



ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی نظام کشت زمستان سیب زمینی در استان کرمان

* جواد طایبی سمیرمی^۱، وهب میرباقری^۲، ایرج امیری^۳ و ذبیح اله اعظمی^۴

^۱ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه جیرفت، دانش آموخته کارشناس ارشد زراعت دانشگاه زابل و عضو

مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ^۲ دانشجوی دکتری،

گروه منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ^۳ استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه جیرفت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: نظام "کشت زمستانه" سیب زمینی (*Solanum tuberosum L*) یکی از الگوهای کشت نسبتاً جدید در برخی مناطق کشور می‌باشد که تولید محصول آن همزمان با زمان کاشت الگوهای اصلی کشت سیب زمینی در فصل بهار و کاهش دسترسی این محصول در بازار است، لذا توسعه سطح زیر کشت این نظام کشت به دلیل تأمین نیاز بازار به این کالا از اهمیت زیادی برخوردار است. این پژوهش به منظور ارزیابی تناسب اقلیم کشاورزی استان کرمان برای نظام کشت زمستانه سیب زمینی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسل مراتبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه استان کرمان بود و پایگاه داده‌های اقلیمی بر اساس دوره مشترک (۲۰۰۷-۱۹۸۹) آماری پارامترهای میانگین دمای حداکثر و حداقل روزانه، سرعت باد، بارش، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی تمام ایستگاه‌های همدیدی و اقلیم‌شناسی پوشش دهنده منطقه مورد مطالعه ایجاد گردید. شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده برای ارزیابی تناسب نظام کشت زمستانه سیب زمینی از طریق آستانه‌های دامنه بردباری سیب زمینی و بر اساس میانگین آمار بلندمدت اقلیمی تعیین شد. نیازهای دمایی و فتوپریودی بر اساس شاخص روز فیزیولوژیک محاسبه گردید. تنش‌های حرارتی هم شامل تنش‌های گرما، سرما و یخ‌زدگی بود که احتمال وقوع آن‌ها در طول دوره رشد ارزیابی گردید. لایه شیب منطقه نیز از نقشه مدل رقومی ارتفاع با دقت ۲۵۰ متر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ایجاد گردید. تحلیل‌های آماری شامل محاسبه روابط رگرسیونی و ضریب همبستگی شاخص‌های اقلیمی با ارتفاع و سایر شاخص‌های آماری مرتبط با استفاده از نرم‌افزار SPSS و

* مسئول مکاتبه: Jtaei@ujiroft.ac.ir

تحلیل‌های مکانی و زمین‌آماري با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت. ارزش وزني لایه‌های مکانی ایجاد شده به روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد. در مرحله آخر لایه‌های تولید شده، به منظور تعیین میزان تناسب اقلیمی استان کرمان برای معرفی مناطق کشت زمستانه سیب‌زمینی همپوشانی گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل حداکثر طول دوره رشد (۱۱۰ تا ۱۴۰ روز) برای نظام زمستانه در ایستگاه‌های کهنوج، جیرفت و بم و حداقل آن (کمتر از ۱۰ روز) در ایستگاه‌های بافت و شهر بابک مشاهده گردید. ارزیابی شاخص‌های تنش‌های دمایی نشان داد احتمال وقوع تنش سرما برای قسمت‌هایی از مناطق جنوبی با خطری کمتر از ۱۵ تا ۲۰ درصد و برای مناطق مرتفع مرکزی، شمال و غربی استان بسیار زیاد است. بر اساس نتایج، ایستگاه کهنوج با احتمال وقوع تنش ۲۵ درصد بیشترین خطر تنش گرما را دارد، احتمال وقوع تنش در ایستگاه‌های جیرفت و بم به ترتیب تا ۲۰ و ۷ درصد کاهش می‌یابد. در سایر ایستگاه‌ها احتمال بروز تنش گرما بسیار کم است. ارزیابی شاخص روزهای فیزیولوژیک نشان داد کمترین مقدار این شاخص صفر (در ایستگاه‌های بافت و شهر بابک) و بیشترین مقدار آن بیش از ۱۳۰ روز (ایستگاه کهنوج) است. نتایج وزندهی لایه‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد، وزن شاخص‌های تعداد روزهای فیزیولوژیک، احتمال وقوع تنش یخ زدگی، احتمال وقوع تنش سرما، احتمال وقوع تنش گرما و شیب به ترتیب به میزان ۰/۲۰۲۸، ۰/۱۹۴۷، ۰/۱۳۸، ۰/۰۴۳۹ و ۰/۰۳۵ برآورد شد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از پهنه‌بندی اقلیمی - کشاورزی به روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد قسمتی از مناطق جنوبی و شرقی استان از لحاظ اقلیمی برای نظام کشت زمستانه مناسب و مناطق مرتفع غربی و مرکزی ضعیف تا نامناسب است، همچنین مناطق شرقی استان شامل دشت لوت است که به دلایل خاص اکولوژیک از توان لازم برای کاربری کشاورزی برخوردار نیست.

واژه‌های کلیدی: اقلیم‌شناسی کشاورزی، نظام کشت، سیب‌زمینی، مقایسات زوجی

مقدمه

نظام "کشت زمستانه" سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L*) یکی از الگوهای کشت منحصر به فرد در کشور می‌باشد که به دلیل پرکردن خلاء بازار در فصل برداشت (اردیبهشت ماه) از اهمیت زیادی برخوردار است، به طوری که بازده اقتصادی بالا در کشت زمستانه سیب‌زمینی، باعث افزایش تمایل تولیدکنندگان به توسعه این نظام کشت شده است، اما برخی محدودیت‌های ناشی از عوامل محیطی نظیر خطر وقوع تنش سرما در اوایل دوره رشد، خطر تنش گرما در اواخر دوره رشد و امکان عدم تکمیل دوره رشد کامل سیب‌زمینی، از جمله مهم‌ترین عواملی است که هر ساله باعث ایجاد خسارت‌های قابل توجه به برخی تولیدکنندگان می‌گردد.

ارزیابی تناسب اقلیمی در یک منطقه می‌تواند روش مناسبی برای تعیین استعدادهای آن منطقه برای توسعه یک نظام کشت خاص و مدیریت خطر خسارت تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی (۲)، تنش گرما و سرما (۱۱، ۳۸) و سرما و یخ زدگی (۵، ۶ و ۳۷) باشد، که برای گیاهان مختلف، الگوهای کشت و مناطق مناسب به روش‌های متفاوتی انجام گرفته است. بگلی و همکاران (۲۰۰۳) پس از بررسی اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی موجود، اقدام به تهیه و تعریف شاخص‌های مربوط به دما، رطوبت مطلوب، خطر سرما، شاخص یخ‌زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهان زراعی انتخاب شده نموده و در نهایت با تلفیق سایر اطلاعات مرتبط با خاک و توپوگرافی اقدام به تعیین تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای، گندم، جو، گوجه، چغندر قند، آفتابگردان و سویا به روش وزنی نمودند (۳). کاظمی پشت مساری و همکاران (۲۰۱۲) تناسب اراضی کشاورزی استان گرگان را جهت کشت کلزا با استفاده از شاخص‌های توپوگرافی، ویژگی‌های خاک و میانگین بلندمدت دمای کمینه، بیشینه و بارش دوره رشد ارزیابی نمودند (۱۶). آرایا و همکاران (۲۰۱۰) روش جدیدی را برای پهنه‌بندی اقلیمی کشاورزی مناطق شمالی اتیوپی ارائه کردند، این محققین بر اساس مفهوم دوره رشد واحدهای اقلیمی کشاورزی را برای گیاهان زراعی رایج منطقه مانند جو تفکیک کرده و دوره‌های خشکی کوتاه مدت و تحلیل دوره رشد در مناطقی که از لحاظ زراعت دیم در معرض تنش خشکی می‌باشد را مشخص کردند (۲). تاتی و همکاران (۲۰۱۵) برای تعیین دوره رشد یونجه از روش فائو (۱۹۹۶) استفاده نمود (۳۹). سلیمانی و همکاران (۲۰۱۵) برای تعیین دوره رشد آفتابگردان در استان همدان از شاخص درجه روز رشد و تطابق آن با مراحل فنولوژیک استفاده نمود (۳۵). وان‌وارت و همکاران (۲۰۱۳) برخی روش‌ها و شاخص‌های مختلف اقلیمی تا سال ۲۰۱۲، که به منظور پهنه‌بندی اکولوژیک

کشاورزی در مناطق مختلف جهان استفاده شده را به‌طور اجمالی جمع‌بندی و ارایه نموده‌اند (۴۲). به‌طور کلی در بسیاری از مطالعات مرتبط با ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی تلفیق پارامترها و شاخص‌ها برای تعیین و تطبیق طول دوره رشد یک گیاه با شرایط آب و هوایی آن منطقه انجام گرفته است (۷، ۸، ۱۵، ۲۳ و ۴۱). با توجه به و قابلیت بالای استان کرمان برای تولید سیب‌زمینی به‌صورت کشت زمستانه، شناخت محدودیت‌ها و پتانسیل‌های اقلیمی موجود و ارزیابی میزان تناسب اقلیمی برای تولید سیب‌زمینی جهت کاهش خطر خسارت ناشی از عدم تطبیق دوره رشد در برخی مناطق، ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا این پژوهش به‌منظور ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی استان کرمان برای تعیین مناطق مناسب کشت زمستانه سیب‌زمینی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گردید. پایگاه داده‌های مکان‌دار مربوط به پهنه‌بندی اقلیمی کشاورزی حاصل از این پژوهش مبنایی خواهد بود برای برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، میان مدت و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی در سطح منطقه (مانند رقم، کود، تاریخ کاشت و مدیریت تنش‌های محیطی) که با شرایط اقلیمی کشاورزی هر منطقه منطبق باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش حوزه مطالعاتی استان کرمان بود. اقلیم این استان بر اساس شاخص‌های یونسکو (۴۰)، به پنج اقلیم متفاوت قابل تفکیک است: ۱- اقلیم فراخشک با زمستان ملایم و تابستان بسیار گرم مانند ایستگاه کهنوج، ۲- اقلیم خشک با زمستان ملایم و تابستان بسیار گرم مانند ایستگاه جیرفت، ۳- اقلیم فراخشک با زمستان خنک و تابستان بسیار گرم مانند ایستگاه بم، ۴- اقلیم خشک با زمستان خنک و تابستان گرم مانند ایستگاه رفسنجان، ۵- اقلیم خشک با زمستان سرد و تابستان گرم مانند ایستگاه‌های شهربابک و بافت (۱۳).

پایگاه داده‌ها: برای ایجاد پایگاه داده‌های هواشناسی از تمام ایستگاه‌های هم‌دیدگی و اقلیم‌شناسی موجود در منطقه و ایستگاه‌های پوشش دهنده منطقه مورد مطالعه استفاده گردید (جدول ۱). داده‌های اقلیمی شامل آمار روزانه پارامترهای میانگین دمای بیشینه و کمینه، سرعت باد، بارش، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی در نظام کشت زمستانه (آبان‌ماه تا خردادماه) برای یک دوره مشترک ۱۸ ساله (۲۰۰۷-۱۹۸۹) می‌باشد. اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: الف) لایه‌های اطلاعاتی برداری شامل نقشه راه‌ها، مناطق مسکونی، مرز منطقه مطالعاتی و تقسیمات سیاسی. ب) لایه‌های اطلاعات شبکه‌ای شامل مدل رقومی ارتفاع^۱ (DEM)، نقشه شیب منتج از مدل رقومی ارتفاع (با اندازه پیکسل

1- Digital Elevation Model

تقریبی ۲۰ متر)، نقشه جهت شیب (با اندازه پیکسل تقریبی ۲۰ متر)، نقشه طبقات ارتفاعی (با اندازه پیکسل تقریبی ۲۰ متر) و سایر لایه‌های محاسبه شده از پارامترها و شاخص‌های اقلیمی می‌باشد. برای ارزیابی تناسب اقلیمی- کشاورزی نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی از شاخص‌های زیر استفاده شده است. ۱- شاخص دوره رشد در این پژوهش دوره رشد بر اساس روش فائو (۱۹۹۶) (۱۲) شامل تعداد روزهایی است که میانگین بلندمدت دمای حداقل روزانه از دمای پایه (۵ درجه سانتی‌گراد) موردنیاز سیب‌زمینی فزونی یافته و میانگین بلندمدت دمای حداکثر نیز از حداکثر دمای^۱ قابل تحمل (۴۰ درجه سانتی‌گراد) برای این گیاه کمتر باشد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و هم‌دیدگی محدوده مورد مطالعه.

Table 1. Summary information of climatology and synoptic stations from study area.

نام ایستگاه Station name	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Above mean sea level (m)
انار Anar	55 15 E	30 53 N	1408.8
بافت Baft	56 35 E	29 14 N	2280
بم Bam	58 21 E	29 16 N	1066.9
کهنوج Kahnouj	57 42 E	27 58 N	469.7
کرمان Kerman	56 58 E	30 15 N	1753.8
لاله زار Lalehzar	56 50 E	29 31 N	2775
جیرفت Jiroft	57 48 E	28 35 N	601
رفسنجان Rafsanjan	55 54 E	30 25 N	1580.9
شهداد Shahdad	57 42 E	30 25 N	400
شهر بابک Shahre-Babak	55 8 E	30 6 N	1834.1
سیرجان Sirjan	55 41 E	29 28 N	1739.4
زرند Zarand	56 34 E	30 48 N	1670

1- Tceiling

جدول ۲- پارامترهای مرتبط با نیاز دمایی و فتوپریودی در شاخص روز فیزیولوژیک.

Table 2. Parameters of heat requirement and photoperiod which related to physiological days index.

پارامتر	Parameter	دامنه range
دمای پایه	<i>Tb</i> the base temperature	3-7 °C
دمای بهینه	<i>To</i> the optimum temperature	30°C
حد پایینی دمای بهینه	<i>To1</i> the lower optimum temperature	15°C
حد بالایی دمای بهینه	<i>To2</i> the upper optimum temperature	35°C
حداکثر دمای قابل تحمل	<i>Tc</i> the ceiling temperature	40°C
حداکثر فتوپریود بحرانی (غده‌زایی)	<i>Pc</i> the critical photoperiod	12 hours
ضریب حساسیت به فتوپریود	<i>PS</i> the photoperiod sensitivity coefficient	0.0914

منابع مورد استفاده مرتبط با نیاز دمایی ۱۱، ۱۴، ۲۱، ۳۱ و ۳۲ منابع مرتبط با نیاز فتوپریودی ۲۶، ۳۱ و ۳۴.

۲- شاخص روز فیزیولوژیک^۱: برخی محققین مراحل فنولوژیک سیب‌زمینی را فقط بر اساس درجه‌روز رشد بررسی نموده‌اند (۵ و ۳۲)، اما شاخص روز فیزیولوژیک بیانگر نیاز دمایی و فتوپریودی گیاه است که در آن تمام آستانه‌های مربوط به دمای‌های حداقل، بهینه، و حداکثر مورد نیاز سیب‌زمینی (۱۱، ۱۴، ۲۱، ۳۱ و ۳۲) و نیاز فتوپریودی آن (۲۶، ۳۱ و ۳۴) لحاظ می‌شود (جدول ۲). مقدار این شاخص از طریق معادله اصلاح شده سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) (۳۶) برای هر ایستگاه و بر اساس دوره رشد تعیین شده در مرحله قبل محاسبه گردید. این محققین رابطه مذکور را برای گیاه روز بلند نخود ارایه کردند، لذا این رابطه بر اساس این‌که سیب‌زمینی گیاهی است روز کوتاه (از لحاظ غده‌زایی) با آستانه‌های دمایی متفاوت، اصلاح گردید. برای این منظور از گزارش‌های اوینگ (۱۹۸۱) (۱۱)، ویلر و تیبِت (۱۹۸۶) (۴۳)، اسنایدر و اوینگ (۱۹۸۹) (۳۴) استفاده شد، همچنین از مشاهدات عینی محققین و پژوهش‌های دو یا چند ساله انجام شده توسط درینی (۲۰۱۳) (۹) و نیکزاد (۲۰۱۵) (۲۴) استفاده گردید. محاسبات مربوط به تابع‌های شرطی با استفاده از نرم‌افزار Microsoft office Excel انجام شد.

$$PDt = f(T) \times f(PP) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$f(T) = (T - Tb) / (To1 - Tb) \text{ if } Tb < T < To1$$

$$f(T) = (Tc - T) / (Tc - To2) \text{ if } To2 < T < Tc$$

$$f(T) = 1 \text{ if } To1 < T < To2$$

$$f(T) = 0 \text{ if } T < Tb \text{ or } T > Tc$$

$$f(PP) = 1 \text{ if } PP > Pc$$

$$f(PP) = \bar{1}PS \times (Pc - PP) \text{ if } PP < Pc$$

1- Index of Physiological Days

در اینجا Pdt روزهای فیزیولوژیک تجمع یافته، $f(T)$ تابع دما، $f(PP)$ تابع فتوپریود، T دما، Tb دمای پایه، To دمای بهینه، $To1$ حد پایینی دمای بهینه، $To2$ حد بالایی دمای بهینه، Tc حداکثر دمای قابل تحمل یا دمای بحرانی قابل تحمل، PP فتوپریود بر اساس ساعت در روز، Pc فتوپریود بحرانی که در مقادیر بیشتر از آن غده‌زایی سیب‌زمینی به تعویق می‌افتد، PS ضریب حساسیت به فتوپریود است.

۳- خطر وقوع تنش‌های دمایی: به‌منظور بررسی توزیع مکانی تنش سرما (دمای کمتر از ۵ درجه) و یخ‌زدگی (دمای کمتر از صفر درجه) در نظام کشت زمستانه، ابتدا دوره احتمال وقوع تنش از ۲۹ مهر (۲۱ اکتبر) تا ۲۹ اسفند (۲۰ مارس) به ۱۵ دوره ۱۰ روزه تفکیک شده و سپس احتمال وقوع هر یک از تنش‌های سرما و یخ‌زدگی محاسبه شد. بیشترین مقدار خطر احتمال وقوع تنش در دهه‌های مورد مطالعه به‌عنوان معیار تنش در پهنه‌بندی خطر وقوع تنش‌های سرما و یخ‌زدگی مورد استفاده قرار گرفت. احتمال تنش گرما نیز به‌همین ترتیب برای فصل بهار محاسبه گردید. قابل ذکر است انتخاب دوره‌های مورد مطالعه براساس بررسی آمار ایستگاه‌های هواشناسی و الگوی رشد گیاه انتخاب گردیده است. نقشه خطر تنش‌های دمایی بر اساس همبستگی بین ارتفاع هر ایستگاه و احتمال وقوع تنش (جدول ۳)، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با اندازه تقریبی پیکسل ۲۵۰ متر و در محیط نرم‌افزار ArcGIS ایجاد گردید (۱۷). محاسبات مربوط به احتمالات با استفاده از نرم‌افزار Microsoft office-Excel انجام شد و سایر محاسبات آماری این پژوهش مانند توصیف‌های آماری و تحلیل رگرسیون داده‌های اقلیمی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.17 انجام شد.

وزن‌دهی لایه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی^۱: لایه‌های مورد استفاده برای ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی شامل:

الگوی دوره رشد فائو (۱۹۹۶)، شاخص روزهای فیزیولوژیک، احتمال یا خطر وقوع تنش‌های گرما، سرما و یخ‌زدگی به‌عنوان عوامل اصلی محدود کننده طول دوره رشد با استفاده از روش مقایسات زوجی یا تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی و همپوشانی گردید. روش مقایسات زوجی در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله ساعتی (۲۷ و ۲۸) در زمینه فرآیند سلسله مراتبی ابداع گردید و در سال‌های بعد این روش در GIS نیز مورد استفاده قرار گرفت (۳۰). بر اساس این روش ابتدا هر لایه از لحاظ ارزش شاخص به ۹ طبقه تقسیم گردید، به‌عبارت دیگر ارزش پیکسل‌ها در تمام لایه‌ها بر اساس ارزش اولیه خود به یکی از اعداد ۱ تا ۹ تبدیل گردید، سپس ضرایب بهینه در سه مرحله ایجاد ماتریس مقایسات زوجی، محاسبه وزن عوامل و تخمین نسبت سازگاری با استفاده از نرم‌افزار AHP که به‌صورت

یک extension جدید به نرم‌افزار ArcGIS9.3 اضافه می‌گردد، محاسبه گردید. بعد از همپوشانی لایه‌ها، ارزش پیکسل‌ها در نقشه نهایی با توجه به دامنه‌های: ۱-۳ معادل نامناسب، ۳-۵ معادل ضعیف، ۵-۷ معادل متوسط و ۷-۹ معادل خوب، تعیین شد.

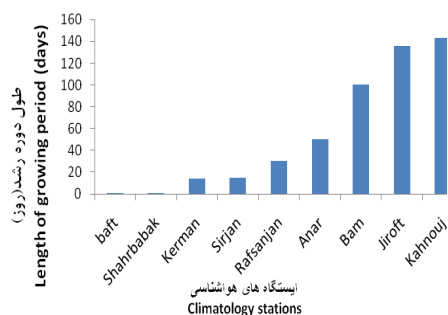
نتایج و بحث

نتایج ارزیابی الگوی دوره رشد فائو (۱۹۹۶) برای کشت زمستانه سیب‌زمینی (شکل ۱) نشان داد شروع دوره رشد زمانی است که میانگین بلندمدت دمای حداقل از آستانه دمای پایه سیب‌زمینی در دوره کاشت تا سبز شدن فزونی یافته و پایان دوره رشد زمانی است که دمای حداکثر از آستانه بحرانی قابل تحمل گیاه (اواخر اردیبهشت ماه) است. طول این دوره برای ایستگاه‌های مختلف استان محاسبه و در شکل (۲) ارایه شد. بر اساس نتایج (شکل ۲) طول دوره رشد برای نظام زمستانه در ایستگاه‌های کهنوج، جیرفت و بم ۱۱۰ تا ۱۴۰ روز است. در ایستگاه کهنوج دوره رشد زودتر شروع شده و پایان دوره رشد نیز تحت تأثیر دمای بالا و تنش دمایی سریعتر اتفاق افتاده است، در حالی که در ایستگاه بم به‌علت تنش سرما، شروع دوره رشد به تعویق می‌افتد اما در خرداد ماه به‌دلیل وقوع دیرتر تنش گرما دوره رشد بیشتر ادامه می‌یابد. در این شرایط کاشت زمستانه سیب‌زمینی برای ارقام زودرس در ایستگاه‌های کهنوج، جیرفت و بم امکان‌پذیر است. محدودیت این الگو به‌دلیل امکان وقوع تنش سرما در اوایل دوره رشد و تنش گرما در مرحله حجیم شدن غده است. در سایر ایستگاه‌ها طول دوره رشد کمتر از ۵۰ روز بوده و امکان اجرای کشت زمستانه وجود ندارد (شکل ۲). رابطه رگرسیونی بین طول دوره رشد و ارتفاع به‌صورت یک تابع خطی معنی‌دار ($P \leq 0/001$) با ضریب تبیین ۰/۹۹ برازش داده شد (جدول ۳). لذا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) در محیط ArcGIS، نقشه الگوی دوره رشد ایجاد گردید (شکل ۵). بر اساس نتایج، مناطق پست جنوبی استان کرمان مانند منوجان، کهنوج و عنبرآباد، که طبق جدول (۴) در نواحی ۶، ۷، ۸ و ۹ قرار گرفته‌اند دارای طول دوره رشد بیش از ۱۱۰ روز هستند و در مجموع ۴۰/۳ درصد از کل استان را شامل می‌گردند. در حالی که در مناطق مرتفع مرکزی، شمال و غربی استان مانند مناطق شرقی بافت، بردسیر، غرب کرمان، غرب بم و شهر بابک طول دوره رشد به کمتر از ۷۰ روز و حتی در برخی قسمت‌ها به کمتر از ۳۰ روز کاهش یافته است، این ناحیه که قسمت بزرگی را شامل شده است بیش از ۵۰/۸ درصد سطح استان را پوشش داده است (جدول ۴). شاخص روزهای فیزیولوژیک نتایج نشان داد (شکل ۳) کمترین مقدار این شاخص صفر برای ایستگاه‌های بافت و شهر بابک مشاهده شده و بیشترین مقدار آن بیش از ۱۳۰ روز است که در ایستگاه

کهنوج اتفاق افتاده است. به منظور بررسی توزیع مکانی شاخص روز فیزیولوژیک رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و این شاخص محاسبه شد. نتایج نشان داد این رابطه از تابع خطی معنی دار ($P \leq 0/001$) با ضریب تبیین $0/95$ پیروی می کند (جدول ۳). نقشه پراکنش روزهای فیزیولوژیک (شکل ۶) نشان داد، بیشترین میزان این شاخص (بیش از ۱۴۰ روز) در مناطق پست جنوبی مانند دشت منوجان اتفاق افتاده است ($26/5$ درصد کل منطقه). تعداد روز فیزیولوژیک در شمال دشت جیرفت ۸۰ روز و به تدریج با کاهش ارتفاع در جنوب دشت به ۱۲۰ روز می رسد، در مناطق شمالی، مرکزی و غربی استان کرمان به جز قسمتی از شرق بافت (دشت ارزویه) این شاخص روند کاهشی داشته و در مناطق بیش از ۲۰۰۰ متر به کمتر از ۴۰ روز و حتی به صفر هم رسیده است (شکل ۶) این ناحیه نزدیک به $50/4$ درصد کل استان را شامل شده است (جدول ۴).

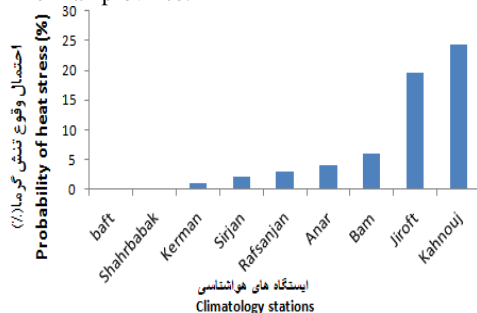
تنش های گرما، سرما و یخ زدگی: بررسی الگوی دوره رشد فائو (شکل ۱) نشان داد وقوع دمای بالاتر از آستانه تحمل گیاه سیب زمینی، یکی از عوامل محدود کننده ای است که در کاشت زمستانه سیب زمینی در مراحل حجیم شدن تا رسیدگی غده و مقارن با اردیبهشت تا خردادماه اتفاق می افتد، بنابراین حداکثر خطر وقوع تنش گرما در فصل بهار محاسبه گردید (شکل ۴). بر اساس نتایج، ایستگاه کهنوج با احتمال وقوع تنش ۲۵ درصد بیشترین خطر تنش گرما را دارد، احتمال وقوع تنش در ایستگاه های جیرفت و بم به ترتیب تا ۲۰ و ۷ درصد کاهش می یابد. در سایر ایستگاه ها احتمال بروز تنش گرما بسیار کم است. به منظور بررسی توزیع مکانی تنش گرما، رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و احتمال وقوع تنش محاسبه شد. نتایج نشان داد تغییرات خطر وقوع تنش گرما در سطح منطقه از یک تابع خطی معنی دار ($P \leq 0/01$) با ضریب تبیین $0/88$ پیروی می کند (جدول ۳). نقشه حاصل (شکل ۷) پراکنش احتمال وقوع تنش را نشان می دهد. توزیع مکانی احتمال وقوع تنش سرما (دمای کمتر از ۵ درجه سانتی گراد) و احتمال وقوع تنش یخ زدگی (دمای کمتر از صفر درجه سانتی گراد)، نیز بر اساس رابطه رگرسیونی خطی معنی دار ($P \leq 0/001$) (جدول ۳) بین ارتفاع و احتمال وقوع تنش برآزش داده شد. نتایج حاصل به صورت نقشه های پراکنش تنش سرما و یخ زدگی ارائه گردید (شکل های ۸ و ۹). بر اساس این نتایج بر خلاف تنش گرما، مناطق مرتفع شمال و غربی استان در معرض تنش شدید سرما و یخ زدگی هستند. مناطق جنوبی با خطری کمتر از ۱۵ تا ۲۰ درصد در معرض تنش سرما هستند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۴) و شکل های (۸) و (۹) نزدیک به $76/8$ درصد از اراضی با احتمال بیش از ۲۴ درصد در معرض تنش سرما و $58/4$ درصد از اراضی نیز در معرض تنش یخ زدگی در مرحله اولیه رشد سیب زمینی تا مرحله نمودی ظهور غده ها قرار گرفته اند. تنش گرما نیز بیش از ۵۷ درصد از اراضی را با

احتمال بیش از ۲۴ درصد برای مرحله حجیم شدن غده سیب‌زمینی پوشش داده است. البته با توجه به این‌که تنش گرما تقریباً مقارن با مراحل پایانی رشد اتفاق می‌افتد، می‌توان با مدیریت صحیح از اثرات منفی آن کاست، لذا نسبت به تنش سرما که در مراحل اولیه رشد اتفاق می‌افتد خسارت کمتری ایجاد می‌نماید.



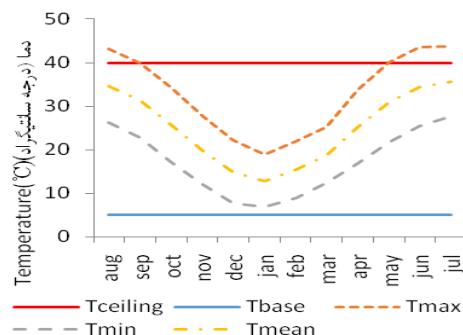
شکل ۲- طول دوره رشد برای نظام کشت زمستانه در ایستگاه‌های استان کرمان.

Figure 2. Length of growing period for winter cropping system of potato in stations of Kerman province.



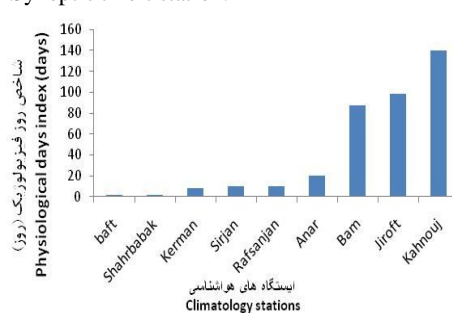
شکل ۴- احتمال وقوع تنش گرما برای نظام کشت زمستانه در ایستگاه‌های استان کرمان.

Figure 4. Probability occurrence of heat stress for winter cropping system of potato in all station of Kerman province.



شکل ۱- الگوی دوره رشد سیب‌زمینی در نظام‌های کشت پاییزه و زمستانه در ایستگاه همدیدی جیرفت.

Figure 1. Growing period pattern of potato for autumn and winter cropping systems in Synoptic Jiroft station.



شکل ۳- تعداد روز برای شاخص روز فیزیولوژیک در نظام کشت زمستانه در ایستگاه‌های استان کرمان.

Figure 3. The number of physiological days for winter cropping system of potato in all station of Kerman province.

۱- ایستگاه‌های لاله زار، شهداد و زرنند به دلیل این‌که دوره داده‌های مشترک آن‌ها کمتر از ۱۸ سال بود، در محاسبات مورد استفاده قرار نگرفتند.

جدول ۳- ضرایب رگرسیون خطی برآورد شده برای شاخص‌های اقلیمی کشاورزی به‌عنوان عامل متغیر و ارتفاع (متر) به‌عنوان عامل ثابت.

Table 3. Linear regression coefficients which estimated for agroclimatic indices as variable factor and elevation (m) as fixed factor.

شاخص‌های اقلیمی کشاورزی Agro climatic indices	ضرایب Coefficients	برآورد Estimated	انحراف معیار Standard error
	b_1	-0.1062	0.004558
طول دوره رشد (روز)	b_0	199.91	6.379051
Length of growing period (day)	ضریب تبیین (R^2)	0.99***	
	b_1	-0.10506	0.011081
شاخص روز فیزیولوژیک (روز)	b_0	190.8028	25.40902
Physiological days index (day)	ضریب تبیین (R^2)	0.95***	
	b_1	-0.00019	2.99E-05
احتمال وقوع تنش گرما (درصد)	b_0	0.297709	0.039705
Heat stress risk (%)	ضریب تبیین (R^2)	0.88**	
	b_1	0.049	0.0047
احتمال وقوع تنش سرما (درصد)	b_0	-2.48	7.193295
Chilling stress risk (%)	ضریب تبیین (R^2)	0.93***	
	b_1	0.00049	5.48E-05
احتمال وقوع تنش یخ‌زدگی (درصد)	b_0	-0.1951	0.079217
Frost stress risk (%)	ضریب تبیین (R^2)	0.91***	

b_1 : شیب خط و b_0 : عرض از مبدأ معادله خطی ($Y=b_1X+b_0$) است.

معنی‌دار در سطح کمتر از ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح کمتر از ۰/۰۰۱.

*** Significant Pvalue<0.001, ** Significant Pvalue<0.01.

تناسب اقلیمی کشت زمستانه سیب‌زمینی: نتایج تعیین ضرایب وزنی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (جدول ۵) انجام شد، با توجه به دستورالعمل این روش، هر یک از شاخص‌ها بر اساس نیازهای اکولوژیک و سازگاری فیزیولوژیک سیب‌زمینی به ۹ کلاس طبقه شد (جدول ۴)، سپس ارزش وزنی هر لایه با استفاده از نرم‌افزار AHP که به‌صورت یک اکستنشن در بسته نرم‌افزاری ArcGIS9.3 قرار می‌گیرد محاسبه گردید (جدول ۵).

نتایج نشان داد مهمترین عوامل تعیین‌کننده در تناسب اقلیمی کشاورزی برای نظام کشت زمستانه به‌ترتیب، روز فیزیولوژیک، تنش یخ‌زدگی، تنش سرما و تنش گرمای بهاره (در مرحله حجیم شدن غده) است. دقت وزندهی بر اساس ضریب پایداری برای ارزش‌های تعیین شده وزنی ۰/۰۳۵ بود که نشان‌دهنده دقت بسیار خوب مدل ارایه شده می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۴- طبقه‌بندی شاخص‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی اقلیمی - کشاورزی سب‌زمینی در نظام زراعی کشت زمستانه.

Table 4. Classifying of indices which used for agroclimatic zoning of potato winter cropping system.

معیار index	1	2	3	4	5	6	7	8	9
طول دوره رشد (روز) Length of growing period (days)	ناحیه‌ها Zones	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	>140
درصد مساحت Area percentage	<70	1.7	2.1	2.3	2.7	3.6	4.6	6.8	25.3
شاخص روزهای فیزیولوژیک (روز) Physiological days index (days)	ناحیه‌ها Zones	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
درصد مساحت Area percentage	<70 days	1.7	1.9	2.4	2.6	3.4	4.5	6.5	26.5
ریسک وقوع تنش گرما (درصد) Heat stress risk (%)	ناحیه‌ها Zones	10-12%	12-14%	14-16%	16-18%	18-20%	20-22%	22-24%	24-25%
درصد مساحت Area percentage	<10%	4	8.5	8	8.7	6	4.3	3.2	57.1
ریسک وقوع سرما (درصد) Chilling stress risk (%)	ناحیه‌ها Zones	22-24%	20-22%	18-20%	16-18%	14-16%	12-14%	10-12%	<10%
درصد مساحت Area percentage	>24%	3.6	3	3.1	3.6	3.5	2.6	2.6	1.2
ریسک وقوع یخ‌زدگی (درصد) Frost stress risk (%)	ناحیه‌ها Zones	18-20%	16-18%	12-16%	10-12%	8-10%	6-8%	4-6%	0-4%
درصد مساحت Area percentage	>20%	1.3	1.4	1.6	1.9	2	2.3	2.9	28.3
شیب (درصد) Slope (%)	ناحیه‌ها Zones	14-15%	12-14%	10-12%	8-10%	6-8%	4-6%	2-4%	0-2%
درصد مساحت Area percentage	>15%	1.4	3.5	4.7	3.2	4.1	5.6	21.3	34.6

نتایج حاصل از همپوشانی لایه‌های فوق نقشه تناسب اقلیمی استان برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی را نشان می‌دهد شکل (۱۱). به‌طور کلی بر اساس نتایج این پژوهش نزدیک به ۵۲/۱ درصد از اراضی در کلاس نامناسب قرار گرفتند.

جدول ۵- ضرایب لایه‌های مورد استفاده در تعیین مناطق مناسب کشت زمستانه سیب‌زمینی به روش تحلیل سلسله مراتبی.

Table 5. Coefficients estimated based on hierarchy analytical process (AHP) method which used in order to determine suitable regions for winter planting of potato.

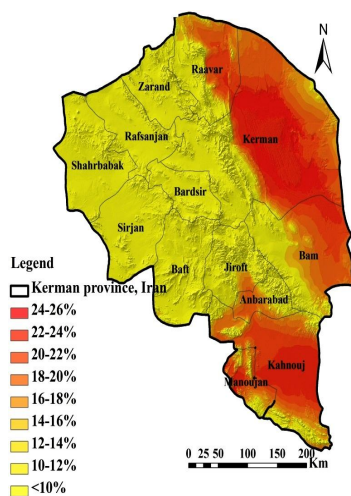
Risk of heat stress	احتمال وقوع تنش گرما	0.138
Physiological days index	شاخص روزهای فیزیولوژیک	0.4206
Slope	شیب	0.0439
Chilling stress risk	احتمال وقوع تنش سرما	0.1947
Frost stress risk	احتمال وقوع تنش یخ‌زدگی	0.2028
Consistency ratio یا	ضریب پایداری CR	0.035

ضریب پایداری (CR) کمتر از ۰/۱ قابل قبول است (Saaty et al., 1972)

Consistency ratio is acceptable if $CR < 0.1$ (Saaty et al., 1972)

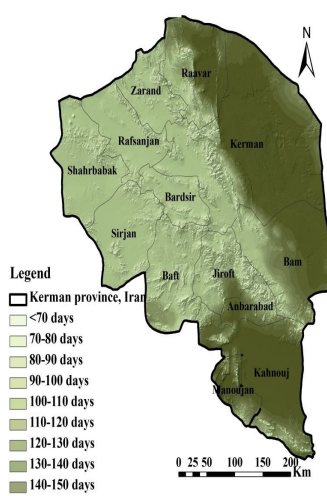
این ناحیه که در شکل ۱۱ به رنگ قرمز مشخص شده، بیشتر مناطق مرتفع مرکزی، مناطق غربی و شمالی استان را شامل شده است. تقریباً ۷/۲ درصد از کل استان در کلاس ضعیف، ۷/۷ درصد در کلاس متوسط، ۱۱/۱ درصد در کلاس نسبتاً خوب و ۲۱/۹ درصد در کلاس خوب قرار گرفته‌اند (شکل ۱۱). در واقع فقط قسمت‌هایی از مناطق جنوبی و شرقی استان از لحاظ اقلیمی قابلیت توسعه نظام کشت زمستانه را دارند. تعیین ارزش لایه‌ها در این مطالعه بر اساس روش AHP انجام گرفت، کاظمی پشت مساری و همکاران (۲۰۱۲)، بیدادی و همکاران (۲۰۱۴) نیز ارزش لایه‌ها در ارزیابی اراضی را با استفاده از روش AHP تعیین نمودند (۴ و ۱۶). در پژوهشی دیگر تعیین میزان تأثیر لایه‌ها یا شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی تناسب اراضی بر اساس روش بولین انجام گرفته است (۱۷). در این پژوهش ارزیابی اقلیمی کشاورزی نظام کشت زمستانه با رویکردی نسبتاً جدید و کاربردی با تأکید بر الگوی رشد ارائه شده است. فائو (۱۹۹۶) تعیین دوره رشد را به‌عنوان بک عامل کلیدی در ارزیابی تناسب اقلیمی گیاهان زراعی بر اساس آستانه‌های دمایی با استفاده از میانگین آمار بلندمدت در سیستم‌های آبی و آستانه‌های رطوبتی و دمایی به‌صورت توأم را برای سیستم‌های دیم پیشنهاد کرد (۱۲)

و ۱۳)، کاتک و همکاران (۲۰۰۶) نیز ارزیابی دوره رشد را با استفاده از میانگین سالیانه دما، حداقل و حداکثر دما در سردترین و گرم‌ترین ماه سال، بارش تجمعی سالیانه و برخی آستانه‌های رطوبتی انجام داد (۱۸). با توجه به اهمیت ریسک یا خطر وقوع تنش‌های دمایی در نظام زراعت آبی و تنش‌های رطوبتی در نظام‌های زراعت دیم، در نظر گرفتن شاخص‌های احتمال سازگاری نظام دوره رشد را با دقت بیشتری نشان می‌دهد. نادلر (۲۰۰۷) از شاخص‌های احتمال وقوع تنش‌های دمایی و رطوبتی برای ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی بهره برد (۲۱). در این پژوهش تناسب اقلیمی کشاورزی بر اساس تلفیقی از شاخص‌های فوق انجام گرفت، به طوری که الگوی دوره رشد بر اساس روش فائو، تأمین نیازهای دمایی و فتوسنتزی بر اساس شاخص روز فیزیولوژیک و خطر وقوع تنش‌های دمایی ارزیابی گردید. به این ترتیب متخصصان کشاورزی می‌توانند تاریخ‌های مناسب کاشت و برداشت و سبب‌زمینی را با توجه به میزان خسارت احتمالی ناشی از تنش‌های اقلیمی را در هر منطقه تعیین نمایند.



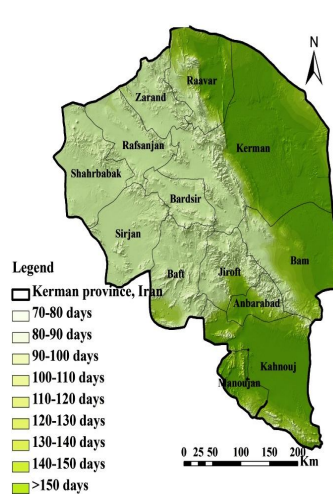
شکل ۷- احتمال وقوع تنش گرمای بهاره برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی.

Figure 7. Probability occurrence of spring heat stress for winter cropping system of potato.



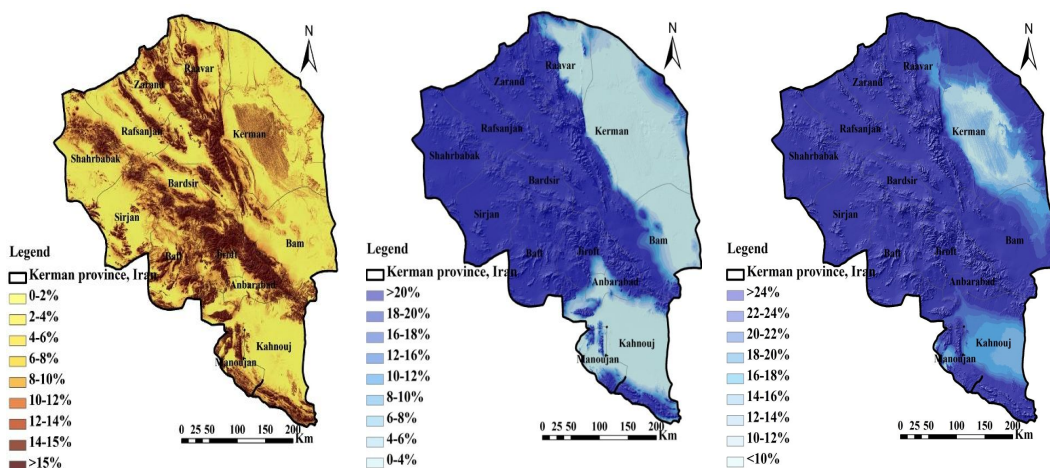
شکل ۶- تعداد روز فیزیولوژیک برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی.

Figure 6. Numbers of physiological days for winter cropping system of potato.



شکل ۵- طول دوره رشد برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی.

Figure 5. Length of growing period for winter cropping system of potato.

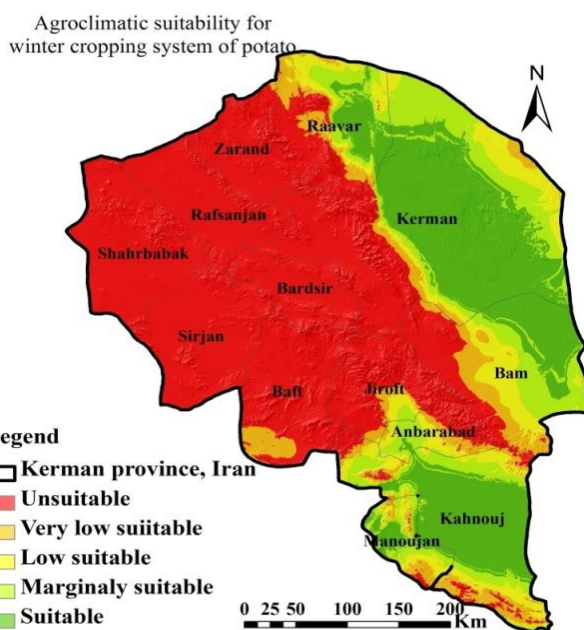


شکل ۸- احتمال وقوع تنش سرما برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی. شکل ۹- احتمال وقوع تنش یخ‌زدگی برای نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی. شکل ۱۰- نقشه طبقه‌بندی شیب (بر حسب درصد) در منطقه مورد مطالعه.

Figure 10. Map of slope (%) classification in study area.

Figure 9. Probability occurrence of frost stress for winter cropping system of potato.

Figure 8. Probability occurrence of chilling stress for winter cropping system of potato.



شکل ۱۱- تناسب اقلیمی کشاورزی نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی در استان کرمان.

Figure 9. Agro climatic suitability for winter cropping system of potato in Kerman province.

نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش تناسب اقلیمی استان کرمان را برای توسعه نظام کشت زمستانه سیب زمینی مشخص کرد، به طوری که توزیع مکانی و زمانی الگوی دوره رشد و خطرات احتمالی اقلیمی تنش های حرارتی نیز مشخص شد. به طور کلی روش ها و معیارهای مختلف تعیین کننده سازگاری الگوی دوره رشد در این پژوهش، می تواند در سایر مطالعات مشابه نیز مورد استفاده واقع شود. همچنین محققین کشاورزی و متخصصین اصلاح نباتات نیز می توانند با توجه به شاخص های دوره رشد منطقه برنامه ریزی مناسبی جهت اصلاح ارقام مناسب برای نظام کشت زمستانه در منطقه داشته باشند.

سپاسگزاری

این مقاله از گزارش نهایی طرح پژوهشی ۷-۹۱-۲۸۲۶ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه جیرفت استخراج گردید، لذا از دانشگاه جیرفت جهت تأمین هزینه های این طرح تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Adibifard, N., Esfandiari, M., Hassanpour Avanj, S.R., and Baniabbass, Z. 2014. Zoning of Canola Cultivation Based on Climatic Temperature Needs Using of GIS in Golestan Province. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.* 2(4): 1226-1231. (In Persian)
2. Araya, A., Keesstra, S.D., and Stroosnijder, L. 2010. A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. *Agr. Forest. Meteorol.*, 150: 1057-1064.
3. Bagli, S., Terres, J.M., Gallego, J., Annoni, A., and Dallemard, J.F. 2003. Agro-Pedo Climatological Zoning of Italy, European Commission Directorate General Joint Research Center (ISPRA).
4. Bidadi, M., Kamkar, B., and Abadi, O. 2014. Zoning of Suitable Areas for Soybean Cropping in Qaresoo Basin Using Geospatial Information Systems (GIS). *EJCP.*, 7(2): 175-187. (In Persian)
5. Bishnoi, O.P. 2010. *Applied Agroclimatology*. Oxford book company. Jaipur, India. 540p.
6. Caldiz, D.O., Haverkort, A.J., and Struik, P.C. 2002. Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina. *Agr. Syst.*, 73: 297-311.
7. Cheraghi, H. 2013. Agro climatic suitability of rain fed Chick pea (*Cicer arietinum*) using growth length index and geographical information system in

- Kurdistan province. A Thesis Submitted for the Degree of MSc. Department of Agriculture. University of Zabol. Iran. 150p. (In Persian)
8. Cheraghi, R. 2013. Agro climatic suitability of rain fed Canola using growth length index and geographical information system in Khuzestan province. A Thesis Submitted for the Degree of MSc. Department of Agriculture. University of Zabol. Iran. 120p. (In Persian)
 9. Darini, A., Fathi, G., Gharineh, M.H., Alami-Saeid, K., Khodadadi, M., and Siadat, S.A. 2013. Effect of planting date and application of anti-freeze on tuber yield and some physiological traits of potato cultivars in autumn planting in jiroft region of Iran. *Seed. Plant Prod. J.*, 29(4): 443-459. (In Persian)
 10. DePauw, E., Mirghasemi, Ghaffari, A., and Nseir, B. 2008. Agro ecological zones of Karkheh River Basin: A reconnaissance assessment of climatic and edaphic patterns and their similarity to areas inside and outside the basin. Technical Report, ICARDA. 96p.
 11. Ewing, E.E. 1981. Heat stress and the tuberization stimulus. *Amer. Potato.*, 1(58): 31-49.
 12. FAO. 1996. Guidelines: Agro ecological zoning. FAO. Soils Bultin 73. FAO. Rome. 89p.
 13. Ghaffari, A. 2008. Agroclimatic zoning of Iran, Rainfed crop production areas with particular emphasis to agro ecological characterization. Report, Agricultural Extension, Education and Research Organization (AEERO), Dry land Agricultural Research Institute (DARI). ICARDA Technical Report. 214p.
 14. Haverkort A.J., and MacKerron D.K.L. 1995. *Potato Ecology and Modelling of Crops under Conditions Limiting Growth*. Springer-Science Business Media, B.V. 371p.
 15. Hollinger, S.E. 2003. "Chapter 1. Agricultural climatology." In *Illinois Agronomy Handbook: 23rd edition*. Champaign, IL: University of Illinois Agricultural Extension Service, Pp: 1-21.
 16. Kazemi Poshtmazari, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataee, Sh., and Sadeghi, S. 2012. Agroecological zoning of agricultural lands in Golestan province for canola cultivation by Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP). *EJCP.*, 5(1): 123-139. (In Persian)
 17. Kazemi, H. 2014. Agro ecological zoning of Gorgan agricultural lands for hullless barley cropping base on Boolean logic. *EJCP.*, 6(4): 165-185. (In Persian)
 18. Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., and Rubel, F. 2006. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated, *Meteorol. Z.* 15(3): 259-263.
 19. Marinoni, O. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, *Comput. Geosci.*, 30(6): 637-646.
 20. McCoy, J., Johnston, K., Kopp, S., Borup, B., Willison, J., and Payne, B. 2002. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI, New York. 238p.

21. Nadler, A.J. 2007. An agro climatic risk assessment of crop production on the Canada Prairies. A Thesis Submitted for the Degree of MSc. Department of Soil Science. University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba., 251p.
22. Neamatollahi, E., Bannayan, M., Jahansuz, M.R., Struik, P., and Farid, A.R. 2012. Agro ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province. Egypt. J. Remote Sens. Space Sci., 15: 99–112.
23. Ngai, E.W.T., and Chan, E.W.C. 2005. Evaluation of knowledge management tools using AHP. Expert Syst. Appl., 29(4): 889-899.
24. Nikzad, M. 2015. Agro ecological zoning of potato for autumn cropping system using WOFOST model and GIS in Kerman province. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran. (In Persian)
25. Prentice, I.C., Cramer, W., Harrison, S.P., Leemans, R., Monserud, R.A., and Solomon, A.M. 1992. A global biome model based on plant physiology and dominance, Soil properties and climate, J. Biogeo., 19: 117-134.
26. Rasco, E.T.J., Plaisted, R.L., and Ewing, E.E. 1980. Photoperiod response and earliness of *S. tuberosum* spp. *Andigena* after six cycles of recurrent selection for adaptation to long days. Am. J. Potato. Res. 1.57: 435-448.
27. Saaty, T.L. 1980. The Analytical Hierarchy Process, Pinning Priority, Resource Allocation”, RWS Publication, USA.
28. Saaty, T.L. 1986. Axiomatic foundation of analytical hierarchy process. Manag. Sci. 32(7): 841-855.
29. Saaty, T.L. 1994. Highlights and critical points in the theory and application of the analytical hierarchy process. Eur. J. Oper. Res. 74: 426-447.
30. Salmeron, J.L. 2005. An AHP based methodology to rank critical success factors of executive information systems. Comput. Stand. Inter., 28(1): 1-12.
31. Sands, P.J., Hackett, C., and Nix, H.A. 1979. A model of the development and bulking of potato (*Solanum tuberosum*) derivation from well managed crop. Field Crop Res., 2: 309-331.
32. Sarparast, R., and Mashayekhi, K. 2014. Heat unit evaluation of potato genotypes for determining different maturity groups in Gorgan region. EJCP., 7(3): 123-143. (In Persian)
33. Seppänen, M.M. 2000. Characterization of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (Dun.) With special reference to the relationship between freezing and oxidative stress. Appendices. A Thesis Submitted for the Degree of MSc. Department of Plant Production. University of Helsinki Finland, 55p.
34. Snyder, R.G., and Ewing, E.E. 1989. Interactive effects of temperature, photoperiod, and cultivar on tuberization of potato cuttings. Hort. Sci., 24: 336-338.
35. Solaimani, N., Ashori, Z., Moalemi, M., Karimzadeh, S., Azimzade, S. 2015. The Role of Climate and climatic factors on crop zoning agroclimatic sunflower

- cultivation in Hamedan province. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 2(4): 248-255. (In Persian)
36. Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, M.J., Robertson, B., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. *Field Crops Res.*, 99: 1-13.
37. Sun, W., and Huang, Y. 2011. Global warming over the period 1961–2008 did not increase high-temperature stress but did reduce low-temperature stress in irrigated rice across China. *Agr. Forest Meteorol.*, 151(9): 1193–1201.
38. Supit, I., Van Diepen, C.A., De Wit, A.J.W., Wolf, J., Kabat, P., Baruth, B., and Ludwig, F. 2012. Assessing climate change effects on European crop yields using the Crop Growth Monitoring system and a weather generator. *Agr. Forest Meteorol.*, 164: 96–111.
39. Taati, A., Sarmadian, F., Mousavi, A., and Rahmani, A. 2015. Agro-ecological zoning for cultivation of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) using RS and GIS. *Sci. Agri.*, 9(2): 93-100.
40. UNESCO. 1979. Map of the World Distribution of Arid Regions, Map at Scale 1:25,000,000 with Explanatory Note. UNESCO, Paris, ISBN: 92-3-101484-6, 54p.
41. Van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N.D., Claessens, L., Van Ittersumb, M., and Cassman, K.G. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. *Field Crops Res.*, 143: 44–55.
42. Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milnera, M., and Cassman, K.G. 2013b. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Res.*, 143: 34–43.
43. Wheeler, R.M., and Tibbetts, T.W. 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space: I-Cultivar-photoperiod interactions. *Am. Potato. J.*, (63): 315-323.
44. Wolf, J., and Van Oijen, M. 2002. Modelling the dependence of European potato yields on changes in climate and CO₂. *Agr. Forest Meteorol.*, 112 (3-4): 217–231.
45. Yasari, T., Khoshhal, J., and Shahsavari, M.R. 2013. Planting dates zoning of safflower varieties in Esfahan province. *G.E.P.*, 49(1): 171-182. (In Persian)

