani, B. and Karimzadeh, S., 2015. Determination of agroclimatic areas for dry planting of wheat based on climatic parameters in Kurdistan province. Geography and Territorial Spatial Arrangement. 5(15), 17-32. (In Persian with English abstract).

Sys, I.C., Van Ranst, E. and Debaveye, J., 1991a. Land Evaluation- Part I: Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculations. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication, Brussels, Belgium.

Sys, I.C., Van Ranst, E. and Debaveye, J., 1991b. Land Evaluation- Part II: Methods in Land Evaluation. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication, Brussels, Belgium.

Sys, I.C., Van Ranst, E., Debaveye, J. and Beernaert E., 1993. Land Evaluation- Part III: Crop Requirements. General Administration for Development cooperation, Agricultural Publication., Brussels, Belgium.

Talliee, A.A. and Bahramy, N., 2003. The effects of rainfall and temperature on the yield of dryland wheat in Kermanshah province. Iranian Journal of Soil and Waters Sciences. 17(1), 106-113. (In Persian with English abstract).

Tavakoli, A.R., 2014. Effects of sowing date and single irrigation on yield and yield components of rainfed barley cultivars. Iranian Dryland Agronomy Journal. 2(2), 53-68. (In Persian with English abstract).

Tavakoli, A.R., Liaghat, A. and Alizadeh, A., 2014. Soil water balance, sowing date and wheat yield using AquaCrop model under rainfed and limited irrigation. Journal of Agricultural Engineering Research. 14(4), 41-56. (In Persian with English abstract).

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..

Archive of SID

www.SID.ir

Agro-ecological zoning of rainfed wheat in Golestan province based on meteorology, agronomy, soil and land properties

Kami Kaboosi[1,*] and Osman Majidi[2]
[1]Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
[2]Working Group of Agricultural Meteorology, Golestan Meteorological Administration, Gorgan, Iran.
[*]Corresponding author: kkaboosi@yahoo.com
Received: 2017.04.12
Accepted: 2017.08.21
Kaboosi, K. and Majidi, O., 2017. Agro-ecological zoning of rainfed wheat in Golestan province based on meteorology, agronomy, soil and land properties. Journal of Agroecology. 7 (2), 134-154.

Introduction: Golestan Province is one of the main areas of wheat production in Iran. In 2015, it ranked third among all the provinces of the country in term of acreage and yield (Anonymous, 2016). Given the strategic importance of wheat, it is necessary to identify suitable areas for its rainfed cultivation based on meteorology, agronomy, soil and land properties. This process is known as agroecological zoning. In addition to analyzing ecological factors affecting rainfed wheat production based on the consolidation of scientific references, this study will also identify suitable zones in Golestan for rainfed wheat cultivation.
Materials and methods: Firstly, six factors were determined in 30 weather stations in the concurrent period 1991-2015 including: planting date, dates of each phenological stage of wheat based on growing degree-days (Ahmadi *et al.,* 2016), precipitation, air temperature and the ratio of effective precipitation to crop evapotranspiration in each stage, and total growing season of wheat. These parameters were then estimated by the occurrence probability level of 75% (Sys *et al.,* 1991). The possibility levels of higher and lower temperatures than the tolerable threshold of wheat in various stages of growth were also calculated. Next, a zoning map of the parameters and characteristics of elevation, slope, soil type and salinity were prepared in five classes. Finally, by overlaying these data layer (layer 26), the agroecological zoning of agricultural land of Golestan for the cultivation of wheat was performed.
Results and discussion: Average air temperature during germination, flowering and seed filling stages of wheat in Golestan with occurrence probability of 75% were 8 (moderately suitable), 10.9 (moderately suitable) and 22.7 °C (suitable), respectively. Also, the occurrence probability of temperature less than the tolerance threshold in the germination stage of wheat (10 °C) was considerable in the province, but the occurrence probabilities of higher and lower temperatures than the tolerance thresholds of wheat in other growth stages were low in the dominant area of the province. The results showed that in terms of the ratio of effective rainfall to potential evapotranspiration during the total growth period, 92 percent of the province area was located relatively equally in moderately suitable (29%), suitable (9%), and very suitable (20%) classes for rainfed wheat cultivation. Also, soil salinity in 72 percent of the agricultural land was less than the tolerance threshold of wheat (6 $dS.m^{-1}$). According to the results, total area of very suitable, suitable and moderately suitable zones for rainfed wheat cultivation in the agricultural zones of the province was 602,000 hectares, that is 51% and 117% more than the current acreage of total wheat and rainfed wheat, respectively. Furthermore, the sum of moderately to very suitable zones for rainfed wheat cultivation was calculated at 64.8 of the province and 85 percent of total agricultural land. In the entire country, the highest percentage of very suitable areas were located in Gonbad (24.7%) and Kalaleh (20.9%), suitable areas in Maravehtapeh (18.2%) and Gorgan (16.4%), and moderately suitable areas in Gonbad (22.8%), Aghghalla (19.7%) and Gomishan (17.7%).
Conclusion: Suitable areas for rainfed wheat cultivation in Golestan Province are generally located in the middle strip of east-west. The extents of these zones in the occurrence probability level of 75% are over the current wheat acreage of the province. This result is consistent with the Bidadi *et al.* (2015) findings.
Keywords: Air temperature, Evapotranspiration, Growing Degree-Day (GDD), Precipitation, Salinity, Slope..

References:

Archive of SID

www.SID.ir

Ahmadi, M., Fallahi Khoshji, M. and Khaledi, Sh., 2016. Agtoclimatic zoning of barley cultivattion in Lorestan province using analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy models. Journal of Agroecology. 6(1), 11-27. (In Persian with English abstract).

Anonymous, 2016. Agricultural statistical book (2014-2015). Available online at: www.maj.ir.

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 abstract).

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, Brussels, Belgium.

Archive of SID

www.SID.ir