نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۹۳-۷۷۷

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 777-793

امکان‌سنجی کشت چاودم (*Tritico secale* wittmack. X) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

مارال نیازمرادی[۱]، حسین کاظمی[۲*] و فرشید قادری‌فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

نیاز مرادی، م.، کاظمی، ح.، و قادری‌فر، ف. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی کشت چاودم (*Tritico secale* wittmack. X) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۷۷-۷۹۳.

چکیده

شناسایی استعداد و توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف کشاورزی به‌منظور حفظ منابع محیطی و تولید پایدار محصولات در راستای توسعه پایدار و همه جانبه در مناطق مختلف، ضروری به‌نظر می‌رسد. به منظور امکان‌سنجی کشت گیاه تریتیکاله (چاودم) (*Tritico secale* wittmack. X) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان، از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. متغیرهای مختلف محیطی از جملهبارش (سالانه، بهاره، پاییزه و دوره رشد) و دما (کمینه، بیشینه و متوسط در دوره‌های سالانه و طول فصل رشد)، توپوگرافی (جهت شیب، شیب و ارتفاع از سطح دریا) و عوامل خاکی (ماده‌آلی، حاصل‌خیزی، اسیدیته، شوری و بافت)با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و کلاسیک مورد ارزیابی قرار گرفته و مقادیر و پراکنش آن‌ها در سطح اراضی شهرستانگرگان تخمین و برآورد شد. سپس این لایه‌های رقومی بر حسب جدول نیازهای بوم‌شناختی تریتیکاله طبقه‌بندی شد. پس از اختصاص وزن به هر لایه، تلفیق و هم‌پوشانی وزنی آن‌ها در محیط ArcGISانجام گرفت و لایه نهایی در چهار پهنه بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیرمستعد جهت کشت تریتیکاله طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار (۴۴/۹۲ درصد) از اراضی کشاورزی شهرستان در طبقه بسیار مستعد (S_1) قرار می‌گیرند. از خصوصیات این پهنه می‌توان به حاصل‌خیزی خوب، ماده آلی بالاتر از دو درصد، ارتفاع کم‌تر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، جهت‌های شیب مطلوب، شیب‌های ۴-۰ درصد، مقدار و توزیع بهینه بارش و دما در این منطقه نام برد. پهنه‌های مستعد (S_2)، نیمه مستعد (S_3) و غیرمستعد (NS) به‌ترتیب ۱۷۲۱۹/۴۰۵، ۱۱۸۳۳/۲۵۵ و ۶۲۱۷/۴۰۱ هکتار برابر ۲۶/۸۹، ۱۸/۴۸ و ۹/۷۱ درصد از اراضی کشاورزی شهرستان را به خود اختصاص دادند. جهت‌های شیب نامطلوب، ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ سطح دریا، کاهش کیفیت حاصل‌خیزی خاک، افزایش درصد شیب به‌سمت مناطق مرتفع جنوبی و بارش اندک به‌خصوص بارش بهاره در بخش‌های شمالی، عوامل محدود کننده کشت در این پهنه‌ها بودند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی بوم‌شناختی،زمین‌آمار، AHP

مقدمه

نقش گیاهان علوفه‌ای در تغذیه دام، مصرف طیور و تأمین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی از اهمیت غیرقابل انکاری برخوردار است. با این وجود در کشور ما به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر محصولات زراعی کم‌تر توجه شده است. به‌این ترتیب از یک سو، عدم توجه لازم به افزایش کمی و کیفی علوفه، موجب کمبود گوشت و مواد لبنی شده و از سوی دیگر، فشار دام بر مراتع طبیعی، به نابودی بخش بزرگی از پوشش گیاهی موجود و در نتیجه فرسایش خاک منجر گردیده است. بنابراین، توجه به کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی در کشور که با رشد بیرویه جمعیت و کمبود مراتع غنی روبه‌رو است، اهمیت خاصی دارد. با توجه به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، اگرواکولوژی، استادیار و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email:hossein_k_p@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51194

استقرار کشور ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه خشک، لزوم بهره‌برداری از گیاهانی با درجه سازگاری بالا به اقلیم و شرایط خاکی کشور و با درصد پروتئین بالا برای تأمین علوفه مورد نیاز دام و طیور، بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین، کشت محصولات علوفه‌ای با حداقل نیاز آبی، راه حل مناسبی جهت افزایش تولیدات دامی کشور می‌باشد (Sharifi Jahantigh & Abbasi, 2009).

تریتیکاله (*Tritico secale* wittmack. X) یا چاودم غله هیبرید اصلاح شده جدیدی است که از تلاقی گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereale* L.) به‌دست‌آمده است. این گیاهیکی از محصولات ساخته دست بشر است که از عمر آن تنها حدود یک‌صد سال می‌گذرد و سازگاری به شرایط سخت محیطی از جمله سرما، خشکی و مقاومت به بیماری‌ها را از پایه پدری خود یعنی چاودار و خصوصیات مطلوب زراعی، پتانسیل تولید محصول و کیفیت دانه را از پایه مادری خود یعنی گندم به ارث برده است.گزارش‌ها حاکی از برتری نسبیچاودمنسبت به گندم در شرایط رطوبتی، به علت ظهور زودتر سنبله‌ها، توانایی بیش‌تر سیستم ریشه‌ایآن در جذب آب و درصد بیش‌تر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دانه می‌باشند (Fettel, 1993). برتری چاودم در شرایط تنش رطوبتی نسبت به گندم دوروم حدود ۳۹ درصد و نسبت به گندم معمولی ۱۰ درصد گزارش شده است (Majnon Hosseini, 2011). آب مورد نیاز زراعت چاودمکم‌تر از گندم می‌باشد، ولی کارایی استفاده از آب در آن بالاست، به‌طوری‌که از قابلیت رشد و مقاومت بیش‌تری برخوردار بوده و برای شرایط آب و هوایی خشک و پهنه‌های نامناسب، توصیه شده است (Emam, 2011). طبق آخرین آمار انتشار یافته در سال ۲۰۱۳، سطح زیر کشت و تولید جهانی چاودمبه‌ترتیب معادل ۳/۸۵ میلیون هکتار و ۱۴/۵۹ میلیون تن گزارششده است (FAO, 2013). لذابا توجه به وجود قابلیت بالای عملکرد در تریتیکاله‌های جدید و نیز متحمل بودن این گیاه به بیماری‌ها از جمله زنگ زرد و قهوه‌ای و سپتوریا، همچنین کم‌توقع بودن آن نسبت به گندم از نظر حاصلخیزی خاک و قابلیت گوارش بالای پروتئین آن نسبت به چاودار، تحقیقات به نژادی و به‌زراعی این محصول حایز اهمیت است. با توجه به اهمیت تنش‌های غیرزنده (خشکی و شوری) در مناطق مختلف کشور، این گیاه گزینه مناسبی برای استفاده بهینه از اینزمین‌ها و تأمین نیاز علوفه‌ای کشور می‌باشد (Tajalli & Saberi, 2011).

مهم‌ترین چالش جهان امروز، امنیت غذایی و تأمین این نیاز اولیه انسان است (Essiet, 2001). این بحران موجب تشدید مشکلات زیست‌محیطی و بوم‌شناختی شده است، زیرا از یک سو در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه، فشار جمعیت و فقر جوامع کشاورزی باعث کاهش سرانه تولید و فشار هرچه بیش‌تر به منابع شده است و از سوی دیگر، در کشورهای توسعه یافته، نظام‌های کشاورزی به‌علت کوچک شدن ساختار کشاورزی، برای تولید غذای کافی به فناوری‌ها و راهکارهایی متکی شده‌اند که بوم ناسازگار هستند (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). برای جلوگیری و ممانعت از پیش‌روی این مشکلات، شناسایی استعداد و توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف کشاورزی به منظور حفظ منابع محیطی و تولید پایدار محصولات در راستای توسعه پایدار و همه جانبه در مناطق مختلف، ضروری به نظر می‌رسد (Kazemi et al., 2012a).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[۱]) یکی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیار چندگانه است که توسط توماس ال ساعتی (۱۹۸۶، ۱۹۹۲) معرفی شد و در برگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی می‌باشد، به‌طوری‌که این روش از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه، برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Ghdsipoor, 2012).

در پهنه‌بندی زمین‌های کشاورزی استان گلستان جهت کشت کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ۲۱/۳۴ درصد (۱۶۷۶۹۳/۵۶ هکتار) متعلق به مناطق بسیار مستعد، ۳۵/۰۴ درصد (۲۷۵۲۰۹/۴۰ هکتار) مناطق مستعد، ۲۹/۶۶ درصد (۲۳۳۱۰۱/۴۰ هکتار) مناطق نیمه‌مستعد و ۱۳/۹۶ درصد (۱۰۹۷۴۹/۶۲ هکتار) مناطق غیرمستعد در نظر گرفته شد (Kazemi et al., 2012b). در مطالعه دیگری ۲۷/۵۹ و ۲۷/۳۵ درصد از اراضی استان گلستان نیز برای تولید سویا در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار گرفتند اما زمین‌های کشاورزی قسمت‌های شمالی و شرقی این استان به‌دلیل میزان بارش و پتانسیل منابع آبی پایین، شوری و کمبود برخی عناصر غذایی، در طبقات نیمه مستعد و غیر مستعد واقع شدند (Kazemi et al., 2013). کامکار و مقدادی (Kamkar & Meghdadi, 2015) با بررسی تناسب اراضی استان-

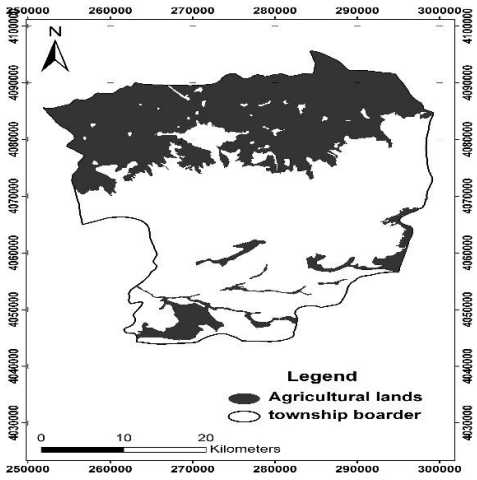
۱- Analytical Hierarchy Process

هـای خراسـان رضـوی، جنـوبی و شـمال بـرای کشـت زیـره سـبز (*Cuminum cyminum* L.) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و رهیافت مدل‌سازی، نشان دادند که پتانسیل تولید این گیاه در ایـن سه استان یکسان نبوده و براساس مدل به‌کار رفته، منـاطق جنـوبی، بخشی از مناطق مرکزی و شمالی اسـتان خراسـان شـمالی، قابلیـت بالایی در تولید زیره سبز دارند (۲/۵ تا سه تن در هکتار)، ولی پتانسیل تولید در خراسان رضوی و جنوبی به‌ترتیب کم‌تر از دو تا ۲/۵ و کم‌تر یا مساوی دو تن در هکتار می‌باشد. تناسب اراضی منطقه یوسوفلی در شهر آرتوین ترکیـه بـا اسـتفاده از فراینـد AHP، توسـط آکینچـی و همکاران (Akinci et al., 2013) نشان داد که پس از تفکیک زمین-های منطقه به مرتع، جنگل و منابع آبی، ۷/۹۳ درصد تحت پوشـش کشاورزی قرار گرفت که از این بـین ۰/۰۸ درصـد (۱۷۷/۸۷ هکتـار) برای کاربری کشاورزی بسیار مستعد، ۱/۵۵درصد (۳۵۷۸/۳۳ هکتار) نیمه‌مستعد و ۶/۳ درصد (۱۴۵۷۵/۹۱ هکتار) در پهنه حاشـیه و غیـر مستعد قرار داشتند. در ارزیابی تناسب اراضی بـرای تولیـد غـلات در منطقه هیماچال پـرادش هنـد، از عوامـل اقلیمـی (دمـا و بارنـدگی)، توپوگرافی (ارتفاع)، نوع خاک و پوشش‌گیاهی استفاده شـد و منـاطق مستعد و غیرمستعد برای کشت غلات مشخص شد (Bhagat et al., 2009).در ارزیابی تناسب اراضی استان شـاندونگ در چـین، اراضـی مستعد و غیر مستعد برای کشت تنباکو (*Nicotiana tabacum* L.) با استفاده قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های ارزیابی چند معیاره مشخص شد (Zhang et al., 2015).

با شناسایی مناطق مناسب و نامناسب برای کشت گیاهان زراعی، می‌توان زمینه توسعه سطح زیرکشت و تولیدپایدار را ایجاد کرده و یـا با اعمال مدیریت‌های صحیح، از نزول کیفیت و کمیت منابع محیطی مؤثر بر رشد جلوگیری کرد. هدف از انجام این مطالعه، پهنه‌بندی بوم-شناختی و تعیین مناطق بسیار مستعد تـا غیـر مسـتعد بـرای کشـت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان بر پایه تحلیل‌هـای مکانی در محیط GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعـه: شهرسـتان گرگـان بـا وسـعت ۱۶۱۶ کیلومتر مربع و با مختصات ۵۴ درجه و ۱۲/۹ دقیقه تـا ۵۴ درجـه و ۴۴/۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجـه و ۳۰/۶ دقیقـه تـا ۳۶ درجـه و ۵۸/۸ دقیقه عرض شمالی، در بخش جنوبی استان گلستان واقع شده و از شـمال بـه شهرسـتان‌هـای آق‌قـلا و بنـدرترکمن، از شـرق بـه شهرستان علی‌آبادکتول، از غرب به شهرستان کردکوی و از جنوب به استان سمنان محدود می‌شود. منطقه مورد بررسی، محـدوده اراضـی کشاورزی شهرستان گرگان انتخاب شد که با استفاده از لایه کاربری اراضی استان گلسـتان (آمـایش سـرزمین اسـتان گلسـتان) از دیگـر کاربری‌ها تفکیـک شـد (شـکل ۱). اقلـیم شهرسـتان گرگـان نیمـه مدیترانه‌ای است که از شمال به آب و هوای گرم و خشک و از جنوب به آب و هوای معتدل و مرطوب ختم می‌شود. مناطق غرب دارای آب و هوایی نیمه مرطوب است که با پیش‌روی به سمت شرق گرگان، از میزان رطوبت کاسته می‌شود.



شکل ۱- موقعیت اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 1- Location of agriculture lands of Gorgan township

تهیه نقشه‌های عوامل محیطی

عوامل اقلیمی: برای تهیه نقشه‌های دما و بارش محدوده مورد مطالعه، از داده‌های اقلیمی ۳۰ ایستگاه باران‌سنجی و هم‌دیدی مستقر درسطح استان گلستان از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ استفاده شد. متغیرهای اقلیمی بارش سالانه، بارش بهاره، بارش پاییزه، بارش دوره رشد، دمای بیشینه سالانه، دمای بیشینه دوره رشد، دمای متوسط سالانه، دمای متوسط دوره رشد، دمای کمینه سالانه و دمای کمینه دوره رشد مورد استفاده قرار گرفتند. براساس گیاه مورد مطالعه، طول دوره رشد از آبان تا تیرماه در نظر گرفته شد.

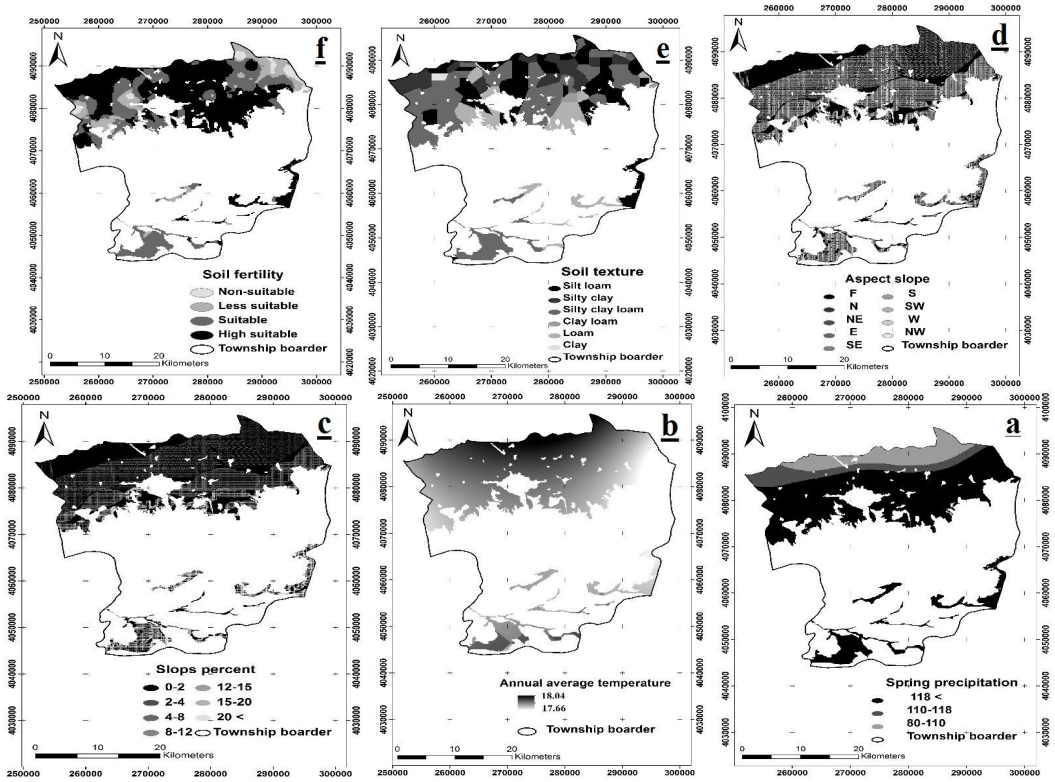
جدول ۱- نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی و مدل برتر برای تخمین متغیرهای مورد بررسی

Table 1- The results ofthe different methods ofinterpolationandsuperior modeltoestimatevariables

متغیر Variable	روش Method	مدل / توان Model/Powe
بارش سالانه Annual precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی Multiquadric
بارش پاییزه Autumn precipitation	فاصله معکوس وزن‌دار Inverse distance weighting(IDW)	توان ۳ Power 3
بارش بهاره Spring precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function(RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
بارش دوره رشد Growing season precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی Multiquadric
دمای بیشینه سالانه Annual maximum temperature	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
دمای بیشینه دوره رشد Maximum temperature in growing season	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
دمای متوسط سالانه Annual average temperature	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
دمای متوسط دوره رشد Average temperature in growing season	فاصله معکوس وزن‌دار Inverse distance weighting (IDW)	توان ۲ Power 2
دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
دمای کمینه دوره رشد Minimum temperature in growing season	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
ماده‌آلی Organic matter	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
اسیدیته pH	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
شوری EC	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
فسفر P	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	دایره‌ای Circular
پتاسیم K	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی معکوس Inverse multiquadric

عوامل توپوگرافی: مدل رقومی ارتفاع[1] (DEM) استان گلستان در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه لایه‌های درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به‌کار گرفته شد. برای تهیه این لایه‌ها از تحلیل مکانی در محیط Arc GIS نسخه ۱۰ با استفاده از ابزار Surface analysis کمک گرفته شد.

1- Digital elevation model



شکل ۲- نقشه‌های (a) بارش بهاره، (b) دمای متوسط سالانه (c) درصد شیب، (d) جهت شیب، (e) بافت خاک و (f) حاصل‌خیزی خاک در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

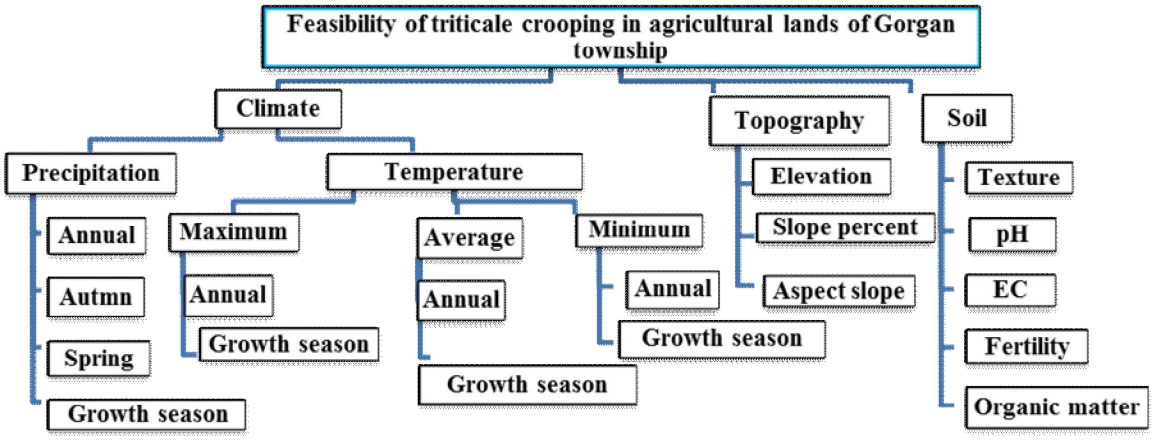
Fig. 2- Maps of (a) spring precipitation (b) annual average temperature (c) slops percent (d) slope aspect (e) soil texture and (f) soil fertility in agriculture lands of Gorgan township

عوامل خاکی: به منظور تهیه لایه‌های رقومی خاک برای منطقه مورد مطالعه، اطلاعات و داده‌های خام ۲۰۰ نقطه از زمین‌های کشاورزی واقع در اطراف شهرستان گرگان، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان-بخش خاک و آب دریافت شد. این نمونه‌برداری‌ها از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به وسیله متـه (اوگر) در سال ۱۳۸۸ صورت گرفت. تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها، مقادیر متغیرهای هدایت الکتریکی (EC)، درصد کربن آلی، اسیدیته، فسفر و پتاسیم را مشخص نمود. از روش تیسن[۲] برای تهیه لایه بافت خاک اراضی کشاورزی منطقه استفاده شد (Kazemi, 2013). برای تهیه نقشه حاصل‌خیزی در سطح اراضی کشاورزی شهرستان، مطابق روش اعمی ازغدی و همکاران (Aami Azghadi et al., 2010) از لایه‌های پتاسیم، فسفر و ماده‌آلی خاک استفاده شد. مدل‌های برتر برای درون‌یابی لایه‌های اقلیمی و خاکی در جدول ۱ آورده شده است. این مدل‌ها براساس کمترین مقدار شاخص‌های آماری خطای برآورد، میانگین انحراف از خطا، میانگین مطلق خطا و انحراف استاندارد عمومی انتخاب شدند.در ادامه برخی از لایه‌های عوامل محیطی مؤثر بر امکان‌سنجی کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی گرگان آمده است (شکل ۲).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP): با توجه به این‌که عوامل محیطی ذکر شده برای انجام تناسب اراضی، دارای اهمیت و ارزش یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و رعایت اولویت بین متغیرها، لازم بود تا اهمیت نسبی هر عامل تعیین گردد. برای برآورد مقادیر اهمیت نسبی عوامل، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌کار گرفته شد. بدین منظور از معیارهای اقلیم، توپوگرافی و خاک استفاده گردید که هر کدام به زیر معیارها و گزینه‌های خود تقسیم شده و درخت سلسله مراتبی آن مطابق شکل ۳ ترسیم گردید.برای انجام این کار،

۲- Thiessen

پرسش‌نامه‌های AHPتهیه و تدوین شده و در میان متخصصین زراعت شهرستان گرگان و استان گلستان توزیع شده و توسط آنان تکمیل شد. مقایسه‌های زوجی این پژوهش در قالب ماتریس‌های زوجی و براساس طیف نه قسمتی ساعتی صورت گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج این پرسش‌نامه‌ها به وسیله نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۲۰۰۱ انجام و ارزش نسبی هر متغیر استخراج گردید.



شکل ۳- ساختار سلسه مراتبی عوامل مؤثر بر کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 3- Hierarchy structure of affecting factors on triticale cropping in agriculture lands of Gorgan township

نحوه امکان‌سنجی کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

برای مکان‌یابی اراضی گرگان برای کشت تریتیکاله و انطباق نیازمندی‌های محیطی آن با خصوصیات اراضی کشاورزی، از محیط Arc Map نسخه ۱۰ از مجموعه نرم‌افزارهای Arc GIS استفاده شد. ابتدا نیازهای زراعی-بوم شناختی گیاه زراعی مورد نظر با استفاده از منابع موجود تهیه و درجه‌بندی گردید (جدول ۲). این اطلاعات بوم‌شناختی و زراعی از منابع و اسناد کتابخانه‌ای، مقالات، گزارش نهایی طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌ها برای گیاه زراعی تریتیکاله تهیه شد. پس از تهیه این اطلاعات، کار درجه‌بندی آن‌ها بر اساس روش پیشنهادی سایز و همکاران (Sys et al., 1991) و غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2000) انجام شد. در ادامه لایه‌های رقومی متغیرهای مورد استفاده، براساس محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار طبقه‌بندی مجدد، براساس جدول نیازهای زراعی-بوم‌شناختی در چهارکلاس طبقه‌بندی شدند. در این حالت درجه‌های تناسب بسیارمستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیرمستعد، به‌ترتیب توسط اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ ارزش‌گذاری شدند. در مرحله بعد با استفاده از ابزار حسابگر شبکه‌ای، تمام لایه‌های ارزش‌گذاری شده، فراخوانی و با اختصاص وزن‌های AHP به هر کدام از متغیرها، کار تلفیق لایه‌ها انجام و سپس طبقه‌بندی گردید تا چهار پهنه بسیار مستعد تا غیر-مستعد برای کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان مشخص شود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نظرات متخصصین زراعت در خصوص رتبه‌بندی عوامل محیطی مؤثر بر کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان، نشان داد که عامل اقلیم با ارزش وزنی ۰/۶۳۹ و عوامل خاکی با ارزش ۰/۲۹۲ به‌ترتیب در اولویت‌های اول و دوم قرار گرفتند. همچنین عامل توپوگرافی به دلیل برخورداری از کم‌ترین میزان ارزش وزنی (۰/۰۶۹) به‌عنوان کم اهمیت‌ترین متغیر برای تعیین تناسب اراضی برای کشت چاودم شناخته شد (جدول ۳). در میان انواع بارش‌ها، بارش دوره رشد (ارزش ۰/۴۴۶) و بارش سالانه (ضریب ۰/۲۴۴) از نظر متخصصان در کشت تریتیکاله دارای اهمیت بیش‌تری بودند.

جدول ۲- نیازهای زراعی- بوم‌شناختی گیاه تریتیکاله (چاودم)

Table 2- Agro-ecological requirements of triticale

متغیر Variable	بسیار مستعد (S_1) High suitable (S_1)	مستعد (S_2) Suitable (S_2)	نیمه مستعد (S_3) Less suitable (S_3)	غیر مستعد (NS) Non Suitable (NS)
بارش سالانه (میلی‌متر) Annual precipitation (mm)	≥300	250 – 300	200 – 250	<200
بارش بهاره (میلی‌متر) Spring precipitation (mm)	>118	110 – 118	80 – 110	40 – 80
بارش پاییزه (میلی‌متر) Autumn precipitation (mm)	>100	80 – 100	60 –80	<60
بارش دوره رشد (میلی‌متر) Growing season precipitation	>250	200 – 250	100 – 200	<100
دمای بیشینه سالانه (سانتی‌گراد) Annual maximum temperature (°C)	20 – 25	25 – 30	30 – 35	>35
دمای بیشینه دوره رشد(سانتی‌گراد) Maximum temperature in growing season (°C)	15 – 20	20 – 25	20 – 32	>32
دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Annual average temperature (°C)	16 – 20	20 – 24 12 – 16	24 – 30 8 – 12	>30 <8
دمای متوسط دوره رشد (سانتی‌گراد) Average temperature in growing season (°C)	10 – 15	7 – 10 15 – 20	4 – 7	<4
دمای کمینه سالانه (سانتی‌گراد) Annual minimum temperature (°C)	9 – 14	6 – 9	4 – 6	<4
دمای کمینه دوره رشد (سانتی‌گراد) Minimum temperature in growing season (°C)	7 – 10	4 – 7	2 – 4	<2
ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	<1500	1500 – 2500	2500 – 3000	>3000
شیب (درصد) Slope (%)	0-4	4-8	8-12	>12
جهت شیب Aspect slope	بدون جهت- جنوب – جنوب‌شرقی Plateau, south and southeast	شرق – شمال‌شرقی East and northeast	جنوب‌غربی – شمال‌غربی Southwest and northwest	غرب – شمال West and north
بافت خاک Soil texture	لوم – لوم رسی – رسی – لوم رس سیلتی Loam , clay loam, clay, silty clay loam	شنی لومی – لوم رس شنی Sandy loam, sandy clay loam	لوم سیلتی – رسی شنی – رس سیلتی – شنی Silty loam, sandy clay, silty clay, sandy	سایر کلاس‌ها Other classes
اسیدیته pH	6 – 7.5	7.5 – 8 5.5– 6	8 – 8.5 5.5– 5	>8.5 <5
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	0-4	4-8	8-16	>16
حاصلخیزی خاک Soil fertility	بسیار خوب High suitable	خوب Suitable	ضعیف Less suitable	خیلی کم Very low
ماده آلی خاک (درصد) Organic matter (%)	≥2	1 – 2	0.5– 1	<0.5

از بین زیر معیارهای خاک، حاصل‌خیزی و ماده آلی خاک با وزن- های نسبی ۰/۳۷۵ و ۰/۳۱۲، از بیش‌ترین تأثیر و pH خاک از کم-

ترین اهمیت برخوردار بودند. درصد شیب (وزن نسبی ۰/۵۴۶) نیز در مقایسه با سایر عوامل توپوگرافی، نقش تعیین‌کننده‌تری در امکان-سنجی کشت تریتیکاله در اراضی گرگان داشته است. ضریب ناسازگاری تجزیه و تحلیل برابر ۰/۰۷ محاسبه گردید (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسات زوجی عوامل مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی استان گلستان برای تولید گندم، نشان داد که عوامل اقلیم، خاک و توپوگرافی به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۴۹۵، ۰/۳۶۵ و ۰/۱۳۸، مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین عوامل در تعیین نقاط مستعد تا غیرمستعد می‌باشند (Kazemi et al., 2015).

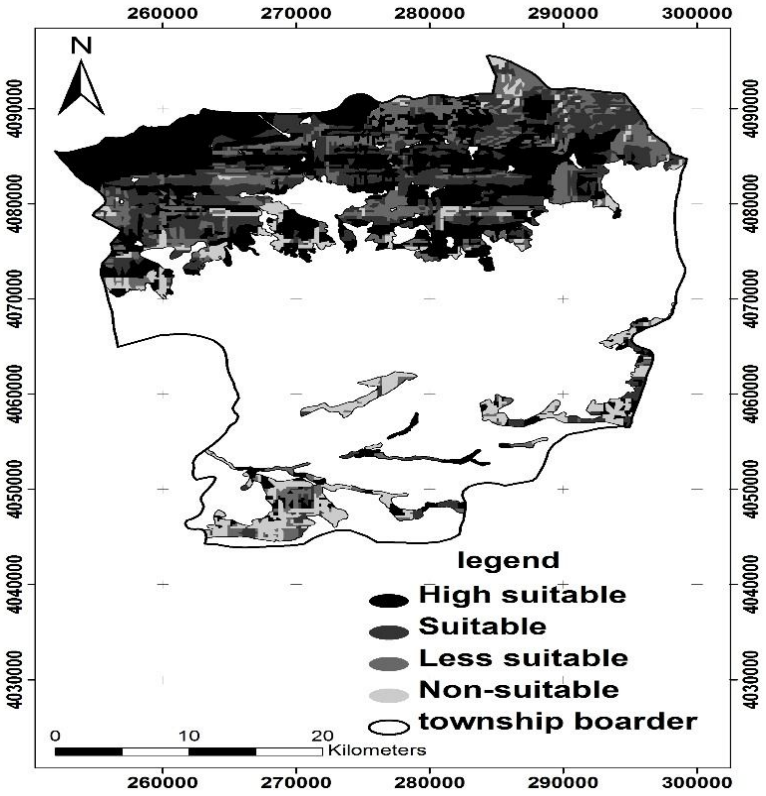
جدول ۳- نتایج AHP و ضریب‌های وزنی عوامل مؤثر بر امکان‌سنجی مکانی کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Table 3- The result of AHP and weights ratio of affected factors on spatial feasibility of triticale cropping in agriculture lands of Gorgan township

معیار Criteria	وزن Weight	رتبه Rank	زیر معیار ۱ Sub criteria 1	وزن Weight	رتبه Rank	زیر معیار ۲ Sub criteria 2	وزن Weight	رتبه Rank	زیر معیار ۳ Sub criteria 3	وزن Weight	رتبه Rank
اقلیم Climate	0.639	1	بارش precipitation	0.821	1	بارش سالانه Annual precipitation	0.344	2			
						بارش بهاره Spring precipitation	0.230	3			
						بارش پاییزه Autumn precipitatio	0.080	4			
						بارش دوره رشد Growing season precipitation	0.446	1			
			دما Temperature	0.179	2	دمای بیشینه Maximum temperature	0.301	2	دمای بیشینه سالانه Annual maximum temperature	0.197	2
									دمای بیشینه دوره رشد Maximum temperature in growing season	0.803	1
						دمای متوسط Average temperature	0.552	1	دمای متوسط سالانه Annual average temperature	0.205	2
									دمای متوسط دوره رشد Average temperature in growing season	0.795	1
						دمای کمینه Minimum temperature	0.147	3	دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature	0.224	2
									دمای کمینه دوره رشد Minimum temperature in growing season	0.776	1
توپوگرافی Topography	0.069	3	ارتفاع از سطح دریا Elevation	0.166	3						
			درصد شیبSlope	0.546	1						
			جهت شیب Aspect slope	0.288	2						
خاک Soil	0.292	2	بافت Texture	0.060	4						
			اسیدیته pH	0.047	5						
			هدایت الکتریکی EC	0.206	3						
			حاصل‌خیزی Fertility	0.375	1						
			ماده آلی Organic matter	0.312	2				ضریب ناسازگاری Inconsistency ratio		0.07

نتایج امکان‌سنجی مکانی کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

شکل ۴ میزان مطلوبیت و تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان را برای کشت تریتیکاله در چهار طبقه بسیارمستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیرمستعد نشان می‌دهد.



شکل ٤- نقشه امکان‌سنجی مکانی کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 4- Map of spatial feasibility of triticale cropping in agriculture lands of Gorgan township

طبقه بسیار مستعد (S_1) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

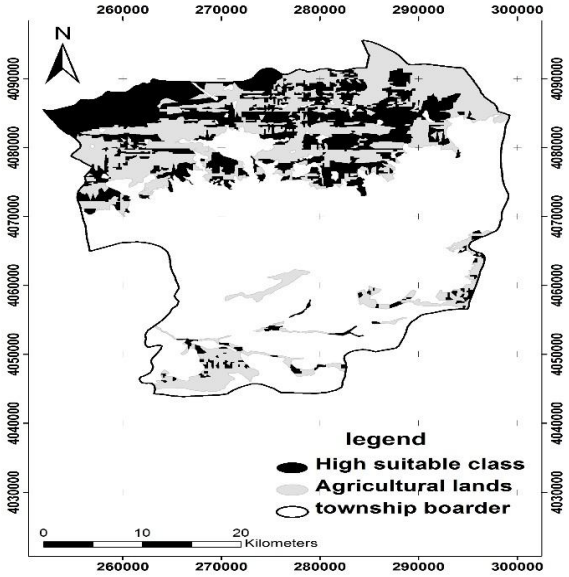
در این پژوهش با توجه به قابلیت تریتیکاله در تحمل شرایط نامساعد محیطی (خشکی، شوری و غیره) مشخص شدکه بیش‌ترین وسعت برابر ۴۴/۹۲ درصد از کلاراضی کشاورزی شهرستان معادل ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار، به طبقه بسیار مستعد برای کشت تریتیکاله تعلق دارد (جدول ۴). در این پهنه دستیابی به پتانسیل تولید ۱۰۰-۸۰ درصدی (Ghafari et al., 2000) امکان‌پذیر است. مناطق دارای این قابلیت، به‌صورت پراکنده در قسمت‌های مختلف اراضی کشاورزی منطقه و به‌خصوص در بخش‌های شمالی شهرستان قرار گرفته‌اند (شکل۵). با توجه به این‌که انواع متغیرهای بارش (به جز بارش بهاره) و دما شرایط مطلوبی برای کشت گیاهان زراعی ایجاد کرده و محدودیتی ندارند، لذا مشخص شد که عوامل خاکی و توپوگرافی نقش اساسی در طبقه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت تریتیکاله دارند. بر این اساس با بررسی انواع لایه‌های طبقه‌بندی شده متغیرهای محیطی و مقایسه آن‌ها با طبقه بسیارمستعد، مشخص شد که این پهنه دارای حاصل‌خیزی بسیار مستعد، درصد ماده آلی بالا، مقادیر مطلوب از عناصر فسفر و پتاسیم، شوری کم‌تر از چهار دسی زیمنس، ارتفاع از سطح دریای کم‌تر از ۱۵۰۰ متر، جهت‌های جغرافیایی بسیار مستعد (جنوب، جنوب‌شرقی و بدون جهت)، شیب ۴-

۰ درصد، بارش‌های کافی و مطلوب دوره‌های سالانه، فصل رشد و پاییزه می‌باشد.

جدول ٤- مساحت طبقه‌های تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

Table 4- Area suitable classes of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

طبقه‌ها Classes	مساحت (هکتار) Area (ha)	نسبت مساحت طبقه‌ها به کل اراضی کشاورزی شهرستان (درصد) Area classes/agricultural lands of township area (%)
طبقه بسیار مستعد (S_1) High suitable (S_1)	28758.959	44.92
طبقه مستعد (S_2) Suitable (S_2)	17219.405	26.89
طبقه نیمه مستعد (S_3) Less suitable (S_3)	11833.405	18.48
طبقه غیر مستعد (NS) Non suitable (NS)	6217.401	9.71



شکل ٥- طبقه بسیار مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

Fig. 5- High suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale

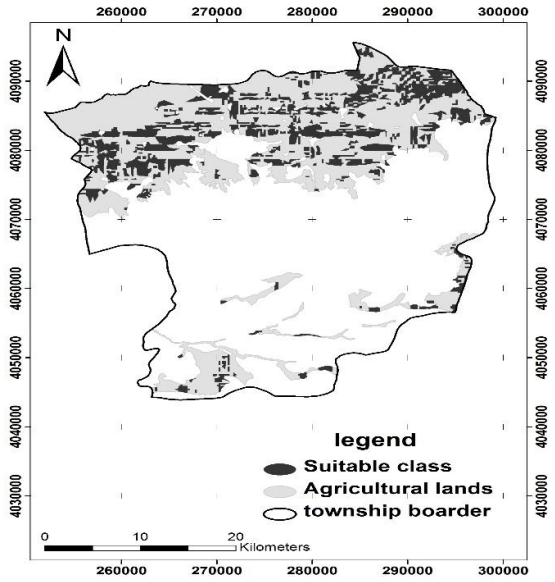
با توجه به‌این‌که عوامل غیرقابل کنترل (بارش و دما) در سطح شهرستان از شرایط مطلوبی برخوردار می‌باشند، لازم است برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در زمینه حفظ و بهبود عوامل خاکی به‌کار گرفته شوند. از آن‌جایی‌که این پهنه، تأثیرپذیری بیش‌تر از لایه حاصل‌خیزی خاک داشته است، می‌توان عوامل و عملیات زراعی مؤثر بر افزایش میزان ماده آلی، پتاسیم و فسفر را افزایش داد، از جمله استفاده از نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌همراه حفظ بقایای گیاهی و ممانعت از سوزاندن آن‌ها، جلوگیری از تک‌کشتی و اجرای تناوب‌های مناسب زراعی، استفاده از سامانه‌های چندکشتی و آگاهی بخشی از عواقب نظام‌های تک‌کشتی، کاربرد کودهای دامی و همچنین استفاده از کودهای زیستی حل کننده فسفات در این راستا توصیه می‌شود.

در پهنه‌بندی بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای تولید گندم توسط کاظمی و همکاران (Kazemi et al., 2015) ۲۳/۴۴ درصد (۱۸۴۲۴۳/۸۹ هکتار) از اراضی کشاورزی واقع در نوار مرکزی استان، در طبقه بسیار مستعد واقع شدند. بارش بالاتر از ۴۰۰ میلی‌متر در دوره رشد گیاه، ارتفاع از سطح دریا در محدوده ۱۰۰۰-۰ متر، شیب کمتر از چهار درصد، اسیدیته بین ۷/۵ – ۶/۵، میزان شوری پایین‌تر از چهار دسی زیمنس، درصد ماده آلی بین ۳-۲ درصد و کلاس‌های بافت مناسب، از ویژگی‌های این پهنه معرفی شد. آنان

با مقایسه مساحت این طبقه و مساحت اراضی کنونی زیر کشت گندم، امکان افزایش ۷/۶ درصدی سطح زیر کشت را گزارش دادند.

طبقه مستعد (S_2) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

شکل ۶ طبقه مستعد برای کشت تریتیکاله را در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان نشان می‌دهد. مطابق این شکل و جدول ۴، این طبقه ۱۷۲۱۹/۴۰۵ هکتار از اراضی کشاورزی را که در نوار میانی شهرستان واقع شده‌اند و به شکل پراکنده از غرب به‌سمت شرق و به‌ویژه شمال‌شرقی امتداد دارند، شامل می‌شود. مواد آلی بالاتر از دو درصد، کلاس بافت خاک مطلوب، اسیدیته مستعد در محدوده ۷/۹۷–۷/۵۵، هدایت الکتریکی مناسب خاک، از ویژگی‌های این پهنه می‌باشد. به نظر می‌رسد وجود جهت شیب مستعد (شرق و شمال شرقی) (شکل ۳، d) و اراضی شیب‌دار ۸–۴ درصد (شکل ۳، c)، منجر به تنزل این اراضی از طبقه بسیار مستعد(S_1) شده است.



شکل ٦- طبقه مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

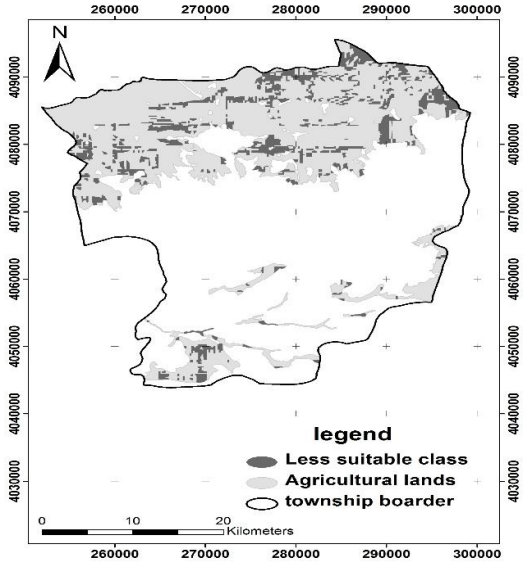
Fig. 5- Suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

برای حفظ این مناطق در طبقه مناسب و جلوگیری از کاهش کیفیت خصوصیات آن‌ها به طبقه نیمه مستعد، لازم است مدیریت زراعی در جهت استفاده و بهره‌گیری بهینه از اراضی شیب‌دار، جلوگیری از فرسایش و تخلیه مواد آلی خاک باشد. در این زمینه می توان به اقداماتی همچون کاربرد نظام تلفیقی کشاورزی–دامپروری، کشت گیاهان پوششی و کود سبز، گنجاندن بقولات در تناوب‌های زراعی، اجرای کشت مخلوط، جلوگیری از تشکیل رواناب و فرسایش آبی، استفاده از روش غله – مرتع، کاربرد نظام‌های بی خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی، کشت روی خطوط تراز و تراس بندی اراضی شیب‌دار اشاره کرد.در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت گیاه جو لخت با استفاده از روش بولین، به‌دلیل حدبردباری بالای این گیاه نسبت به شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی و شوری، سطح وسیعی از اراضی شهرستان (۴۶۳۹۶/۹۳ هکتار) در قسمت‌های شمالی و میانی منطقه در پهنه مستعد (مناسب) قرار گرفتند (Kazemi, 2013). بهاگت و همکاران (Bhagat et al., 2009) در ارزیابی زمین‌های هیماچال پرادش هند برای تولید غلات، نشان دادند که سطح زیر کشت واقعی گندم و جو در این منطقه به ترتیب ۳۶۲/۷ و ۲۵/۶ هزار هکتار است با توجه به اینکه نیازهای زراعی– بوم‌شناختی این دو گیاه در این مطالعه یکسان در نظر گرفته شده، نتایج بررسی آن‌ها سطح قابل کشت این گیاهان را برابر ۴۱۰ هزارهکتار برآورد کرد. در این پژوهش میزان بارش دما و ارتفاع از سطح دریا از عوامل محدود کننده شناخته شدند. امکان‌سنجی کشت یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata* L. Mill.) در شهرستان آق‌قلای استان گلستان، توسط نصراللهی و همکاران (Nasrolahi et

al., 2015) نشان داد که ۲۳/۱ درصد و ۴۷/۲ درصد از اراضی کشاورزی این شهرستان به دلیل برخورداری از مقدار بارش، حاصل‌خیزی خاک و توپوگرافی مطلوب، برای کشت یونجه یک‌ساله بسیار مستعد و مستعد هستند.

طبقه نیمه‌مستعد (S_3) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

نتایج حاصل از استعدادسنجی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت گیاه تریتیکاله نشان داد که ۱۸/۴۸ درصد از اراضی منطقه دارای تناسب نیمه مستعد (S_3) می‌باشد (جدول ۴). از ویژگی‌های این پهنه می‌توان به کلاس‌های بافت خاک نیمه مطلوب (رسی‌سیلتی و لومی‌سیلتی)، حاصل‌خیزی ضعیف خاک، کمبود عناصر فسفر و پتاسیم در اراضی شمالی و به‌خصوص شمال شرقی، توزیع نامناسب و مقدار ناکافی بارش بهاره (کم‌تر از ۱۱۸ میلی‌متر) در اراضی شمالی شهرستان اشاره کرد. علاوه بر نقش همه این عوامل در قرارگیری این مناطق در طبقه نیمه‌مستعد برای کشت تریتیکاله، متغیرهای توپوگرافی شامل شیب ۱۲-۸ درصد (شکل ۳، c) و جهت‌های جغرافیایی جنوبغربی و شمال‌غربی (شکل ۳، d)، می‌تواند از دلایل اختصاص این مناطق به این طبقه باشد. این وسعت ۱۱۸۳۳/۲۵۵ هکتاری در بخش‌های میانی، شرق و شمال‌شرقی، غرب و قسمت‌هایی از ارتفاعات جنوبی شهرستان واقع شده‌اند (شکل ۷).



شکل ۷- طبقه نیمه مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

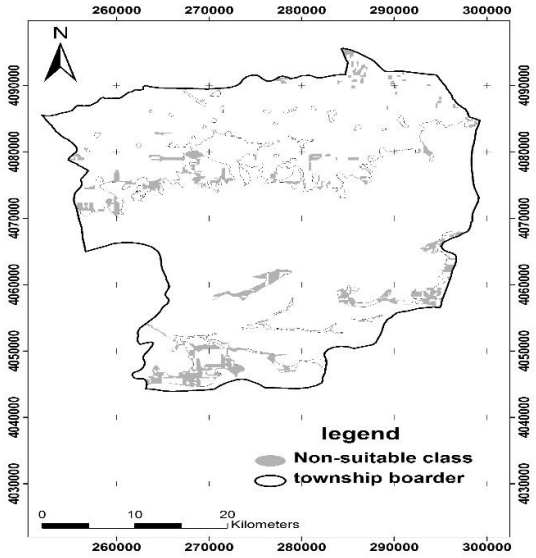
Fig. 7- Less suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

اصولاً جهت شیب، متغیری غیرقابل کنترل می‌باشد؛ بنابراین، باید سعی شود از کشت گیاهان در جهت‌های جغرافیایی نیمه مطلوب جلوگیری به‌عمل‌آید. همچنین از آن‌جایی‌که معمولاً شیب‌های بالاتر از ۱۲ درصد برای کشت گیاهان مناسب نبوده و مستعد فرسایش می‌باشند، کشت گیاهان چند ساله (به‌خصوص از خانواده بقولات) با ریشه‌های عمیق و نفوذپذیر (برای کاهش خاک‌ورزی و تخریب کم‌تر خاک)، اجرای نظام بیشه–زراعی، به‌کارگیری نظام تلفیقی کشاورزی–دامپروری، کشت درختان مثمر و غیر مثمر، تراس‌بندی اراضی و ایجاد مجاری انحرافی برای عبور روان آب در شیب‌ها، از جمله اقدامات مدیریتی است که برای ارتقاء این طبقه توصیه می‌شود. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم در حوزه قره سو (استان گلستان) توسط بیدادی و همکاران (Bidadi et al., 2015) نشان داد که هشت درصد (۷۳۱۶ هکتار) از اراضی قسمت‌های شمالی این حوزه (به‌دلیل دریافت بارش کم‌تر در طی سال، شوری زیاد و محدودیت‌های دمایی) در پهنه ضعیف برای کشت گندم قرار گرفته است. در مطالعه دیگری مناطق دارای تناسب ضعیف برای کشت گندم در استان گلستان، ۲۷/۸۶ درصد گزارش شد. از عوامل محدود کننده کشت گندم در این پهنه شوری بالا خاک، میزان اندک بارش،

محتوای پایین ماده آلی و کمبود عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی معرفی شد (Kazemi et al., 2015).

طبقه غیر مستعد (NS) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

با توجه به قابلیت تریتیکاله در تحمل و بردباری نسبت به عوامل محدود کننده محیطی در مقایسه با گندم، مساحت کوچکی (۶۲۱۷/۴۰۱ هکتار) از اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله در طبقه غیرمستعد قرار گرفت (جدول ۴). این مناطق تنها ۹/۷۱ از کل اراضی کشاورزی شهرستان را در ارتفاعات جنوبی و نوار مرزی بخش میانی شهرستان شامل می‌شوند (شکل ۸). از مشخصات این طبقه می‌توان به حاصل‌خیزی نامناسب، فقر عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در خاک، بارش بهاره ناکافی و شرایط توپوگرافی نامناسب اشاره کرد. با حرکت از شمال شهرستان به سمت بخش‌های جنوبی، به میزان ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب اراضی افزوده می‌شود به گونه‌ای که شیب‌های بالاتر از ۱۲ درصد و جهت‌های شیب غرب و شمال، این مناطق را برای کشت تریتیکاله غیرممکن می‌سازند. این پهنه، بخشی از اراضی جنوبی شهرستان را در بر می‌گیرد که با تغییر کاربری اراضی جنگلی به کشاورزی به‌وجود آمده است. جنگل‌تراشی، تغییر کاربری‌های چراگاه و مرتع به اراضی زراعی و به زیر کشت بردن زمین‌هایی با شیب تند (بالاتر از ۱۲ درصد) زمینه را برای فرسایش خاک فراهم می‌نماید. با وجود محدودیت‌های بوم‌شناختی موجود در این پهنه، بهتر است این مناطق به کاربری‌های دیگر همانند جنگل‌کاری،گردشگری و حفاظت (حیات وحش)، ایجاد چراگاه و مراتع، پرورش آبزیان، دام و طیور اختصاص یابد. اعتراف (Eteraf, 1999) در مطالعه‌ای در منطقه مراوه‌تپه، دریافت که بهره‌وری زراعی از اراضی شیب‌دار منطقه بر میزان مواد آلی، نفوذپذیری و حاصلخیزی خاک اثرات منفی داشته و موجب تشدید فرسایش خاک می‌گردد. در حالی‌که بهره‌برداری از این اراضی به‌صورت مرتع موجب افزایش نفوذپذیری، حاصل‌خیزی و کاهش میزان فرسایش می‌شود.



شکل ۸- طبقه غیر مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

Fig. 8- Non- suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

در مطالعه آکینچی و همکاران (Akinci et al., 2013) تنها ۶/۳ درصد از اراضی منطقه یوسوفلی (شهر آرتوین ترکیه) برای کاربری کشاورزی مناسب بودند. پوشش این مناطق با جنگل‌ها و مراتع حفاظت شده، عمق خاک ناکافی برای تولید محصولات کشاورزی، درصد بالای شیب منطقه و درجه زیاد فرسایش خاک، از جمله عوامل محدود کننده اجرای کاربری کشاورزی در آن منطقه اعلام شد. در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت جولخت، بخش‌های جنوبی، نوار مرزی میانی شهرستان به‌وسعت ۱۶۶۵۴/۴۶ هکتار در پهنه نامناسب جهت کشت این گیاه قرار گرفت (Kazemi, 2013).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار (۴۴/۹۲ درصد) از اراضی کشاورزی شهرستان در طبقه بسیار مستعد (S_1) برای کشت تریتیکاله قرار می‌گیرند. عوامل محدودکننده کشت این گیاه در مناطق ضعیف و غیرمستعد، جهت‌های شیب نامطلوب، ارتفاع بالاتر از سطح دریا، کاهش کیفیت حاصل‌خیزی خاک، افزایش درصد شیب به‌سمت مناطق مرتفع جنوبی و بارش اندک بخصوص بارش بهاره در بخش‌های شمالی شناسایی شدند. با توجه به این نکته که تریتیکاله از جمله گیاهان کم‌توقع و سازگار با شرایط نامساعد محیطی (خشکی، ارتفاع بالا از سطح دریا و سرما) نسبت به گندم و جو است، می‌توان نتیجه گرفت که نقاط دارای پهنه نیمه‌مستعد و غیرمستعد کشت تریتیکاله در اراضی جنوبی شهرستان، برای اجرای سایر کاربری کشاورزی شرایط مساعدی نداشته و بهتر است این مناطق به کاربری‌های دیگر همچون مرتع، حفاظت، حیات‌وحش و جنگل کاری اختصاص یابند. با توجه به تأثیر فراوان بارش در دوره‌های حساس نموی گیاهان زراعی از جمله غلات (مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه) و کمبود میزان نزولات جوی در این دوره‌ها در استان و منطقه، پیشنهاد می‌شود از داده‌های بارش مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد، برای استعداد سنجی اراضی استفاده شود.

منابع

Aami Azghadi, A., Khorassani, R., and Moezi, A. 2010. Soil fertility evaluation based on soil K, P and organic matter factors for wheat by using fuzzy logic-AHP and GIS technology. Journal of Water and Soil 24: 973-984. (In Persian with English Summary)

Akinci, H., Ozlap, A.Y., and Turgut, B. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. Computers and Electronics in Agriculture 97: 71-82.

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

Bhagat, R.M., Singh, S., Rana, R.S., Kalia, V., Pradash, S., Immerzeel, W., and Shrestha, B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. Journal of the Indian Society of Remote Sensing 37: 233-240.

Emam, Y. 2011. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 173 pp. (In Persian)

Essiet, E.U. 2001. Agricultural sustainability under small-holder farming in Kano, northen Nigeria. Journal of Arid Environments 48: 1-7.

Eteraf, H. 2000. The effect ofland useon fertilityand soil erosionin the Maraveh-Tappe region. MScThesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Gorgan, Iran 113 pp. (In Persian with English Summary)

FAO. 2013. Food and agriculture organization of the unit nations. Quaterly Bulletin of Statistics. Remote, Italy.

Fettel, N.A. 1993. Yield physiology of triticale under water deficit: a comparison with wheat. Armidal: University of New England.

Ghafari, A., Cook, H.F., and Lee, H.C. 2000. Integrating climate, soil and crop information: a land suitability study using GIS. 4th International Conference on Integration GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4). Banff, Alberta, Canada, September 2-8.

Ghodsipoor, S.H. 2012. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amir Kabir University Press, Tehran, Iran 230 pp. (In Persian)

Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M. 2008. Principles of Sustainable Agriculture. JDM Press, Mashhad, Iran. 316 pp. (In Persian)

Kamkar, B., and Meghdadi, N. 2015. Land suitability assessment for cumin production using geographic information system and modeling approach. Journal of Plant Production Researches 22(1): 1-22. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H. 2013. Agroelological zoning of Gorgan agricultural lands for hulless barely cropping base on Boolean logic. Electronic Journal Crop Production 6(4): 165-185. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2012a. Evaluation of geostatistical

methods of estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan province. Journal of Water and Soil Knowledge 22: 201-218. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., and Shataei, S. 2012b. Agroecological zoning of agricultural lands in Golestan province for canola cultivation by geographic information system (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). Electronic Journal Crop Production 5(1): 123-129. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., TahmasbiSarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2013. Agro-ecological zoning of Golestan province lands for Soybean cultivation using geographical information system (GIS). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 23(4): 21-39. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shetaei, S., and Sadeghi, S. 2015. Ecological zoning for wheat production at province scale using geographic information system. Advances in Plants and Agriculture Research 2(1): 1-7. (In Persian with English Summary)

Majnun Hosseini, N. 2011. Cereal Production. Tehran University Press, Tehran, Iran 120 pp. (In Persian)

Nasroallahi, N., Kazemi, H. and Kamkar, B. 2015. Feasibility of annual alfalfa (*Medicago scutellata* L.) cropping in Aq-Qallatownship (Golestan province). Journal of Agroecology 7(3): 397-411. (In Persian with English Summary)

Sharifi Jahantigh, G.R., and Abbasi, M.R. 2009. Forage Crops. Norouzi Press, Iran. 120 pp. (In Persian)

Sys, I., Van-Ranst, E., and Debveye, J. 1991. Land evaluation, part 1: principles in land evaluation and crop production calculation. General Administration for Development Cooperation. EPA, NO. 7, Brussels, Belgium.

Tajalli, H., and Saberi, M. 2011. Survey of grain yield and yield components of triticale genotypes in south Khorasan province. Zeytoon Journal 222: 64-71. (In Persian)

Zhang, J., Su, Y., Wu, J., and Liang, H. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production and fuzzy set in Shandong province of China. Computer and Electronic in Agriculture 114: 202-211.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 777-793

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۹۳-۷۷۷

Feasibility of Triticale (*Tritico secale* wittmack. X) Cropping in Agricultural Lands of Gorgan County by Spatial Analysis Tools

M. Niazmoradi[۳], H. Kazemi[2*] and F. Ghaderifar[3]

Submitted: 17-11-2015
Accepted: 20-04-2016

Niazmoradi, M., Kazemi, H., and Ghaderifar, F. 2017. Feasibility of triticale (*Tritico secale* wittmack. X) cropping in agricultural lands of Gorgan county by spatial analysis tools. Journal of Agroecology 9(3): 777-793.

Introduction

It is essential to allocate crop to the most suitable land areas precisely for the best production since arable land has been decreased. Selecting the most appropriate algorithm for land suitability assessment is important for current and future land use planning. Several approaches have been attempted to conduct land suitability assessment. Geographic Information System (GIS) technology is a useful tool for integration of bio-climate, terrain and soil-resource-inventory information. The integration of Multi-Criteria Analysis (MCA) methods such as Analytical Hierarchy Process (AHP) by GIS is a trend in land suitability analysis. This combination could be useful in solving conflictive situations for individual or groups interested in spatial context and it is a powerful approach for land suitability assessments (Elsheikh et al., 2013). The present study was therefore carried out with the objective land suitability analysis for feasibility of triticale cropping in agricultural lands of Gorgan county by spatial analysis of GIS and evaluation of environmental variables.

Material and Methods

One of the most important areas for crop production in Golestan province located in north of Iran, is the Gorgan region. This area is located between latitude 54° 12.9' N and 54° 44.9' N and longitude 36° 30.6' E and 36° 58.8' E.Almost every farm in Gorgan region are rainfed. In order to spatial feasibility of triticale cropping in Gorgan county, agroecological requirements of triticale was identified and classified from scientific resources. Some environmental factors including, climatic variables such as precipitation and temperature in scale of annual, monthly and seasonal, topographic variables such as elevation, slope aspects and slops percent, and some soil characteristics as texture, EC, pH, fertility, K, P and organic matter were evaluated using geostatistics and classic methods and then thematic layers were produced in ArcGIS media. In multi-criteria assessment process, one of the most important steps is to determine each criteria weight. Generally, AHP is suitable to determine the weights of assessment factors. In this respect, the first step is to construct an AHP model consisting objectives, criteria, sub-criteria, and alternatives. Then these digital layers were classified based on ecological requirements table of triticale and they were overlaid and interpolated in GIS media and final layer were classified to four classes of high suitable, suitable, less suitable and non-suitable. The suitability analysis was based on matching between land qualities/characteristics and crop requirements. It was accomplished by weighted overlay technique (WOT) in GIS.

Results and Discussion

The results showed that 28.8 thousand ha (44.92%) of agricultural lands were located in the high suitable class (S_1). This zone was observed occasionally in north and northwest parts of studied region. This zone had the high fertility, high organic matter percent (2<), favorable slope aspects, elevation lower than1500 meters above sea level, suitable slops (0-4%), enough amount and distribution of precipitation and temperature variables. Also, about 17.2 thousand ha (26.89%), 11.8 thousand ha (18.48%) and 6.2 thousand ha (9.71%) of areas were classified in the suitable (S_2), less suitable (S_3) and non-suitable (NS) zones respectively. It seems that omitting the restrictions such as soil fertility, suitability level can enhance in NS class. Proper land management practices, crop rotation performance, specific irrigation methods and using resistant genotypes would help to increase crop yield in this area.

1, 2 and 3- MSc Student of Agroecology, AssistantProfessor, and Associate Professor, Department of agronomy, Faculty of plant product, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hossein_k_p@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51194

Conclusion

In this study, the limiting factors were identified as unfavorable aspects, high elevation, poor soil fertility, high slope percent in the direction of south and low spring precipitation in northern region of Gorgan. In general, this research was a biophysical evaluation of resources that provided information at a regional level. Therefore, its result is useful for decision markers to determine the quality of cropland for triticale cropping and it is proposed as a decision and planning support.

Acknowledgements

We thank the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR) for supporting this research.

Keywords: Agroecological zoning, Geostatistic, AHP