

تأثیر تغییر اقلیم بر ارزیابی تناسب اراضی برخی از محصولات دیم در منطقه میاندوآب

پریسا شریفی¹، مسلم ثروتی و نیر محمدخانی

استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه؛ p.sharifi@urmia.ac.ir

استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه؛ m.sarvati@urmia.ac.ir

استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه؛ n.mohammadkhani@urmia.ac.ir

دریافت: 96/3/30 و پذیرش: 96/10/11

چکیده

در عصر حاضر، با توجه به اهمیت امنیت غذایی، درک اثرات تغییرات اقلیم در تناسب اراضی برای تولید محصول به یک مسئله مهم تبدیل شده است. هدف اصلی این تحقیق، بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر تناسب اراضی محصولات مختلف دیم در منطقه میاندوآب، تحت سناریوی اقلیم فعلی و تغییر اقلیم در آینده بود. برای این منظور از مدل ترازا و آلماگرا در محیط سامانه تصمیم‌گیری میکرولیز استفاده شد. مدل آلماگرا ارزیابی تناسب واحدهای مختلف اراضی برای تیپ-های بهره‌وری انتخابی و مدل ترازا، یک تخمین تجربی از کمبودهای زیست‌اقلیمی را فراهم می‌کند. داده‌های مورفولوژیکی و آزمایشگاهی از 11 خاکرخ شاهد موجود در منطقه مطالعاتی اخذ و وارد پایگاه داده‌های خاکی (SDBm) شد. داده‌های آگرواکولوژیکی از سازمان هواشناسی کشور به‌دست آمد و وارد پایگاه داده‌های اقلیمی (CDBm) گردید. سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان سناریوی آینده تغییر اقلیمی، از میان مدل‌های کارگروه بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC) انتخاب شد. نتایج نشان داد که در شرایط فعلی اولویت کشت دیم در اکثر واحدهای اراضی مختلف با نخود، خربزه و گندم بوده ولی در آینده به‌صورت گندم، نخود و خربزه خواهد بود. مهم‌ترین عوامل محدودکننده خاکی نیز شامل شوری، بافت، زهکشی و آهک بودند. به‌جز در مورد گندم، اثر خالص تغییرات اقلیمی در تناسب اراضی برای محصولات نخود و خربزه منفی است. در نتیجه، در شرایط تغییر اقلیم، منطقه مورد مطالعه برای تولید نخود و خربزه دیم مناسب نیست. از دست دادن رطوبت با افزایش شاخص خشکی در محیط مدل ترازا نشان داد که به نظر می‌رسد که در آینده سناریو کشت دیم به‌طور جدی توسط تنش آب تحت تأثیر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدل آلماگرا، مدل ترازا، سناریوهای انتشار (RCPs)، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری میکرولیز

¹ نویسنده مسئول، آدرس: مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه

مقدمه

با توجه به اهمیت غذا و محصولات کشاورزی در زندگی بشر به‌ویژه با در نظر گرفتن جمعیت روبه رشد جهان، بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تناسب اراضی و میزان تولید انواع مختلف تیپ‌های بهره‌وری از اهمیت فراوانی برخوردار است (اکونیا و همکاران، 2013). گام نخست در مطالعات تغییر اقلیم¹ انتخاب مدل‌های اقلیمی مناسب منطقه از میان مجموعه مدل‌های پیشنهادی هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، جهت اخذ داده‌های اقلیمی تحت سناریوهای انتخابی است (فهرمان و همکاران، 2015). در مطالعاتی که در ایران در ارتباط با تغییر اقلیم صورت گرفته، عدم قطعیت مجموعه‌ایاز گروه مدل‌هایپروژه CMIP5 که در گزارش پنجم مورد استناد بوده است، در ارائه چشم‌انداز بارش و دمای ایران تا پایان قرن 21 مورد ارزیابی قرار گرفته است (طباطبایی و همکاران، 1394). در نتیجه مدل‌های CSM1(m), MPI, ESM-MR, PI, ESM-LR, BCC, BGC, MR و مدل‌های پیش‌یابی بارش و مدل‌های -MPI-ESM-21 در جهت پیش‌بینی بارش و مدل‌های اقلیمی مناسب‌ترین (لیامبایلا و کیلبرت، 2016).

همچنین بیشترین افزایش مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل‌طی‌دوره آینده 2021 تا 2070 در دشت مشهد در ماه ژانویه تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب با 15/4 و 16/4 درصد افزایش نسبت به دوره پایه 1991 تا 2005 و نیز بیشترین مقدار کاهش در ماه اکتبر با 12/5 و 10 درصد کاهش نسبت به دوره پایه است (طباطبایی و همکاران، 1394). براساس این مدل‌ها می‌توان میزان تغییرات دما و رطوبت را براساس سناریوی انتخابی در آینده تخمین و نهایتاً کلاس تناسب تیپ‌های بهره‌وری انتخابی را در منطقه مطالعاتی با روش‌های مختلف ارزیابی برآورد نمود. در این میان سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز² توانایی تخمین تغییرات اقلیمی، میزان کاهش محصول و کلاس‌های تناسب را به‌صورت فعلی و آتی دارد. سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز در سال 1990 به‌عنوان مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی تناسب اراضی تحت نظر کشورهای اتحادیه اروپا برنامه‌نویسی شده‌است. سیستم میکرولیز از 6 مدل در ارزیابی تناسب اراضی استفاده می‌کند که شامل تراز³ (محدودیت‌های

بیواقلیمی)، سرواتانا⁴ (قابلیت اراضی برای کشاورزی)، آلماگرا⁵ (تناسب اراضی برای بهره‌وری‌های خاص)، سیرا⁶ (ارزیابی برای جنگل و مرتع)، آلبرو⁷ (پتانسیل تولید) و ماریسما⁸ (ارزیابی حاصلخیزی خاک) می‌باشد. برای تخمین تغییرات اقلیمی ابتدا مدل تراز³ محاسبه محدودیت‌های بیواقلیمی در زمان حال و آینده و مدل آلماگرا کلاس تناسب اراضی را برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف تعیین می‌نماید. مدل تراز³ محدودیت‌های بیواقلیمی از قبیل تشعشع خورشیدی، دما، کمبود رطوبت و خطر یخبندان، مکان‌های مناسب برای رشد تیپ‌های بهره‌وری مهم مناطق مدیترانه‌ای را مشخص می‌نماید. مدل آلماگرا بر اساس نیازهای بیوفیزیکی تیپ‌های بهره‌وری کشاورزی، واحدهای اراضی را برای تیپ‌های بهره‌وری که نیازهای مختلف آن‌ها در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار ذخیره شده است در 5 کلاس تناسب S₁ تا S₅ درجه‌بندی می‌کند (دلاروزا و همکاران، 1992).

شهبازی و همکاران (2008) تأثیر تغییرات اقلیمی بر روی کلاس‌های استعداد اراضی را در دو اقلیم نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای به ترتیب شامل اراضی شهرستان اهر (ایران) و سویل (اسپانیا) با استفاده از دو مدل سرواتانا و تراز³ بررسی و نشان دادند که فقط استعداد برخی قسمت‌های اراضی شهرستان اهر فقط برای کشت گندم از کلاس S₂ به S₃ تبدیل خواهد شد. درویش و آدلکاوی (2014) با ارزیابی تناسب اراضی دلتای رود نیل در کشور مصر با سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز نتیجه‌گیری کردند که 56/1 درصد منطقه دارای کلاس تناسب مناسب، 30/8 درصد کلاس‌های تناسب بحرانی تا نسبتاً مناسب و 13/1 درصد نامتناسب هستند. همچنین تیپ‌های بهره‌وری، ذرت، آفتابگردان، زیتون، سیب‌زمینی و خربزه بر اساس سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز قابلیت کشت دارند. لیامبای و کیبرت (2016) نیز تأثیر تغییرات اقلیمی را بر تناسب اراضی تیپ‌های بهره‌وری گندم، سیب‌زمینی، سویا، سورگوم و ذرت در زیر حوزه لگامبو کشور اتیوپی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تأثیر تغییرات اقلیمی بر تناسب اراضی این محصولات مثبت بوده و با کاهش میزان عملکرد در واحدهای مختلف این تأثیر کاهش پیدا می‌کند. در ایران نیز اشرف و همکاران (1390) برای چغندر، سبزی‌پرور و همکاران (1391) برای گندم، خلیلی اقدم و همکاران (1391) برای نخود و... به نتایج

4. Cervatana

5. Almagra

6. Sierra

7. Albero

8. Marisma

1. Climate change

2. Microcomputer Land Evaluation Information System Decision Support System (MicroLEIS DSS)

3. Terraza

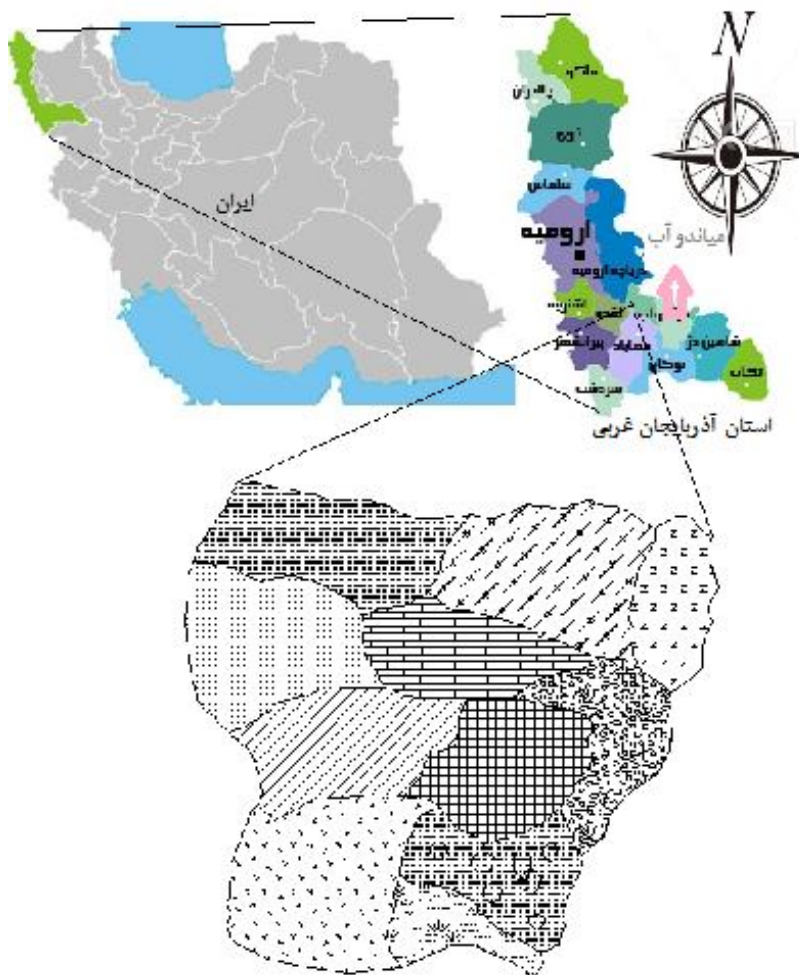
بردانیر، 1996)، رژیم رطوبتی منطقه نیز زیریک است. از لحاظ منطقه‌بندی، منطقه میاندوآب جزو منطقه آذربایجان بوده و مواد مادری آن از رسوبات و کواترنر و به صورت لکه‌ای آبرفت‌های جدید رسی و نمکی تشکیل شده است (نقشه زمین‌شناسی، 2006). پوشش گیاهی منطقه میاندوآب از لحاظ فلورستیک به ناحیه رویشی ایران و تورانی متعلق می‌باشد. در مطالعات صحرائی انجام یافته مشخص شد که بیشترین گونه‌های گیاهی نزدیک به دریاچه ارومیه مربوط به تیره چنوپدیاسه بوده که این امر مبین شور بودن خاک‌های نزدیک به دریاچه ارومیه است. از محصولات اصلی منطقه می‌توان به چغندر قند، گندم، جو، گوجه‌فرنگی، خیار، یونجه، سیب، هلو، شلیل اشاره نمود. شایان ذکر است که به شکل کشت همراه، محصولات خربزه، هندوانه، آفتابگردان همراه با خیار و گوجه‌فرنگی قابل مشاهده است.

مشابهی دست یافتند. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات اقلیمی بر کشت دیم محصولات گندم، خربزه و نخود در منطقه میاندوآب با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز می‌باشد.

مواد روش‌ها

منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه با وسعتی حدود 4700 هکتار، در استان آذربایجان غربی (شکل 1) و در محدوده 4091653/7 تا 2/4115479 عرض شمالی و 8/563297 تا 8/588737 طول شرقی UTM واقع شده است. میانگین 30 ساله اطلاعات هواشناسی میاندوآب در جدول 1 ارائه شده است. میانگین دمای سالیانه منطقه 13/3 سلسیوس بوده و با افزودن یک درجه به آن، میانگین دمای سالیانه خاک در عمق کمتر از 50 سانتی متری 14/3 می‌باشد، لذا رژیم حرارتی منطقه مزیک می‌باشد. با توجه به میانگین بارندگی منطقه (315 میلی متر) و برنامه نیوهال (نیوهال و



شکل 1- جانمایی منطقه مطالعاتی و واحدهای اراضی در استان و کشور

جدول 1- اطلاعات هواشناسی میاندوآب در دوره‌های آماری 2016-1987

ماه‌های سال	میانگین دما (درجه سلسیوس)	بارندگی (میلی متر)	رطوبت نسبی (%)
ژانویه	1	35/5	37
فوریه	2/2	38/7	42
مارس	7/3	29/9	33
آوریل	11/8	65/4	30
مه	17/4	49/3	29
ژوئن	22/5	6/2	21
جولای	26/3	4/2	18
اوت	25/6	1/1	19
سپتامبر	21/1	1/5	23
اکتبر	15/3	19/7	25
نوامبر	6/6	27/2	29
دسامبر	2/4	33/3	31

محصولات دیم انتخابی (گندم، نخود و خربزه) در 11 واحد اراضی جدا شده با استفاده از نقشه اولیه خاک (شکل 2) در شرایط فعلی و آبی تعیین گردید.

مدل تراز

برای محاسبه محدودیت‌های بیواقلیمی، داده‌های اقلیمی (بارندگی، دمای حداقل و حداکثر)، شاخص رطوبت جهت تخمین مقدار آب قابل استفاده در عمق 100 سانتی متر، ضرایب گیاهی برای هر یک از تیپ‌های بهره‌وری وارد مدل شدند (جدول 2). برای تعیین خطر یخبندان از داده‌های ماه‌هایی استفاده شد که دمای حداقل آن‌ها کمتر از 5 سلسیوس بود. ضرایب گیاهی تیپ‌های بهره‌وری با استفاده از جدول تهیه‌شده توسط فرشی (1378) برای برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی کشور محاسبه گردید. در این مدل منطقه بر اساس درصد کاهش تولید، در یکی از کلاس‌های h_1 تا h_4 (جدول 3) قرار گرفت.

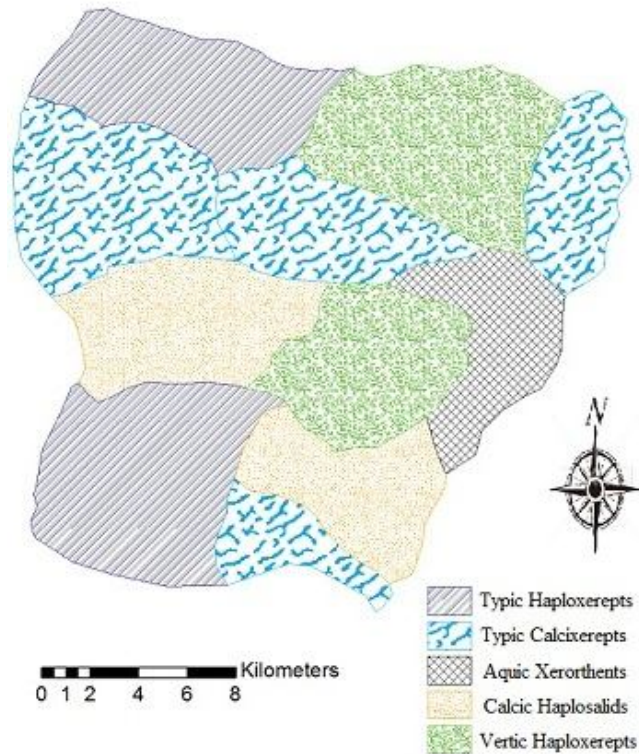
کلاس‌های تأثیر یخبندان، با توجه به محدودیت اقلیمی منطقه، در یکی از کلاس‌های f_1 تا f_4 (جدول 4) قرار گرفت. کلاس‌های بیوفیزیکی نهایی به وسیله ترکیب دو کلاس فوق، با استفاده از جدول 5 تعیین گردید. در هر یک از کلاس‌های C_1 ، C_2 ، C_3 و C_4 به ترتیب کمتر از 20، 20-40، 40-60 و بیشتر از 60 درصد کاهش عملکرد حاصل می‌شود.

ارزیابی تناسب اراضی در شرایط فعلی و آبی با سیستم میکرولیز

برای این منظور ابتدا داده‌های هواشناسی برای دوره پایه 1987 تا 2016 از ایستگاه هواشناسی اخذ و تحت سناریوهای مسیر انتشار بدبینانه (بالا) RCP¹ برای سال‌های 2017 تا 2050 مدل‌سازی صورت گرفت. داده‌های خاکی از 11 خاک‌شاهد در آزمایشگاه به دست آمد. آزمایش‌های فیزیکی شامل بافت به روش هیدرومتر (گی و باوور، 1986)، درصد ذرات درشت‌تر از شن با غربال کردن، آزمایش‌های شیمیایی شامل واکنش خاک در گل اشباع (مکلین، 1982)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (رودز، 1996)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (1952)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید (نلسون، 1982)، کربن آلی به روش والکلی و بلک اصلاح‌شده (نلسون و سامرز، 1982)، درصد گچ به روش استون (نلسون، 1982) و درصد سدیم تبدلی (توماس، 1982) بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت.

سناریوهای RCP نشان‌دهنده محرکه تابشی هستند و توانایی شبیه‌سازی کاربری اراضی از قبیل زمین‌های زراعی، مراتع و پوشش گیاهی را دارند و در میان آن‌ها RCP2.6 سناریوهای انتشار و محرکه‌های تابشی کم (خوش‌بینانه) و سناریوی RCP8.5 محرکه تابشی و سناریوهای انتشار زیاد (بدبینانه) را نشان می‌دهد. همچنین سناریو RCP4.5 حالت متوسط (مانند وضع موجود) دارند (مرنگو و همکاران، 2014). برای تعیین محدودیت‌های بیواقلیمی و تناسب اقلیمی از مدل تراز استفاده شد. نهایتاً در محیط مدل آماگرا کلاس تناسب اراضی برای

¹ Pathway high-emission scenario (RCP)



شکل 2- نقشه خاک منطقه مطالعاتی

جدول 2- ضرایب کارایی و کاهش تولید سالیانه تیپ‌های بهره‌وری

ضریب کاهش فصلی محصول Kys***	مراحل مختلف رشد و توسعه تیپ‌های بهره‌وری					تیپ بهره‌وری
	اواخر	اواسط	توسعه	اولیه	ضرایب گیاهی	
0/98	0/39	1/14	0/81	0/35	Kc ^o	نخود
	1/08	0/80	0/52	0/29	Ky ^{**}	
1/16	0/43	1/19	0/86	0/41	Kc	گندم
	0/51	0/55	0/63	0/22	Ky	
1/23	0/84	1/08	0/58	0/43	Kc	خربزہ
	0/52	1/13	0/43	0/48	Ky	

جدول 3- کلاس رطوبت بر مبنای کاهش تولید در اثر تنش رطوبتی

(دلاروزا و مگالدی 1982)

کلاس	درصد کاهش محصول
h ₁	< 20
h ₂	20 - 40
h ₃	40 - 60
h ₄	> 60

جدول 4- حدود کلاس‌های خطر یخبندان (دلاروزا و مگالیدی 1982)

کلاس	تعداد ماه‌ها با دمای کمتر از 5 درجه سلسیوس
f ₁	صفر
f ₂	0-2
f ₃	2-5
f ₄	بیشتر از 5

جدول 5- کلاس‌های بیواقلمی نهایی در مدل ترازا (دلاروزا و مگالیدی 1982)

دمای کمتر از 5				درصد کاهش محصول
f ₄	f ₃	f ₂	f ₁	
C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	h ₁
C ₄	C ₃	C ₂	C ₂	h ₂
C ₄	C ₃	C ₃	C ₃	h ₃
C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	h ₄

مدل آلمگرا

در این مدل بر اساس الگوریتم عمومی مدل آلمگرا، میانگین وزنی ویژگی‌های خاکی وارد مدل شدند، سپس بر اساس روش محدودیت ساده، واحدهای مختلف در پنج کلاس 1: فاقد محدودیت، 2: محدودیت کم، 3: محدودیت متوسط، 4: محدودیت شدید و 5: محدودیت خیلی شدید طبقه‌بندی شدند (دلاروزا و همکاران، 1992). برای تیپ‌های بهره‌وری یک‌ساله بخش کنترل عمودی در این مدل تا عمق 50 سانتی‌متری یا تا عمق لایه محدودکننده و برای تیپ‌های بهره‌وری دو ساله یا چندساله تا عمق 100 سانتی‌متری یا لایه محدودکننده هر کدام که کم‌عمق‌تر است، می‌باشد (دلاروزا و همکاران، 1992).

نتایج و بحث

جدول 6 میزان تغییرات در میانگین دما و بارندگی را تحت سه سناریوی انتخابی را نشان می‌دهد. نتایج مؤید این مطلب است که در منطقه مطالعاتی رفته‌رفته درجه حرارت در فصول مختلف افزایش می‌یابد که این افزایش به ترتیب در فصول تابستان، پاییز، زمستان و بهار بیشترین مقدار است. در مورد میانگین بارندگی نیز کاهش محسوسی به‌ویژه در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در هر سه سناریو به‌ویژه سناریو RCP8.5 پیش‌بینی می‌گردد. با توجه به افزایش دما و کاهش رطوبت و به طبع آن افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره رشد تیپ‌های بهره‌وری مختلف، لزوم اجرای مدیریت‌های زراعی و آبیاری تکمیلی به‌ویژه در سناریوهای دوم و سوم را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. شهبازی و همکاران (2010) با مطالعه تغییرات اقلیمی منطقه اهر نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش نموده‌اند.

جدول 6- میزان کاهش در میانگین دما و بارندگی تحت سه سناریوی مختلف تغییرات اقلیمی

سناریو	میانگین دما (درجه سلسیوس)				بارندگی (میلی‌متر)			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
سناریو RCP2.6	0/9	1/6	1/3	1	-7/7	-0/5	-21/2	-17/1
سناریو RCP4.5	2/8	3/8	2/9	2/3	-16/4	-2	-39/7	-34/3
سناریو RCP8.5	4/9	5/7	4/2	3/6	-49	-3/3	-58/5	-46/4

آبیاری دارد. تحت سناریوی RCP2.6 نسبت به شرایط فعلی تغییری مشاهده نشد. در سناریوی RCP4.5 از نظر رطوبتی، نخود تحت تأثیر قرار نگرفتند ولی گندم و خربزه نسبت به شرایط فعلی یک کلاس رطوبتی تنزل یافتند. در سناریوی RCP8.5 تنزل کلاس رطوبتی را برای همه تیپ‌های بهره‌وری انتخابی وجود دارد.

کلاس خطر یخبندان در شرایط فعلی برای تمامی تیپ‌های بهره‌وری به جز گندم f_1 بوده و محدودیتی از این لحاظ احساس نمی‌شود. شایان ذکر است که با افزایش دمای منطقه در فصل زمستان، به نظر می‌رسد که تغییرات اقلیمی منجر به بهبود کلاس خطر یخبندان برای تیپ بهره‌وری گندم شده است. بنابراین کشت دیم همه تیپ‌های بهره‌وری تحت سناریوی RCP8.5 و تیپ بهره‌وری خربزه تحت سناریوی RCP4.5 امکان‌پذیر نبوده و اگر چنانچه تنش رطوبتی به وسیله آبیاری در منطقه مرتفع نگردد، میزان محصول دهی در حالت بحرانی 40 تا 60 درصد کاهش محصول مورد انتظار است.

جدول 7 کلاس‌های بیواقلمی نهائی محاسبه‌شده با مدل ترازا را برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه در شرایط فعلی و آبی نشان می‌دهد. براساس تحلیل‌های انجام‌شده، در آینده دوره گرم سال در حال افزایش و دوره سرد سال روند کاهشی خواهد داشت و منجر به بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق و کاهش رطوبت خاک شده و دلیلی برای کاهش ذخیره آبی خواهد گردید. نتایج به دست آمده در سناریوهای مختلف با روند تغییرات دما در مناطق مختلف جهان مطابقت دارد (سنویرتن و همکاران، 2014، فریو و همکاران، 2011).

در شرایط فعلی تمامی تیپ‌های بهره‌وری، به جز گندم در کلاس کمبود رطوبت h_2 هستند، بدین معنی که در دوره رشد، 20 تا 40 درصد کاهش تولید خواهند داشت. گندم با توجه به اینکه در فصل پاییز کشت می‌شود و با عنایت به تمرکز بارندگی‌ها در فصل پاییز و اوایل بهار، از نظر رطوبتی کمبودی برای کشت این تیپ بهره‌وری احساس نمی‌شود. شایان ذکر است که در پایان فصل گندم دیم (خرداد ماه) در برخی سال‌ها نیاز به یک بار کم

جدول 7- کلاس محدودیت بیواقلمی برای تیپ‌های بهره‌وری انتخابی با استفاده از مدل ترازا در شرایط فعلی و آبی

تیپ بهره‌وری	کلاس بیواقلمی فعلی	کلاس بیواقلمی آبی با سناریوی RCP2.6	کلاس بیواقلمی آبی با سناریوی RCP4.5	کلاس بیواقلمی آبی با سناریوی RCP8.5
نخود	$C_2 (h_2 - f_1)$	$C_2 (h_2 - f_1)$	$C_2 (h_2 - f_1)$	$C_3 (h_3 - f_1)$
گندم	$C_3 (h_1 - f_3)$	$C_3 (h_1 - f_3)$	$C_2 (h_2 - f_2)$	$C_2 (h_2 - f_1)$
خربزه	$C_2 (h_2 - f_1)$	$C_2 (h_2 - f_1)$	$C_3 (h_3 - f_1)$	$C_3 (h_3 - f_1)$

وارد مدل آلماگرا می‌شوند. نهایتاً ارزیابی نهائی تناسب اراضی به روش محدودیت ساده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه به صورت جدول 9 ارائه شد. شکل 3 نیز نقشه تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری انتخابی را نشان می‌دهد.

جدول 8 ویژگی‌های خاک و زمین‌نمای 11 خاکرخ شاهد را به صورت میانگین وزنی نشان می‌دهد. در مدل آلماگرا به صورت اعداد 1 تا 5 محدودیت هر کدام از ویژگی‌های عمق مؤثر (p)، بافت (t)، زهکشی (d)، کربنات (c)، شوری (s)، سدیمی بودن (a) و توسعه خاکرخ (g)

جدول 8- ویژگی‌های خاک و زمین‌نمای واحدهای مختلف اراضی در منطقه مطالعاتی

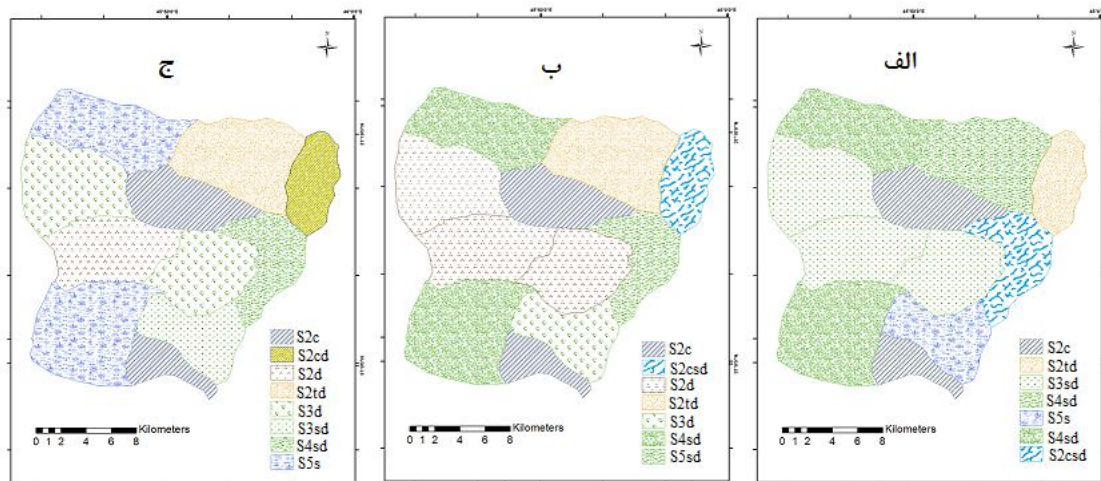
ویژگی‌ها واحد اراضی	عمق خاک	بافت	زهکشی	کربنات	شوری	اشباع سدیم	توسعه یافتگی خاکرخ
1	125	CL	نسبتاً ضعیف	13/6	3/2	4/5	2
2	130	CL	نسبتاً ضعیف	16/8	3/2	5/6	2
3	128	C	نسبتاً ضعیف	13/9	6/7	11/9	2
4	145	L	خوب	14/9	14/9	14/2	1
5	137	L	خوب	27/5	3/4	4/4	1
6	115	SCL	خوب	16/2	16/7	14/7	1
7	148	CL	ضعیف	10/1	8/8	9/8	3
8	132	L	خوب	29/2	2/2	6/9	1
9	123	CL	نسبتاً خوب	26/8	2/3	7/4	1
10	120	C	نسبتاً ضعیف	12/4	3/3	6/2	2
11	134	CL	نسبتاً ضعیف	11/5	3/7	5/1	2

جدول 9- نتایج نهائی ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از مدل آماگرا در شرایط فعلی

خریزه	گندم	نخود	تیپ بهره‌وری واحد اراضی
S ₃ d	S ₃ d	S ₂ d	1
S ₃ d	S ₃ d	S ₃ d	2
S ₃ tsd	S ₃ tsd	S ₃ sd	3
S ₅ s	S ₅ s	S ₅ s	4
S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	5
S ₅ s	S ₅ s	S ₅ s	6
S ₅ sd	S ₅ sd	S ₄ sd	7
S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	8
S ₂ cd	S ₂ c	S ₂ cd	9
S ₃ td	S ₃ td	S ₂ td	10
S ₃ d	S ₃ d	S ₃ d	11

S₁: بدون محدودیت، S₂: محدودیت کم، S₃: محدودیت متوسط، S₄: محدودیت شدید، S₅: محدودیت خیلی شدید

p: محدودیت عمق، t: محدودیت بافت، d: محدودیت زهکشی، c: محدودیت کربنات، S: محدودیت شوری، a: محدودیت، محدودیت سدیمی بودن



شکل 3- نقشه تناسب اراضی برای محصولات انتخابی در شرایط فعلی (الف: خربزه، ب: گندم، ج: نخود)

بهره‌وری خربزه در برخی از واحدها کاهش حاصل نمود. تحت سناریوی RCP8.5 کلاس‌های تناسب اراضی برای همه تیپ‌های بهره‌وری مختلف کاهش یافت ولی در مورد گندم در برخی از کلاس‌ها تحت این سناریو بهبود در وضعیت کلاس‌ها مشاهده شد.

در سناریوی RCP2.6 تفاوتی مابین کلاس‌های تناسب اراضی تیپ‌های مختلف بهره‌وری با شرایط فعلی وجود ندارد. جدول 10 کلاس‌های تناسب اراضی تیپ‌های بهره‌وری انتخابی را تحت تأثیر تغییر اقلیم نشان می‌دهد. نتایج موید این مطلب است که تحت سناریوی RCP4.5b فقط کلاس‌های تناسب اراضی تیپ

جدول 10- ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از مدل آلماکرا در شرایط تغییر اقلیم با

سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5

خریزه		گندم		نخود		تیپ بهره‌وری
RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	واحد اراضی
S ₃ d	S ₃ d	S ₂ c	S ₃ d	S ₂ d	S ₂ d	1
S ₃ d	S ₃ d	S ₂ c	S ₃ d	S ₃ d	S ₃ d	2
S ₄ s	S ₃ tsd	S ₂ s	S ₃ tsd	S ₄ s	S ₃ sd	3
S ₅ s	S ₅ s	S ₄ s	S ₅ s	S ₅ s	S ₅ s	4
S ₃ c	S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	S ₃ c	S ₂ c	5
S ₅ s	S ₅ s	S ₄ s	S ₅ s	S ₅ s	S ₅ s	6
S ₅ d	S ₅ d	S ₄ s	S ₅ sd	S ₄ d	S ₄ td	7
S ₃ c	S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	S ₂ c	8
S ₃ cd	S ₂ cd	S ₂ cs	S ₂ cSD	S ₃ c	S ₂ cd	9
S ₄ d	S ₃ td	S ₃ t	S ₃ td	S ₃ d	S ₂ td	10
S ₃ d	S ₃ d	S ₂ c	S ₃ d	S ₃ d	S ₃ d	11

S₁: بدون محدودیت، S₂: محدودیت کم، S₃: محدودیت متوسط، S₄: محدودیت شدید، S₅: محدودیت خیلی شدید

p: محدودیت عمق، t: محدودیت بافت، d: محدودیت زهکشی، c: محدودیت کربنات، S: محدودیت شوری، a: محدودیت محدودیت سدیمی بودن

نتیجه گیری کلی

شدن سناریوی RCP8.5 تا 60 درصد کاهش محصول وجود خواهد داشت. در مورد سناریوی RCP4.5 فقط کاهش محصول تا حد بحرانی فقط در تیپ بهره‌وری خربزه پیش‌بینی می‌گردد. در شرایط فعلی و سناریوی RCP2.6 فقط به دلیل محدودیت خطر یخبندان با توجه به کشت پاییزه بودن گندم کاهش محصول وجود دارد که در سال‌های آینده به دلیل افزایش دما پیش‌بینی می‌گردد که این مشکل مرتفع گردد. با این حال در منطقه تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم در آینده کشت دیم گندم می‌تواند حتی در بدینانه‌ترین حالت با مدیریت‌های خاص قابل توصیه باشد، به طوری که تا دهم خرداد بارندگی نسبتاً خوبی در منطقه وجود دارد و برداشت محصول نیز در هفته اول و دوم تیر انجام می‌شود با یک آبیاری تکمیلی می‌توان انتظار محصول باکیفیت و کمیت مناسب را داشت.

مطالعات منطقه‌ای تأثیرات تغییرات اقلیمی با توجه به نوسان پارامترهای اقلیمی از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً ضروری است و از طرفی سامانه‌های اقلیمی مختلف نسبت به تغییرات یکسان واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. بنابراین انتظار می‌رود که مدل میکروکلیم که کارایی آن در تحقیقات مختلف ثابت شده است به‌تواند تناسب اراضی را برای تیپ‌های بهره‌وری انتخابی در سه سناریوی مختلف نشان دهد. نتایج نشان داد که با افزایش دما و کاهش بارندگی در منطقه در دهه‌های اخیر، رطوبت نسبی کاهش خواهد یافت. همچنین استرس رطوبتی در دوره 2017 تا 2050 تخمین زده شد که این مسئله باعث افزایش نقش مدیریت آب آبیاری مثل استفاده از روش‌های نوین آبیاری در سال‌های آینده مخصوصاً برای کشت خربزه و در درجات بعدی نخود ضروری خواهد بود. در مورد تیپ‌های بهره‌وری نخود و خربزه در صورت محقق

فهرست منابع:

- اشرف ب.، موسوی بایگی م.، کمالی غ.، داوری کامران. 1390. پیش‌بینی نیاز آبی چغندر قند در دوره‌های 2011-2030 با استفاده از داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG. نشریه آب و خاک، جلد 25، شماره 5، صفحه‌های 1184 تا 1196.
- سبزی‌پرور ع. ا.، ترکمان م.، مریانچی ز. 1391. بررسی تأثیر شاخص‌ها و متغیرهای هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه گندم (مطالعه موردی: استان همدان). نشریه آب و خاک، جلد 26، شماره 6، صفحه‌های 1154 تا 1167.

3. طباطبایی م، قهرمان ن، بابائیان ا. 1394. بررسی میزان تغییرات دما و بارش در قرن حاضر در ایران نسبت به میانگین اقلیمی تحت سناریوهای ICPP AR5. همایش آب و اقلیم. کنگره ملی آبیاری و زهکشی. دانشگاه فردوسی، مشهد.
4. فرشی ع ا، 1378. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول). انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران.
5. Bower, C.A. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Journal of soil science*, 73: 251-261.
6. De la Rosa, D., and Magaldi, D. 1982. Rasgos metodologice de un Sistema de evaluaciontierras para regions mediterraneas. Soc, Esp, Cien, Suelo, Madrid. (In Spanish).
7. De la Rosa, D., Moreno, J.A, Garcia, L.V., and Almorza, J. 1992. MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management*, 8: 89-96.
8. Darwish, K.M., Abdel Kawy, W.A. 2014. Land suitability decision support for assessing land use changes in areas west of Nile Delta, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(3): 865–875.
9. Furió, D., and Meneu, V. 2011. Analysis of extreme temperatures for four sites across Peninsular Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 104(1-2): 83-99.
10. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. "Particle-size analysis". p. 383-411. In P. Klute (ed.) *Methods of Soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
11. Geological survey and Mineral Exploration of Iran. 2006. *Geology Map of Iran*, 1:100000series, Shite N, Miandoab.
12. Ghahreman, N., and Tabatabaei, M. 2015. Feasibility of sugarcane cultivation during the next five decades under RCP climate change scenarios. (Case study: Khuzestan province, Iran). ICID, Montpellier, France.
13. IPCC, 2014. *Climate Change. Fourth Assessment Report, Synthesis Report. Topic1, Chapter 10*, Valencia, Spain.
14. Liambila, R.N., and Kibret, K. 2016. Climate Change Impact on Land Suitability for Rainfed Crop Production in Lake Haramaya Watershed, Eastern Ethiopia. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 7(3): 1-12.
15. Marengo, J.A., Chou, S.C., Torres, R.R., Giarolla, A., Alves, L.M., and Lyra, A. 2014. Climate change in central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. Working Paper No 73.
16. McLean, E.O. 1982. Soil pH and Lime requirement. p. 199-224. In A.L. Page et al (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2* 2nd ed. Agron, Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
17. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-197. In A.L. Page et al (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
18. Nelson, W., and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 532-581. In A.L. Page et al (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
19. Newhall, F., and Berdanier, C.R. 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. *Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report*, No. 46.
20. Okonya, J.S., Syndikus, K., and Kroschel, J. 2013. Farmers' perception of and coping strategies to climate change: evidence from six agro-ecological zones of Uganda. *Journal of Agricultural Science*, 5(8): 252-263.
21. Roades, J.D. 1996. "Soluble salts". p. 167-179. In A.L. Page et al (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

22. Seneviratne, S.I., Donat, M.G., Mueller, B., and Alexander, L.V. 2014. No pause in the increase of hot temperature extremes. *Nature Climate Change*, 4(3): 161-163.
23. Shahbazi, F., Jafarzadeh, A.A., Sarmadian, F., Neyshaboury, M.R., Oustan, Sh., Anaya-Romero, M., Lojo, L., and De la Rosa., D. 2008. Land capability evaluation and climate change impact in semi-arid and mediterranean areas using MicroLEIS DSS. Pp. 216-217. 3rd Congress of Climate Change and Sustainable Development. Huelva, Spain.
24. Shahbazi, F., Jafarzadeh, A.A., Sarmadian, F., Neyshabouri, M.R., Oustan, Sh., Anaya-Romero, M., and De la Rosa, D. 2010. Climate Change Impact on Bioclimatic Deficiency, Using MicroLEIS DSS in Ahar Soils, *Iran Journal of Agricultural Science and Technology*, 12: 191-201.
25. Thomas, G.W. 1982."Exchangeable Cations". p. 159-165. In A.L. Page et al (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*

Climate Change Impact on Land Suitability Evaluation for Some Rainfed Crops in Miandoab Region

P. Sharifi¹, M. Servati, and N. Mohammadkhani

Assistant Professor, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University;

E-mail: p.sharifi@urmia.ac.ir

Assistant Professor, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University;

E-mail: m.sarvati@urmia.ac.ir

Assistant Professor, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University;

E-mail: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir

Received: May, 2017 and Accepted: December, 2017

Abstract

Nowadays, considering the importance of food security, understanding the impact of climate change on land suitability for crop production has become an important issue. The main goal of the present research was to evaluate the climate change impacts on different rainfed crops land suitability under current and future climate change scenario in Miandoab region. For this purpose, Terraza and Almagra models were used in MicroLEIS DSS environment. Almagra model provides evaluation of the suitability of different land units for selected utilization types and Terraza model provides an experimental prediction for bioclimatic deficiency. Morphological and analytical data were obtained from 11 control soil units and saved in the SDBm soil database. Agro ecological data were obtained from Iran Meteorological Organization and saved in the CDBm climate database. Greenhouse gas emission scenarios were selected as future scenarios of climate change from models of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The results revealed that, in the present conditions and in most of the different land units, the suitability order of crops are chickpea >melon> wheat. However, in the future it will be wheat> chickpea> melon. The most important soil limiting factors were salinity, texture, drainage, and lime content. The net effect of climate change on land suitability is negative, except for wheat, and therefore, in climate change conditions, the study area is unsuitable for production of chickpea and melon as rainfed crops. Loss of moisture with increasing drought index in the Terraza model showed that, in future, rainfed cultivation scenario seems to be highly affected by water stress.

Keywords: Almagra Model, MicroLESE DSS, RCP, Terraza Model, Wheat

¹Corresponding author, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University