

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشگاه رازی

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

گروه جغرافیا

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی جغرافیا گرایش
اقلیم‌شناسی

عنوان پایان نامه:

تغییرپذیری بارش فصلی و کاربرد آن در کشت کلزا
(مطالعه موردی: جلگه خزر)

استاد راهنما:

دکتر فیروز مجرد

نگارش:

راضیه خیری

اسفند ماه ۱۳۹۱

تقدیم به:

روشن‌ترین آیات رحمت الهی در آسمان زندگی

پدر و مادر عزیزم

سپاسگزاری

سپاس خداوندگار حکیم را که با لطف بی کران خود، آدمی را زیور عقل آراست. در آغاز وظیفه خود می دانم که از زحمات استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر فیروز مجرد صمیمانه تشکر و قدردانی کنم که قطعاً بدون راهنمایی های ارزنده ایشان، این مجموعه به انجام نمی رسید.

از جناب آقای دکتر بهمن فرهادی که در این پژوهش از راهنمایی های بی دریغ شان بهره برده ام بسیار سپاسگزارم.

از اساتید گروه جغرافیا جناب آقای دکتر حسن ذوالفقاری، جناب آقای دکتر محمود علایی طالقانی، جناب آقای دکتر جعفر معصوم پور، جناب آقای دکتر ایرج جباری، جناب آقای دکتر جعفر توکلی، جناب آقای دکتر امجد ملکی و جناب آقای دکتر امید علی مرادی که در طول تحصیل از محضر ایشان بهره برده ام کمال تشکر و قدردانی را دارم. از کارشناسان محترم گروه جناب آقایان خزائی و فرجی نیز تشکر می نمایم.

بوسه می زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، پدر و مادر عزیزم و بعد از خدا ستایش می کنم وجود مقدس شان را که همواره بهترین پشتیبان من بوده اند.

همچنین همراهی صمیمانه خواهر و برادران عزیزم را ارج می نهم.

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تغییرپذیری بارش فصلی و مشخص نمودن کاربرد آن در تاریخ شروع کشت کلزا در ایستگاه‌های منتخب جلگه خزر طی دوره آماری ۴۷ ساله (۲۰۰۷-۱۹۶۱) انجام شده است. بارش فصلی در این تحقیق، معادل دوره بارش اصلی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شده است. در ابتدا تغییرپذیری بارش برای یک دوره ۹ ماهه (از سپتامبر تا می) بررسی شد. به منظور دستیابی به این هدف، با بهره‌گیری از نرم‌افزار INSTAT مقادیر درصد تجمعی میانگین بارش در دوره‌های پنج روزه (Pentads) برای ایستگاه‌های منطقه محاسبه گردید. سپس بر اساس دو معیار ۱۰ و ۹۰ درصد بارش تجمعی کل سال در هر ایستگاه، به ترتیب تاریخ‌های آغاز و خاتمه دوره بارش در آن ایستگاه مشخص گردید. در مرحله بعد برای بررسی تغییرپذیری بارش‌ها، از دو شاخص آنومالی بارش (RAI) و انحراف تجمعی میانگین استفاده شد. در نهایت، برای تعیین تاریخ مناسب آغاز کشت کلزا در ایستگاه‌ها، عملکرد کلزا در تاریخ‌های مختلف پیشنهادی با در نظر گرفتن تاریخ‌های دوره‌های پنج روزه (Pentads) با استفاده از مدل CropSyst برآورد گردید. داده‌های اقلیمی بارش بر حسب میلی‌متر، دمای حداکثر بر حسب درجه سانتیگراد، دمای حداقل بر حسب درجه سانتیگراد، تابش خورشیدی بر حسب $Mj/m^2/day$ ، رطوبت نسبی حداکثر بر حسب درصد، رطوبت نسبی حداقل بر حسب درصد و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در روز در برآورد عملکرد کلزا استفاده شد و بر مبنای بهترین عملکرد، مناسب‌ترین تاریخ شروع کشت در هر ایستگاه مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با وجود اینکه میانگین تاریخ‌های آغاز و خاتمه در ایستگاه‌های منتخب اختلاف زیادی ندارند، اما در هر یک از ایستگاه‌ها و همچنین ایستگاه‌ها در مقایسه با یکدیگر، تغییرات بین سالانه زیادی وجود دارد که این نوسان در تاریخ‌های خاتمه بیشتر از تاریخ‌های آغاز است. نتایج شاخص آنومالی بارش (RAI) و شاخص انحراف تجمعی میانگین نشان داد که بارش‌های فصلی و سالانه در ایستگاه‌های جلگه خزر اختلاف قابل توجهی با هم دارند. مناسب‌ترین تاریخ‌های کشت کلزا از ۳۰ اکتبر (۱۰ آبان) در ایستگاه گرگان تا ۲۰ نوامبر (۳۰ آبان) در ایستگاه‌های رامسر و بندر انزلی متغیر است.

واژگان کلیدی: تغییرپذیری بارش، آغاز دوره بارش، خاتمه دوره بارش، شاخص RAI، کشت کلزا، جلگه خزر

پیشگفتار

آب و هوا یکی از عواملی است که تمام جنبه‌های زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این میان می‌توان گفت که بارش اهمیت بیشتری دارد و این اهمیت در فعالیت‌های کشاورزی بسیار چشمگیر است. با توجه به واقع شدن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک، شناخت ویژگی‌های بارش و تغییرات آن و همچنین تأثیر و کاربردی که می‌تواند در فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی داشته باشد بسیار حائز اهمیت است. از آنجا که توزیع فصلی بارش (دوره بارش) در کشور تنوع چشمگیری دارد، لذا مطالعه تغییرات آن و جایگاهی که در برنامه‌ریزی‌های مختلف می‌تواند داشته باشد بسیار راهگشا خواهد بود. جلگه خزر که در این مطالعه تغییرات بارش آن بررسی می‌شود یکی از مناطق پر بارش کشور است که پتانسیل خوبی در زمینه فعالیت‌های کشاورزی دارد و شناخت ویژگی‌های بارش آن به بهبود هرچه بیشتر این فعالیت کمک خواهد نمود. این ناحیه به دلیل بارش قابل توجه، می‌تواند امکان کشت دیم برخی از محصولات کشاورزی را فراهم آورد. در جلگه خزر محصولات مختلفی کشت می‌شود اما چنانچه شرایط کشت محصولی چون کلزا به عنوان یک دانه روغنی استراتژیک و بسیار مهم در جلگه شناخته شود می‌تواند بخشی از وابستگی کشور به واردات روغن را کاهش دهد. در این پژوهش سعی شده است ویژگی‌های بارش فصلی (دوره بارش) در جلگه خزر بررسی شده و به نحوی در تعیین تاریخ مناسب شروع کشت کلزا به کار گرفته شود. این مجموعه در شش فصل تنظیم شده است. فصل اول طرح تحقیق است که در آن به تعریف موضوع، پیشینه تحقیق و اهداف و فرضیات پژوهش پرداخته شده است. فصل دوم به طور مختصر به بررسی ویژگی‌های گیاه کلزا پرداخته است. در فصل سوم ویژگی‌های جغرافیایی و طبیعی جلگه خزر بیان شده است. فصل چهارم روش تحقیق می‌باشد که در آن به نحوه اخذ داده‌ها، بازسازی و پردازش آنها و به طور کلی روش‌های به کار رفته در تحقیق پرداخته شده است. فصل پنجم تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از تحقیق است و سرانجام در فصل ششم، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مباحث و پیشنهادات لازم ارائه گردیده است. امید است محققین محترم بتوانند از نتایج این پژوهش بهره لازم را ببرند.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: طرح تحقیق

۲	۱-۱ تعریف موضوع
۳	۲-۱ پیشینه تحقیق
۳	۱-۲-۱ پیشینه مطالعات در جهان
۷	۲-۲-۱ پیشینه مطالعات در ایران
۹	۳-۱ اهداف پژوهش
۱۰	۴-۱ فرضیات تحقیق

فصل دوم: ویژگی‌های گیاه کلزا

۱۱	مقدمه
۱۱	۱-۲ واژه کلزا
۱۲	۲-۲ مبدأ کلزا
۱۲	۳-۲ پیشینه کشت کلزا
۱۳	۴-۲ ویژگی‌های گیاه‌شناسی کلزا
۱۴	۵-۲ مواد تشکیل دهنده دانه کلزا
۱۵	۶-۲ گونه‌های کلزا
۱۷	۷-۲ مراحل مختلف رشد و نمو کلزا
۱۷	۸-۲ آفات و بیماری‌ها
۱۹	۹-۲ سازگاری اقلیمی کلزا
۱۹	۱۰-۲ نوع خاک
۲۰	۱۱-۲ نیاز آبی
۲۰	۱۲-۲ روش‌های کاشت
۲۱	۱۳-۲ سطح، تولید و عملکرد کلزا

فصل سوم: ویژگی‌های جغرافیایی و طبیعی جلگه خزر

۲۵	۱-۳ ویژگی‌های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۲۵	۱-۱-۳ موقعیت منطقه
۲۵	۲-۱-۳ توپوگرافی منطقه
۲۶	۳-۱-۳ آب و هوا
۲۷	۱-۳-۱-۳ بارش
۲۷	۲-۳-۱-۳ دما

فصل چهارم: روش تحقیق

مقدمه	۲۹
۱-۴ داده‌ها	۲۹
۲-۴ گزینش ایستگاهها	۲۹
۳-۴ آماده‌سازی دادهها	۳۰
۴-۴ نرم افزار INSTAT	۳۱
۱-۴-۴ منوی آماری	۳۱
۲-۴-۴ منوی اقلیمی	۳۰
۵-۴ شاخص‌های تحلیل تغییرپذیری بارش	۳۲
۱-۵-۴ شاخص انحراف تجمعی بارش	۳۲
۲-۵-۴ شاخص آنومالی بارش (RAI)	۳۲
۶-۴ میانگین تاریخ‌های آغاز و خاتمه بارش فصلی (دوره بارش)	۳۳
۷-۴ برآورد عملکرد پتانسیل کلزا با مدل CropSyst	۳۴
۸-۴ تعیین تاریخ شروع کشت و طول دوره کشت کلزا با مدل Cropsyst	۳۶

فصل پنجم: نتایج و بحث

۱-۵ بررسی تغییرپذیری بارش فصلی و سالانه	۳۹
۲-۵ تغییرات سالانه شاخص آنومالی بارش (RAI) در ایستگاهها	۴۱
۳-۵ ضریب تغییرات مقادیر بارش دوره اصلی و تعداد روزهای بارش	۴۳
۴-۵ آغاز، خاتمه و طول دوره بارش اصلی	۴۵
۵-۵ تعیین مناسب‌ترین تاریخ‌های آغاز کشت کلزا در	۵۰

فصل ششم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱-۶ نتیجه‌گیری	۵۳
۲-۶ آزمون فرضیات	۵۳
۳-۶ پیشنهادات	۵۴
منابع	۵۵

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲۳	شکل ۳-۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران.....
۲۴	شکل ۳-۲ نقشه کاربری اراضی جلگه خزر.....
۲۵	شکل ۳-۳ نمودار میانگین ماهانه بارش ایستگاه‌ها (۱۹۶۱-۲۰۰۷).....
۲۶	شکل ۳-۴ نمودار میانگین ماهانه دمای ایستگاه‌ها (۱۹۶۱-۲۰۰۷).....
۲۹	شکل ۴-۱ نقشه موقعیت ایستگاه‌ها در جلگه خزر.....
۳۵	شکل ۴-۲ بخشی از فایل هواشناسی ایستگاه بابلسر در سال ۱۹۶۱.....
۳۹	شکل ۵-۱ نمودارهای شاخص انحراف تجمعی میانگین بارش دوره اصلی و بارش سالانه ایستگاه‌های.....
۴۱	شکل ۵-۲ نمودارهای تغییرات سالانه شاخص آنومالی دوره بارش اصلی و سالانه (RAI) ایستگاه‌های.....
۴۴	شکل ۵-۳ نمودار میانگین مقدار بارش دوره اصلی در فواصل زمانی پنج روزه (pentads).....
۴۶	شکل ۵-۴ نمودارهای درصد تجمعی مقدار بارش و تعداد روزهای بارش براساس pentads.....
۴۸	شکل ۵-۵ نمودارهای آغاز و خاتمه دوره بارش اصلی در ایستگاه‌ها به همراه خط روند مربوطه.....
۵۰	شکل ۵-۶ نمودار عملکرد کلزا بر حسب کیلوگرم در ایستگاه‌ها (۱۹۶۱-۲۰۰۷).....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۷.....	جدول ۱-۲ مشخصات مهم ارقام زمستانه کلزا.....
۲۳.....	جدول ۱-۴ مشخصات ایستگاههای منطقه.....
۴۱.....	جدول ۱-۵ سالهای همراه با خشکسالی و ترسالی در ایستگاهها.....
۴۲.....	جدول ۲-۵ ماتریس همبستگی مقادیر شاخص آنومالی بارش (RAI) دوره بارش اصلی در ایستگاهها.....
۴۲.....	جدول ۳-۵ ماتریس همبستگی مقادیر شاخص آنومالی بارش (RAI) بارش سالانه در ایستگاهها.....
۴۳.....	جدول ۴-۵ مقدار بارش، تعداد روزهای بارش و درصد ضریب تغییرات آنها در ایستگاههای منطقه.....
۴۴.....	جدول ۵-۵ آماره های مقدار بارش در ایستگاههای مورد مطالعه (۲۰۰۷-۱۹۶۱).....
۴۸.....	جدول ۶-۵ آماره های تاریخهای آغاز، خاتمه و طول دوره بارش اصلی در ایستگاهها (۲۰۰۷ - ۱۹۶۱).....
۴۹.....	جدول ۷-۵ تاریخهای پیشنهادی آغاز کشت کلزا و عملکرد و طول دوره رشد حاصل از مدل cropsyst.....
۵۰.....	جدول ۸-۵ مشخصات خاک ایستگاهها.....

فصل اول

طرح تحقيق

۱-۱ تعریف موضوع

بارش به عنوان یکی از عناصر اقلیمی مهم در ویرنی‌های خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد، اهمیت مقدار بارش و تغییرات آن برکسی پوشیده نیست. میانگین سالانه بارش ایران نزدیک به ۲۵۰ میلیمتر است اما بارش دریافتی مناطق کویری از ۵۰ میلیمتر هم کمتر است. در عوض در برخی نقاط کرانه‌های غربی خزر بارش سالانه نزدیک به ۱۸۰۰ میلیمتر است (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۲۲). براساس مطالعات انجام شده در طرح اطلس اقلیمی ایران در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ بیش از دو سوم وسعت کشور دارای میانگین سالیانه بارش کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد، اما هسته‌های پربارش بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر در منطقه زاگرس و دامنه‌های شمالی البرز وجود دارد (عسگری و رحیم زاده، ۱۳۸۵: ۶۷). بنابراین بررسی ویژگی‌های بارش و بویژه تغییرات آن در مناطقی که پتانسیل بارشی مناسب دارند می‌تواند به منظور کاربرد در برنامه‌ریزی‌های مربوطه ضروری باشد. یکی از ویژگی‌های بارش، زمان شروع و خاتمه فصل بارش می‌باشد. این ویژگی نقش تعیین‌کننده‌ای در فعالیتهای کشاورزی مانند زمان شروع بذر پاشی، برنامه‌ها و استراتژی‌های آبیاری دارد. همه تلاش‌ها و کوشش‌ها در جهت امر کاشت، داشت و برداشت، رسیدن به یک عملکرد اقتصادی مطلوب می‌باشد. برای رسیدن به این امر عواملی به طور مستقیم و غیر مستقیم تأثیرگذار خواهند بود که بدون در نظر گرفتن این عوامل نمی‌توان به هدف مورد نظر رسید؛ این شرایط عبارتند از: زمین مناسب، آماده کردن زمین، تاریخ مناسب کشت، فراهم بودن شرایط آب و هوایی، استفاده مناسب از ادوات کشاورزی و رقم متناسب با شرایط منطقه.

میزان بارش و توزیع فصلی آن نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در فعالیتهای کشاورزی دارد. در کشور ما یکی از محصولات کشاورزی استراتژیک کلزا می‌باشد که در گروه گیاهان روغنی و صنعتی قرار دارد. با توجه به مصرف سرانه ۱۵/۸ کیلوگرمی روغن در کشور و وارداتی بودن قسمت اعظم روغن مورد نیاز، کشت و توسعه گیاهان صنعتی ضرورت فراوان دارد (میرزائی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵۹). از آنجایی که کلزا قابلیت کشت به صورت دیم در نواحی پرباران را دارد بنابراین بررسی ویژگی‌ها و تاریخ کشت این محصول در جلگه خزر می‌تواند قابل ملاحظه باشد. در تحقیق حاضر سعی شده است تا ویژگی‌های بارش فصلی و تغییرپذیری آن در جلگه خزر با شاخص‌های آنومالی بارش (RAI)^۱ و درصد تجمعی بارش و با بهره‌گیری از

^۱ -Rainfall Anomaly Index

نرم افزار INSTAT بررسی شود. همچنین با استفاده از نتایج به دست آمده تاریخ مناسب کشت محصول کلزا در منطقه مورد مطالعه تعیین گردد.

۲-۱ پیشینه تحقیق

۱-۲-۱ پیشینه مطالعات در جهان

کامبرلین و اُکولاً^۱ (۲۰۰۳: ۵۲) در مطالعه آغاز و خاتمه بارش طولانی مدت در شرق آفریقا و تغییرپذیری سالانه آن با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی به این نتایج دست یافتند که تاریخ‌های آغاز، تغییرپذیری سالانه زیادی را نشان می‌دهند. دامنه تغییرات تاریخ‌های آغاز از پانزدهم فوریه تا سیزدهم آوریل طی یک دوره ۳۰ ساله با انحراف معیار ۱۴/۵ روز محاسبه شد. تاریخ‌های خاتمه، تغییرات کمتری داشتند. دامنه آن از سوم می تا نهم ژوئن با انحراف معیار ۱۰/۳ روز محاسبه شد. همچنین مشخص گردید که میزان کل بارش‌های فصلی بیشتر به تاریخ‌های آغاز وابسته است تا تاریخ‌های خاتمه.

اُدکونله^۲ (۲۰۰۴: ۴۷۳-۴۷۲) در مطالعه خود بارش و طول فصل رشد را در نیجریه بررسی کرد. وی برای تعیین تاریخ‌های آغاز و خاتمه فصل رشد و طول فصل رشد از روش درصد تجمعی میزان بارش در دوره‌های ۵ روزه و احتمال بارش روزانه استفاده کرد. در روش درصد تجمعی میزان بارش در دوره‌های ۵ روزه، زمان آغاز دوره بارش موقعی است که بارش تجمعی دوره‌های ۵ روزه به ۸-۷ درصد بارش کل سال برسد و زمان خاتمه دوره بارش موقعی است که بارش تجمعی دوره‌های ۵ روزه به ۹۰ درصد بارش کل سال برسد. همچنین بر اساس روش احتمال بارش روزانه، زمان آغاز فصل بارش موقعی است که برای اولین بار احتمال بارش روزانه به مساوی یا بالاتر از ۰/۵ برسد و زمان خاتمه دوره بارش موقعی است که برای آخرین بار احتمال بارش روزانه به ۰/۵ برسد. نتایج نشان داد که میانگین طول فصل رشد برای ایستگاه ایکجا^۳ تقریباً ۷ ماه و برای ایستگاه‌های آندو^۴، ایلورین^۵، کادونا^۶ و کانو^۷ به ترتیب ۷ ماه، ۶ ماه، ۵ ماه و ۳ ماه است. آغاز فصل برای آندو، ایلورین، کادونا، کانو و ایکجا به ترتیب اواسط دهه سوم مارس، اواسط آوریل، آخر دهه اول مه، اوایل ژوئن و دهه سوم مارس است. زمان خاتمه فصل برای ایکجا، آندو، ایلورین، کادونا و کانو به ترتیب اوایل دهه سوم اکتبر، اوایل دهه سوم اکتبر، اواخر دهه اول اکتبر، آخر سپتامبر و اوایل دهه دوم سپتامبر است.

¹- Camberlin & Okoola

²- Odekunle

³- Ikeja

⁴- Ondo

⁵- Ilorin

⁶- Kaduna

⁷- Kano

راس و همکاران^۱ (۲۰۰۴: ۱۷۷) برای تعیین تاریخ‌های کشت بر پایه شروع فصل بارندگی، از سه شاخص آرکس^۲ (۲۵ میلی‌متر بارش در ۷ روز)، مت^۳ (۴۰ میلی‌متر بارش در ۱۵ روز) و دپس^۴ (۴۰ میلی‌متر بارش در ۴ روز) استفاده کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها معیار آرکس زودترین تاریخ‌های کشت را ارائه می‌دهد.

مطالعه سِلِشی و زانکه^۵ (۲۰۰۴: ۹۸۳) در اتیوپی نشان داد که بارش فصلی، بارش سالانه و روزهای بارش در مرکز، شمال و شمال غرب اتیوپی در دوره ۲۰۰۲-۱۹۶۵ روند مشخصی نداشته است. اما بارش سالانه و بارش فصلی ژوئن- سپتامبر در شرق، جنوب و جنوب شرق کاهش قابل توجهی را از سال ۱۹۸۲ داشته است که این کاهش مربوط به گرم شدن مداوم اقیانوس اطلس جنوبی است. همچنین روزهای بارش در شرق اتیوپی کاهش معنی‌داری از سال ۱۹۸۲ داشته است. ضریب تغییرات بارش در فصل مارس- می بسیار بالا بوده است.

ادکونله و همکاران (۲۰۰۵: ۱۰۱) به پیش بینی تاریخ‌های آغاز و خاتمه بارش در نیجریه پرداختند. آنان از روش درصد تجمعی میانگین برای استخراج تاریخ‌های آغاز و خاتمه بارش استفاده کردند و از روش تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه گام به گام و با استفاده از متغیرهایی مانند بارش، درجه حرارت سطح دریای اقیانوس اطلس حاره‌ای، تقابل حرارتی دریا / خشکی بین ایستگاه‌های منتخب در نیجریه و اقیانوس اطلس حاره‌ای، موقعیت همگرایی بین حاره‌ای و دمای سطح خشکی در ایستگاه‌های منتخب برای ساخت مدل پیش بینی استفاده کردند. نتایج نشان داد که فرضیه عامل بارش نقش مؤثری در پیش بینی تاریخ‌های آغاز و خاتمه بارش دارد و دمای سطح دریا و تقابل حرارتی دریا و خشکی مؤثرترین متغیرهای پیش بینی کننده هستند. تاریخ‌های آغاز و خاتمه در نیجریه دارای تغییرات بین سالانه هستند.

ادکونله (۲۰۰۶: ۱۹۳) تاریخ‌های آغاز و خاتمه فصل بارش را در نیجریه با استفاده از روش درصد تجمعی میانگین بارش و تعداد روزهای بارش در دوره‌های ۵ روزه بررسی کرد. نتایج نشان داد که استفاده از تعداد روزهای بارش در تعیین تاریخ‌های آغاز و خاتمه فصل بارش مؤثرتر از استفاده از میزان بارش است و تاریخ‌های بدست آمده از روزهای بارش، واقعی‌تر هستند.

تیلاهون^۶ (۲۰۰۶: ۴۸۶) اقلیم بارش و تبخیر و تعرق را در نواحی خشک و نیمه خشک اتیوپی با استفاده از داده‌های نیم قرن گذشته مطالعه نمود. وی در این مطالعه از معادله پنمن-مانتث برای مطالعه تبخیر و تعرق و از شاخص تغییرپذیری، شاخص انحراف تجمعی، شاخص انحراف اقلیمی استاندارد و شاخص آنومالی بارش (RAI) برای مطالعه تغییرات مکانی بارش سالانه استفاده کرده است. نتایج نشان داد که تبخیر و تعرق

¹ - Raes et al.

² - AREX

³ - MET

⁴ - DEPTH

⁵ - Seleshi & Zanke

⁶ - Tilahun

تغییرات نسبتاً کمی را نشان می دهد؛ در حالی که تغییرات بارش از سالی به سال دیگر بسیار زیاد است. همچنین در این مطالعه سال‌های خشک نیز مشخص و معلوم شد که مخرب‌ترین خشکسالی در اتیوپی در سال ۱۹۸۴ رخ داده است.

موگالای و همکاران^۱ (۲۰۰۸: ۱۱۲۳) طی یک بررسی، آغاز و خاتمه بارش و طول فصل رشد را برای دو فصل بارش کوتاه و بارش طولانی در کنیای غربی مطالعه کردند. آنان برای تعیین تاریخ‌های آغاز و خاتمه بارش از تکنیک بیلان آب در ۳۰ روز اول رشد استفاده نمودند. نتایج نشان داد که تاریخ‌های آغاز، تقدیم معناداری در مناطق کنیای غربی دارند که این تقدیم در تاریخ‌های آغاز بارش‌های طولانی، در سمت جنوب منطقه و در بارش‌های کوتاه، در سمت جنوب غرب منطقه اتفاق افتاده است. در ایستگاه‌های با فصل رشد طولانی، طول فصل، متغیرتر از تاریخ آغاز فصل است.

کامبرلین و همکاران^۲ (۲۰۰۹: ۲۴۸) در مطالعه خود، تغییرپذیری شاخص‌های بارش فصلی (آغاز، خاتمه، فراوانی و شدت بارش) را در آفریقای شرقی حاره‌ای با روش‌های آماری بررسی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که انسجام فضایی میزان بارش و روزهای بارش، بیشتر از شدت بارش است. در هر دو فصل کوتاه بارش (اکتبر-دسامبر) و طولانی بارش (مارس-می)، آغاز فصل متغیرتر از خاتمه فصل است. بین دو فصل اختلافاتی وجود دارد و هر چهار مؤلفه‌ی تعداد روزهای بارش، شدت بارش، آغاز و خاتمه بارش، در فصل کوتاه بارش نوسان بین سالانه‌ی بیشتری دارند. بیشترین انسجام در اوج بارش‌های کوتاه مشاهده شده است و در بارش‌های طولانی تنها در تاریخ‌های شروع، انسجام بالایی وجود دارد. در مقیاس ناحیه‌ای، نوسان سالانه تاریخ‌های آغاز تأثیر زیادی بر بارش فصلی گذاشته است.

موپانگوا و همکاران^۳ (۲۰۱۱: ۱۱۰۳) آغاز، خاتمه و طول دوره‌های خشک فصل رشد را با استفاده از مدل زنجیره‌ی مارکوف بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییر معنی‌داری در شروع، خاتمه و طول فصل رشد در طی ۵۰ الی ۷۴ سال گذشته رخ نداده است. با وجود عدم تغییر معنی‌دار در ویژگی‌های فصل رشد، تأخیر در شروع و تقدیم در خاتمه، باعث کوتاه‌تر شدن طول فصل رشد در برخی از سال‌های دوره مورد مطالعه شده است و فصل رشد در ایستگاه‌های خشک‌تر زودتر خاتمه یافته است. با توجه به موارد فوق، معلوم شد که ویژگی‌های فصل رشد، توسط عواملی مانند توزیع بارش، کل بارش و نیز تاریخ‌های آغاز بارش متأثر می شود.

بنایان و همکاران^۴ (۲۰۱۱: ۴۸۵) تغییرات شاخص‌های فصل رشد را در شمال شرق ایران بررسی کردند. آنان از چهار روش برای تعیین شاخص‌های فصل رشد (آغاز، خاتمه و طول فصل رشد) استفاده کردند که یک روش آن براساس رویکرد درجه حرارت بوده است و سه روش دیگر براساس رویکرد درجه حرارت و

¹- Mugalavai et al.

²- Camberlin et al.

³- Mupangwa et al.

⁴- Bannayan et al.

بارش، رویکرد درجه حرارت، بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل (بیلان آب) و رویکرد نهایی بر اساس در دسترس بودن آب کافی در ۰/۲۵ متری نیمرخ خاک است. نتایج نشان داد که براساس رویکرد مبتنی بر درجه حرارت، ایستگاه بجنورد طولانی‌ترین فصل رشد را دارد؛ در حالی که براساس رویکرد مبتنی بر بارش و درجه حرارت، ایستگاه سبزوار و براساس رویکرد مبتنی بر بیلان آب، ایستگاه مشهد طولانی‌ترین فصل رشد را دارد. رویکرد نهایی نشان داد که در همه ایستگاه‌ها در سال‌های مورد بررسی، دسترسی به آب در ۰/۲۵ متری پروفیل خاک کمتر از ۵۰ درصد بوده است و بجنورد با فصل رشد ۲۵۵ روز طولانی‌ترین فصل رشد را داشته است. ایستگاه مشهد در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها کمترین شروع کاذب را داشته است. همچنین مقایسه درصد شروع‌های کاذب با استفاده از رویکرد بارش و درجه حرارت نشان داد که بین آستانه‌های دمایی مختلف، دمای ۱۵ درجه سانتیگراد پایین‌ترین درصد شروع‌های کاذب را در همه ایستگاه‌ها به جز بیرجند دارد.

آیالو و همکاران^۱ (۲۰۱۲: ۱۴۸۵) در مطالعه‌ی خود تغییرپذیری بارش و روند کنونی آن را در منطقه آمهارا^۲ در اتیوپی بررسی کردند. برای این منظور از شاخص‌های ضریب تغییرات بارش، شاخص تراکم بارش (PCI^۳) و آنومالی استاندارد شده بارش (SRA^۴) استفاده کردند. در شاخص تراکم بارش؛ مقادیر کمتر از ۱۰، نشان دهنده توزیع یکنواخت بارش ماهانه، مقادیر بین ۱۱ و ۲۰ نشان دهنده تراکم بالا و مقادیر بالای ۲۱ نشان دهنده تراکم بسیار بالای بارش بوده است. نتایج این بررسی نشان داد که تغییرپذیری بارش در همه ماه‌ها و در همه ایستگاه‌ها وجود دارد. به این صورت که شدت آن از ماه ژانویه تا جولای افزایش و از سپتامبر تا دسامبر کاهش می‌یابد. بیشترین درصد بارش منطقه در فصل اصلی بارش می‌باشد. حداکثر بارش (بیش از ۱۴۸۵ میلیمتر) در بخش مرکزی و پایین‌ترین مقدار (۸۵۰ میلیمتر) در بخش جنوب شرقی مشاهده می‌شود. روند بارش در سال‌های اخیر خاتمه‌های زود هنگام را نشان می‌دهد که باعث کاهش طول روزهای بارانی منطقه می‌شود.

رچا و همکاران^۵ (۲۰۱۲: ۴۹۲) برای تعیین تغییرپذیری بارش فصلی و آغاز و خاتمه آن در بخش نیمه خشک تارااکا^۶ در کنیا از شاخص آنومالی بارش فصلی (RAI) و شاخص انحراف تجمعی استفاده کردند. آن‌ها این بررسی را در دو دوره سه ماهه (دوره اول: مارس، آوریل و می و دوره دوم: اکتبر، نوامبر و دسامبر) انجام دادند. نتایج نشان داد که بارش دوره دوم در سال ۱۹۷۰ کمتر از میانگین بوده است؛ در حالی که بارش دوره اول نوسان سالانه کمتری را نشان می‌دهد. طول فصل رشد در دوره اول بطور میانگین ۱۹ الی ۲۸ روز و در دوره دوم، ۲۶ الی ۳۶ روز بوده است. نتایج درصد تجمعی میانگین نشان داد که بطور میانگین تاریخ‌های

¹- Ayalew et al.

²- Amhara

³- Precipitation Concentration Index

⁴- Standardized Rainfall Anomaly

⁵- Recha et al.

⁶- Tharaka