

ارزیابی ریسک عملکرد زیست‌توده گیاه ذرت تحت تأثیر تغییر اقلیم

مریم روستایی^{1*}، تیمور سهرابی، علیرضا مساح بوانی، محمد صادق احدی

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران؛ پردیس کرج؛

roostae.maryam@gmail.com

استاد گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، پردیس کرج؛

tmsohrabi@yahoo.com

استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان؛

armassah@yahoo.com

معاون دفتر ملی تغییر آب و هوا، سازمان محیط زیست؛

ahadi_msa@yahoo.com

چکیده

این مطالعه به تحلیل ریسک عملکرد زیست‌توده گیاه ذرت در دوره 2010-2039 میلادی در مزرعه‌ای واقع در پاکدشت تحت تأثیر عدم قطعیت ناشی از مدل‌های جفت شده جوی- اقیانوسی (AOGCM) پرداخته است. به این منظور سناریوهای تغییر اقلیم حاصل از 9 مدل AOGCM-AR4 تحت سناریوی انتشار A2 در دو دوره 1971-2000 و 2010-2039 برای منطقه مورد مطالعه محاسبه و با برآزش تابع بتا وزن‌دهی شدند. در ادامه با استفاده از روش مونت کارلو، 2000 نمونه از هر سناریو اقلیمی دما و بارش ماهانه منطقه تولید و مقادیر تغییرات دما و بارش مربوط به سطوح ریسک 25، 50 و 75 درصد استخراج شدند. مدل آماری LARS-WG برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌ها در سطح مزرعه بکار برده شد. در مرحله آخر با معرفی مقادیر دما و بارش منطقه در سه سطح ریسک 25، 50 و 75 درصد در دوره 2010-2039 به مدل AquaCrop، مقادیر زیست‌توده ذرت در دوره 2010-2039 شبیه‌سازی شدند. نتایج نشان- دهنده روند نزولی زیست‌توده، در تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری بود، بطوریکه در سطح ریسک 50 درصد، 1/21 و 1/42 تن بر هکتار کاهش در زیست‌توده به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری، پیش‌بینی شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، پاکدشت، ذرت، ریسک، زیست‌توده، آکواکراپ

مقدمه

آفریقایی و آسیایی قسمت اعظم آب شیرین صرف کشاورزی شده و از روش‌های ساده آبیاری و انتقال آب (با تلفات زیاد آب) استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در این کشورها قسمت عمده اراضی دارای آب و هوای گرم و خشک هستند، تغییرات دما و الگوی بارش، بر

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کشاورزی بنیاد اقتصاد را تشکیل می‌دهد و منبع اصلی امرار معاش می‌باشد و در عین حال از جمله آسیب‌پذیرترین بخش‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی به حساب می‌آید. در کشورهای

1. آدرس نویسنده مسؤل: کرج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه آبیاری و آبادانی

* دریافت: آبان، 1390 و پذیرش: بهمن، 1391

می‌تواند نتایج غیر کاربردی و غیرمنطقی را بدنبال داشته باشد. ضعفی که در تمامی پژوهش‌های مذکور دیده می‌شود عدم دخالت عدم قطعیت‌های ناشی از مدل‌های گردش عمومی جو¹ بوده که از مهمترین منابع عدم قطعیت در مطالعات اقلیمی به حساب می‌آیند.

در این مطالعه به بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر مقادیر زیست‌توده گیاه ذرت در دوره 2010-2039 میلادی با در نظر گرفتن عدم قطعیت ناشی از مدل‌های سه بعدی جفت شده اتمسفر-اقیانوس، گردش عمومی جو² (AOGCM) (2)؛ 17؛ 16؛ 25) پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، پاکدشت (عرض جغرافیایی 28° 35' و طول جغرافیایی 45° 51') واقع در جنوب شرقی استان تهران با آب و هوای خشک، بارندگی سالانه حدود 200 میلیمتر (متمركز در زمستان و اواخر پاییز) و میانگین دمای 8- تا 37 می‌باشد و داده‌های مزرعه‌ای مورد نیاز برای واسنجی مدل گیاهی، از مزرعه ذرت به وسعت 200 متر مربع واقع در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران بدست آمده است. گیاه ذرت در پاکدشت در اوایل خرداد ماه کشت می‌شود و با توجه به نوع رقم کشت شده، در اواخر تابستان و یا در پاییز برداشت می‌شود.

امکان ادامه حیات و عملکرد محصولات کشاورزی تأثیرات چشمگیری خواهد داشت (14).

تغییرات اقلیم در آینده تغییراتی (عمدتاً منفی) را در شرایط تولید محصولات کشاورزی و همچنین امنیت غذایی در سرتاسر جهان ایجاد خواهد کرد (5) که می‌تواند برای کشاورزان بحران اقتصادی بیافریند و همچنین احتمال بازگشت سرمایه در اثر رواج رخدادهای نامساعد جوی را کمتر خواهد کرد (26).

با توجه به مطالب ذکر شده نیاز به بررسی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در مقیاس مزرعه‌ای با هدف کاهش فقر در بین کشاورزان کم بضاعت، آسیب‌پذیر و قشر وابسته به کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد (12).

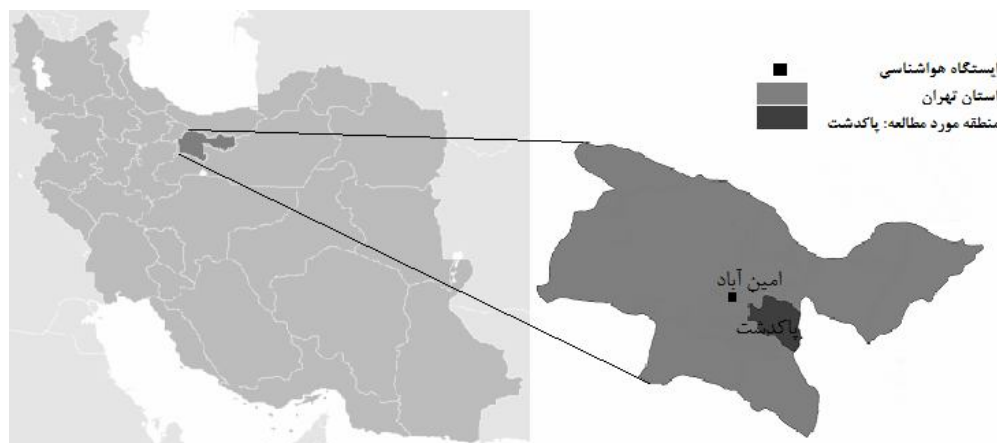
در این زمینه تحقیقات زیادی در کشورهای مختلف جهان صورت گرفته است. در آرژانتین در دوره 2070-2041 تحت تأثیر تغییر اقلیم، 19/1-13/2 درصد کاهش عملکرد ذرت در آرژانتین گزارش کردند (24). در تحقیق مذکور از مدل‌های ECHAM4, HADCM3, PCM, SCIRO و CGCM2 و سناریوهای انتشار B1 و A1F1 استفاده شده است. در شیلی 4/3-2/3 و 3/8-2 تن در هکتار کاهش عملکرد ذرت به ترتیب برای ارقام دیررس و زودرس در شیلی در دوره 2070-2089 گزارش شده است (15).

بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر عملکرد گندم و ذرت در مصر نشان داد که در دوره 2023-2053 در مصر، عملکرد گندم و ذرت به ترتیب 41 و 56 درصد کاهش خواهند یافت (5). همچنین در تانزانیا در اثر دو درجه افزایش دما تا سال 2050 به ترتیب 13، 8/8 و 7/6 درصد کاهش عملکرد محصول گیاهان ذرت، سورگوم و برنج گزارش شده است (19).

گرچه تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر گیاهان در نقاط مختلف دنیا انجام شده است ولی در اکثر آن‌ها عدم قطعیت‌های مربوط به تغییر در پارامترهای اقلیمی نادیده گرفته شده است. این امر

¹. General Circulation Model

². Atmosphere- Ocean General Circulation Model



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

تغییر اقلیم در دوره 2010-2039، استفاده شد. این مدل‌ها در زمره مدل‌های معرفی شده در چهارمین گزارش ارزیابی¹ (AR4) کمیته بین‌الدول تغییر اقلیم²، در سال 2007 می‌باشند.

با در دست داشتن شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی برای دوره‌های گذشته توسط مدل‌های AOGCM، می‌توان با محاسبه تغییرات متغیر اقلیمی مورد نظر در دوره‌های آتی نسبت به دوره گذشته، سناریوی تغییر اقلیم³ آن متغیر را بدست آورد. در این حالت برای دما از اختلاف بین دو متغیر و برای بارندگی از نسبت بین آن‌ها استفاده می‌شود (11). لذا برای محاسبه سناریوی تغییر اقلیم در هر مدل AOGCM مقادیر "اختلاف" برای دما و "نسبت" برای بارندگی بین میانگین 30 ساله در دوره‌های آتی (2039-2010) و دوره شبیه‌سازی شده پایه توسط همان مدل (2000-1971) محاسبه می‌شود. این مقادیر بیانگر میانگین درازمدت 30 ساله تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه می‌باشد.

$$\Delta T_i = (\overline{T}_{GCM, fut, i} - \overline{T}_{GCM, base, i}) \quad (1)$$

$$\Delta P_i = \left(\frac{\overline{P}_{GCM, fut}}{\overline{P}_{GCM, base}} \right) \quad (2)$$

استفاده از ارقام میان‌رس و دیررس با توجه به عملکرد مناسب در این منطقه توسط کشاورزان محلی ترجیح داده می‌شود. عمق خاک زراعی در منطقه آزمایش حدود یک متر با زهکشی مناسب و از نوع لومی می‌باشد. داده‌های هواشناسی مورد نیاز این پژوهش (دمای کمینه، بیشینه و میانگین و بارش روزانه) از ایستگاه هواشناسی پاکدشت واقع در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران و نزدیکترین ایستگاه هواشناسی، امین آباد، برای سال‌های 1971-2000 و همچنین 2009-2010 گرفته شد. همچنین به منظور واسنجی مدل گیاهی AquaCrop در مزرعه مطالعاتی از داده‌های جمع‌آوری شده توسط نجار و همکاران در سال 1388 در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، واقع در پاکدشت استفاده شد.

تولید سناریوهای اقلیمی

در حال حاضر مدل‌های AOGCM معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی به‌شمار می‌روند و در بسیاری از تحقیقات از این مدل‌ها جهت تولید سناریوهای اقلیمی استفاده گردیده است (9؛ 24 و 5). در این پژوهش از خروجی ماهانه نه مدل PCM, CCSM, SCIRO و ECHAM5, GFDL, GISS, HadCM3, MIRCO و CGCM3 تحت سناریوی انتشار A2 برای ارزیابی اثرات

¹ Forth Assessment Report

² Intergovernmental panel on climate change

³ Change Field

α و β پارامترهای تعیین کننده چولگی نمودار هستند که مقادیر بزرگتر از صفر را به خود اختصاص می دهند و X داده های ورودی به مدل است.

هر سطر از داده های جدول 1، یک سری سناریو تغییر اقلیم دما و هر سطر از داده های جدول 2، یک سری سناریو تغییر اقلیم بارش است که ورودی تابع بتا هستند. با اینکار در مجموع 12 تابع بتا برای سناریوهای تغییر اقلیم دما و 12 تابع بتا برای سناریوهای تغییر اقلیم بارندگی حاصل گردید. پس از برازش مناسب توزیع بتا به سری داده های ماهانه ΔT و ΔP (سناریوهای تغییر اقلیم)، به منظور محاسبه تابع توزیع تجمعی² (CDF) ماهانه دما و بارش منطقه در دوره آتی، 2000 نمونه از هر سناریوی تغییر اقلیم به روش مونت کارلو (13؛ 17) به صورت تصادفی و با استفاده از نرم افزار SimLab (8) تولید گردید و مقادیر سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارش منطقه در سطوح ریسک 25، 50 و 75٪، از CDF محاسبه شده، استخراج گردید.

در روابط فوق ΔT_i و ΔP_i به ترتیب بیانگر سناریوی تغییر اقلیم مربوط به دما و بارندگی برای میانگین دراز مدت 30 ساله برای هر ماه ($1 \leq i \leq 12$)، $\bar{T}_{GCM,Future}$ و $\bar{P}_{GCM,Future}$ میانگین 30 ساله دما و بارش شبیه سازی شده توسط AOGCM در دوره 2039-2010 و $\bar{T}_{GCM,Baseline}$ و $\bar{P}_{GCM,Baseline}$ میانگین 30 ساله دما و بارش شبیه سازی شده توسط AOGCM در دوره مشابه با دوره مشاهداتی (1971-2000) برای هر ماه می باشد (11).

تحلیل عدم قطعیت و آنالیز ریسک

پس از تعیین سناریوهای ماهانه تغییر اقلیم دما و بارش منطقه در دوره های آتی (که از 9 مدل AOGCM حاصل شده اند) توزیع احتمالاتی هر سناریوی ماهانه با تابع بتا¹ (رابطه 3) مشخص گردید:

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} * \frac{1}{b-a} * \left[\frac{x-a}{b-a} \right]^{\alpha-1} * \left[\frac{b-x}{b-a} \right]^{\beta-1}$$

در این رابطه: a و b ابتدا و انتهای بازه می باشند. ($a < b$).

جدول 1- سناریوهای تغییر اقلیم دما (ΔT) در دوره 2010-2039 نسبت به دوره پایه (1971-2000) از مدل های AOGCM

ماه / مدل	CGCM3	ECHAM	GFDLCM3	GISS ER	HADCM3	MIROC	PCM	RCCSM3	SCIRO3
ژانویه	0/6	0/97	0/4	0/62	0/82	1/1	0/24	0/77	1/06
فوریه	0/99	0/27	0/51	0/84	0/9	1/34	0/15	1/25	0/64
مارس	1/47	1/03	1/34	1/22	1/38	0/72	0/51	1/39	0/93
آوریل	1/45	0/86	1/45	2/39	1/04	1/19	0/74	1/59	0/71
مه	1/82	0/92	1/76	2/2	1/49	1/47	0/76	1/57	0/68
ژوئن	1/52	1/26	1/77	3/29	1/59	1/87	0/77	1/68	1/14
ژوئیه	1/41	1/26	1/55	1/67	1/82	1/67	0/6	2/05	0/65
اوت	1/72	1/06	2/07	1/88	1/38	1/74	0/68	2/23	1/26
سپتامبر	1/71	1/18	1/59	1/21	1/92	1/57	1/05	1/8	1/44
اکتبر	1/3	1/19	1/43	1/42	1/81	1/38	1/08	1/66	1/15
نوامبر	1/08	0/71	1/02	0/7	1/34	1/21	0/93	1/82	1/5
دسامبر	0/84	1/05	1/06	1/01	1/07	0/98	0/5	1/04	0/53

¹.Beta distribution function

².Cumulative Distribution Function

جدول 2 - سناریوهای تغییر اقلیم بارش (ΔP) در دوره 2010-2039 نسبت به دوره پایه (1971-2000) از مدل‌های AOGCM

ماه/مدل	CGCM3	ECHAM	GFDLCM3	GISS ER	HADCM3	MIROC	PCM	RCCSM3	SCIRO3
ژانویه	1/08	0/95	1/29	0/72	11/22	1/01	1/08	0/99	1/21
فوریه	1/01	1/08	0/96	0/96	0/79	1/01	1/02	0/92	0/95
مارس	0/86	0/92	0/9	0/73	1/02	0/84	0/93	0/91	1/04
آوریل	0/88	1/05	0/83	0/84	1/16	0/84	0/93	0/80	1/14
مه	0/87	0/85	1/04	0/66	0/94	0/96	1/06	0/84	1/05
ژوئن	0/86	0/67	0/9	0/77	0/96	0/95	0/88	0/64	0/86
ژوئیه	0/81	0/8	1/3	3/18	0/60	1/78	0/66	0/81	0/65
اوت	0/95	0/84	0/43	0/26	1/14	1/58	1/03	0/96	0/8
سپتامبر	0/78	0/84	0/7	24	0/82	1/44	0/77	1/08	0/86
اکتبر	1/12	0/93	0/61	0/79	0/59	1/08	0/97	1/11	0/99
نوامبر	1/33	1/12	0/97	1/07	1/2	1/03	1/15	0/85	1/19
دسامبر	1/2	1/12	1/06	1/08	0/96	0/92	1/21	1/12	1/19

شرایط اقلیم حاضر و آینده بکار می‌رود (18، 20، 21). اولین نسخه LARS-WG در بوداپست در سال 1990 به عنوان ابزاری برای ریز مقیاس نمایی به روش آماری در کشور مجارستان ابداع شد (18). این مدل برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی، توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را بکار می‌برد؛ مبنای این مدل برای مدل‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش، توزیع نیمه تجربی بوده و با کمک سری‌های فوریه، درجه حرارت را تخمین می‌زند. همچنین درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه روزانه بصورت فرآیندهای تصادفی با میانگین و انحراف معیارهایی که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، مدل‌سازی می‌شوند. سری فوریه مرتبه سوم برای شبیه سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی بکار می‌رود. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشد. تولید داده توسط این مدل در 3 مرحله انجام می‌شود: واسنجی مدل، ارزیابی مدل، تولید داده‌های هواشناسی.

مدل LARS-WG از داده‌های مشاهداتی روزانه ایستگاه منطقه مورد مطالعه برای محاسبه خصوصیات آماری داده‌های ایستگاه مورد مطالعه استفاده می‌کند. این مرحله که به نوعی کالیبراسیون مدل با داده‌های مشاهداتی

مقادیر ΔT معرف تغییرات مطلق دما و مقادیر ΔP معرف تغییرات نسبی بارش است به این صورت که مقادیر مثبت ΔT ، نشانگر افزایش دما و مقادیر ΔP بزرگتر و کوچکتر از یک به ترتیب نشانگر نسبت افزایش و کاهش بارش، در دوره مورد مطالعه (2010-2039) نسبت به دوره پایه (1971-2000) هستند.

ریز مقیاس نمایی

یکی از مشکلات عمده در استفاده از مدل‌های AOGCM در مطالعات اقلیمی در سطوح منطقه‌ای، بزرگ بودن مقیاس مکانی و قدرت تفکیک پائین این مدل‌ها می‌باشد. از این رو نیاز است خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات اقلیمی، ریز مقیاس شوند. یکی از روش‌های ریز مقیاس‌نمایی، روش آماری است که از جمله مزایای استفاده از آن، ارزیابی سریع و ساده است که هنگامی که هزینه‌های کمتر و ارزیابی سریعتر مد نظر باشد، از مزایا و قابلیت‌های بسیار برخوردار می‌باشد. در این تحقیق از روش ریز مقیاس نمایی آماری با استفاده از مدل مولد آب و هوا (LARS-WG) استفاده گردید. این مدل یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی آب و هوا است که برای تولید بارش روزانه، تابش، بیشینه و کمینه درجه حرارت‌های روزانه در یک ایستگاه تحت