# تاثیر نوسان سالانه متغیرهای آب و هوایی بر توسعه سطح برگ گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)

محمدرضا نادری[۱]، مرتضی گلدانی*[۲]، محمد بنایان[۲]

۱- دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

* مسوول مکاتبه: goldani@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۵

**چکیده**

نوسان متغیرهای آب و هوایی یکی از مهمترین عوامل محیطی موثر بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مکان‌ها و سال‌های مختلف است. از این رو، بررسی شدت و جهت تاثیر متغیرهای آب و هوایی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مختلف به منظور انتخاب مناطق و تاریخ‌های کاشت مناسب هر گیاه و در نتیجه دستیابی به رشد و عملکرد مطلوب آن، دارای اهمیت است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تاثیر نوسان سالانه متغیرهای آب و هوایی بر شاخص سطح برگ گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) به اجرا درآمد. نتایج تجزیه رگرسیون ساده حاکی از تاثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) تمام متغیرهای مورد مطالعه (به استثنای میزان بارش) بر رشد و توسعه سطح سبز برگ‌های کدو بود. بر این اساس، قوی‌ترین همبستگی ($R= 0.53$) شاخص سطح برگ کدو با مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل طی دوره رشد این گیاه به دست آمد. نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه نیز نشان داد که ترکیب درجه- روز رشد (دما) و تشعشع خورشیدی موثرترین متغیرهای آب و هوایی هستند که به صورت خطی بر شاخص سطح برگ کدو تاثیر می‌گذارد.

**واژه‌های کلیدی:** تبخیر و تعرق پتانسیل، تشعشع خورشیدی، دما، شاخص سطح برگ، مشهد.

**مقدمه**

در میان تمام فعالیت‌های بشری، کشاورزی بیش از سایر فعالیت‌ها به اقلیم وابسته است (بنایان و همکاران، ۲۰۱۱). عملکرد محصول نتیجه برهم‌کنش میان ژنوتیپ (ویژگی‌های رقم)، محیط (شرایط اقلیمی و خاکی) و مدیریت زراعی است (جینگ و همکاران، ۲۰۰۸). بر این اساس، آب و هوا یکی از عوامل اصلی کنترل‌کننده تولید کشاورزی است (هوگنبوم، ۲۰۰۰). علی‌رغم پیشرفت‌های مداومی که طی چند دهه اخیر در فناوری و ارقام زراعی رخ داده است، آب و هوا و اقلیم، همچنان اصلی‌ترین عوامل غیرقابل کنترل موثر بر تولید کشاورزی محسوب می‌شوند (دیکر، ۱۹۹٤). در برخی از موارد بیان می‌شود که بیش از ۸۰ درصد از نوسانات رخ داده در تولید کشاورزی ناشی از تغییر شرایط آب و هوایی است (هوگنبوم، ۲۰۰۰).

مهمترین متغیرهای آب و هوایی موثر بر تولید کشاورزی شامل میزان بارش، دمای هوا و تشعشع خورشیدی هستند. دمای هوا عامل اصلی کنترل‌کننده نمو رویشی و زایشی گیاه است (هودگز، ۱۹۹۸) و علاوه بر این، نیاز تبخیر و تعرقی (نیاز آبی) گیاه را نیز تعیین می‌کند (تائو و همکاران، ۲۰۰۹). تشعشع خورشیدی انرژی لازم برای فرآیندهای موثر بر فتوسنتز را فراهم می‌آورد و بر تخصیص کربوهیدرات و تجمع زیست‌توده بخش‌های مختلف گیاه تاثیر می‌گذارد (بوته و لومیس، ۱۹۹۱). بارندگی به صورت مستقیم هیچ یک از فرآیندهای گیاهی را کنترل نمی‌کند، ولی به نظر می‌رسد که این متغیر آب و

هوایی یک عامل اصلاح‌کننده است که به صورت غیرمستقیم بر بسیاری از فرآیندهای رشدی و نموی گیاه اثر دارد (هوگنبوم، ۲۰۰۰). دمای خاک، باد، رطوبت نسبی و دمای نقطه‌ی شبنم از جمله سایر عوامل آب و هوایی هستند که می‌توانند بر تولید گیاه تاثیر بگذارند. در بسیاری از نواحی، دمای خاک طی مراحل ابتدایی فصل رشد دارای اهمیت است، زیرا بر تاریخ کاشت و جوانه‌زنی تاثیر می‌گذارد. رطوبت نسبی، دمای نقطه‌ی شبنم و کسر فشار بخار، عوامل آب و هوایی مشابهی هستند که همگی بیان‌کننده مقدار آب موجود در هوا هستند. این عوامل بر تعرق و مقدار آب تلف شده توسط کانوپی اثر دارند و منجر به بروز تنش خشکی تحت شرایطی که گیاه با کمبود آب مواجه است، می‌گردند. باد نیز بر سرعت اتلاف آب از طریق تعرق توسط برگ‌ها موثر است. تبخیر و تعرق پتانسیل یکی از مهمترین متغیرهای آب و هوایی موثر بر عملکرد محصول است. با این وجود، مقدار آن وابسته به سایر متغیرهای آب و هوایی نظیر تشعشع خورشیدی، دمای هوا، سرعت باد و کسر فشار بخار است (هوگنبوم، ۲۰۰۰).

افزایش دانش بشر در زمینه رابطه میان اقلیم و تولید محصول می‌تواند به ارزیابی امکان بهبود پتانسیل عملکرد کمک کند و منجر به آشکار شدن آثار مخرب تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی شود (بنایان و سنجانی، ۲۰۱۱). به طور کلی، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که ممکن است که آب و هوا آثار قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد محصول و نوسانات عملکرد داشته باشد (فرکلتون و همکاران، ۱۹۹۹)، بنابراین مد نظر قرار دادن تاثیر آب و هوا بر رشد محصولات کشاورزی جهت بهینه کردن اقدامات زراعی، ضروری به نظر می‌رسد (کنتر و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر این، از داده‌های مربوط به تاثیر شرایط آب و هوایی بر رشد گیاه می‌توان در مدل‌های پیش‌بینی عملکرد که اهمیت زیادی جهت ارزیابی آثار ناشی از تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی به دست آورده‌اند، استفاده کرد (جونز و همکاران، ۲۰۰۳).

تغییرپذیری اقلیمی در نواحی خشک و نیمه‌خشک برجسته‌تر از سایر نواحی است. ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان واقع و دارای اقلیم متغیری است (بنایان و همکاران، ۲۰۱۱). رشد و عملکرد محصول در ایران به دلیل شرایط آب و هوایی به شدت متغیر این کشور، از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند و از این رو تاثیرپذیری رشد و عملکرد محصولات زراعی از تغییر اقلیم، در ایران بیشتر است (بنایان و همکاران، ۲۰۱۰). در مورد اغلب گیاهان زراعی و در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران، اطلاع دقیقی از تاثیر آب و هوا و اقلیم بر رشد و عملکرد محصول و به ویژه آنالیز کمی این آثار موجود نیست (مک‌کئون و همکاران، ۲۰۰۶)، بنابراین در مطالعه حاضر به تجزیه و تحلیل رگرسیون ساده و چندگانه میان مهمترین عوامل اقلیمی شهرستان مشهد و شاخص سطح برگ گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

### داده‌های مربوط به شاخص سطح برگ کدو

داده‌های مربوط به شاخص سطح برگ کدو از سه آزمایشی که طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد (با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی، ارتفاع ۹۹۹ متر، میانگین سالانه حداقل دمای ۸/۳ درجه سانتیگراد، میانگین سالانه حداکثر دمای ۲۱/۶ درجه سانتیگراد و مجموع بارش ۲۵۶/۵ میلی‌متر) (بنایان و سنجانی، ۲۰۱۱) اجرا شدند، به دست آمد. ویژگی این آزمایش‌ها در جدول ۱ ارایه گردیده است.

آزمایش اول در سال ۱۳۸۹ (تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت) در زمینی به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ مترمربع و کرت‌هایی با ابعاد ۶×۸ متر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به

اجرا درآمد. در این آزمایش سطوح مختلف کود اوره (شامل ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت اصلی و سطوح مختلف تراکم بوته (شامل ۲/۵، ۱/۲۵ و ۰/۶۲۵ بوته در متر مربع) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. بر حسب تیمار، یک سوم از کود مورد نیاز دو هفته پس از کاشت و دو سوم باقی‌مانده چهار هفته پس از کاربرد اولین کود، به کرت‌ها اضافه گردید. علاوه بر این، طی دوره رشد کدو از سطح سبز برگ‌های آن به صورت دوره‌ای نمونه‌برداری انجام شد. اولین نمونه‌برداری ۲۷ روز پس از کاشت و سایر نمونه‌برداری‌ها به فاصله هر ۱۵ روز یک بار صورت پذیرفت.

آزمایش دوم در سال ۱۳۹۱ در زمینی به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ مترمربع و کرت‌هایی با ابعاد ۸×۵ متر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت پذیرفت. در این آزمایش سه تاریخ کاشت شامل ۱۲ اردیبهشت، ۲۲ اردیبهشت و ۱ خرداد به عنوان کرت اصلی و تراکم بوته شامل ۲/۵ و ٤ بوته در مترمربع به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. طی دوره رشد کدو اولین نمونه‌برداری ۲۰، ۲۵ و ۲۹ روز پس از کاشت و سایر نمونه‌برداری‌ها به فاصله هر ١٤ روز یک بار صورت گرفت. آزمایش سوم در سال ۱۳۹۲ (تاریخ کاشت ١٦ اردیبهشت) در زمینی به مساحت تقریبی ۸۰۰ مترمربع و کرت‌هایی با ابعاد ۱۲×۵ متر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای این آزمایش شامل سه سطح کود اوره (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شدند. اولین نمونه‌برداری از سطح سبز برگ‌های کدو در تاریخ ١٦ خرداد و سایر نمونه‌برداری‌ها به فاصله هر ١٤ روز یک بار صورت پذیرفت.

### داده‌های آب و هوایی

داده‌های آب و هوایی روزانه مربوط به هر سال از ایستگاه هواشناسی فرودگاه مشهد که نزدیکترین ایستگاه به مکان اجرای آزمایش است، کسب گردید. موقعیت جغرافیایی شهر مشهد بر روی نقشه ایران در شکل ۱ به نمایش درآمده است. متغیرهای آب و هوایی مورد نیاز شامل دمای حداقل و حداکثر روزانه، میانگین دمای روزانه، تعداد ساعات آفتابی، میزان بارش، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل (میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) بودند. به منظور محاسبه درجه- روز رشد (GDD) و کل تشعشع خورشیدی ($R_s$) نیز به ترتیب از روابط ۱ و ۲ استفاده شد:

رابطه ۱

$$GDD = \sum(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}) - T_b$$

که $T_{max}$ دمای حداکثر روزانه، $T_{min}$ دمای حداقل روزانه و $T_b$ دمای پایه گیاه (۱۰ درجه سانتیگراد برای کدوی تخم‌کاغذی؛ اسمیت، ۱۹۹۷) است. در محاسبه درجه- روز رشد، چنانچه $[(T_{max}+T_{min})/2] > T_b$ بود، آنگاه $[(T_{max}+T_{min})/2]= T_b$ در نظر گرفته شد (مک‌مستر و ویلهم، ۱۹۹۷).

$$R_s = R_a\left(A + B\frac{n}{N}\right)$$ رابطه۲

**جدول ۱- ویژگی‌های سه آزمایشی که داده‌های آن‌ها در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفتند.**

| سال | تاریخ کاشت | مقدار کاربرد نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | تراکم (بوته در مترمربع) | طرح آزمایشی |
|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۹ | ۱۰ اردیبهشت | ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ | ۰/۶۲۵، ۱/۲۵ و ۲/۵ | کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی |
| ۱۳۹۱ | ۱۲ و ۲۲ اردیبهشت و ۱ خرداد | صفر | ۲/۵ و ٤ | کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی |
| ۱۳۹۲ | ١٦ اردیبهشت | ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ | ۲/۵ | بلوک‌های کامل تصادفی |

که $R_S$ کل تشعشع خورشیدی روزانه ( $MJ\ m^{-2}$)، $R_a$ تشعشع فرازمینی روزانه ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، A و B ضرایب تجربی (برای مشهد، A=۰/۳ و B=۰/۳۷؛ عامری و نصیری محلاتی، ۱۳۸۷)، n تعداد ساعات آفتابی (h) و N طول روز نجومی (h) است (پوهلرت، ۲۰۰٤).

**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر مشهد بر روی نقشه ایران**

**تجزیه رگرسیون**

ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 11.0 میان داده‌های مربوط به شاخص سطح برگ کدو طی فصل رشد آن با هر یک از متغیرهای آب و هوایی (شامل درجه- روز رشد (GDD)، مجموع بارندگی، مجموع تشعشع خورشیدی، مجموع رطوبت نسبی روزانه، تبخیر و تعرق پتانسیل تجمعی روزانه و مجموع تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد ( $T_{max} > 32\ ^oC$)) رابطه رگرسیونی برقرار شد. بدین منظور، معادلات خطی، چند جمله‌ای و در بعضی موارد روابط سیگموئیدی مورد مقایسه قرار گرفتند. دسته‌های بالاتر معادلات تنها زمانی ارایه شدند که همبستگی (براساس مقدار R) آن‌ها نسبت به روابط خطی ساده بیشتر بود (کنتر و همکاران، ۲۰۰٦). پس از برقراری روابط رگرسیونی میان هر یک از متعیرهای آب و هوایی و شاخص سطح برگ کدو، از رگرسیون چندگانه خطی میان ترکیبات دوتایی از متغیرهای آب و هوایی (به عنوان متغیرهای مستقل) و شاخص سطح برگ کدو (به عنوان متغیر وابسته) به منظور شناسایی موثرترین جفت ترکیب بر توسعه سطح برگ کدوی تخم کاغذی استفاده شد. نتایج تجزیه رگرسیون به صورت ضرایب رگرسیون (R) و سطوح معنی‌داری (P) ارایه گردیدند.

**نتایج و بحث**

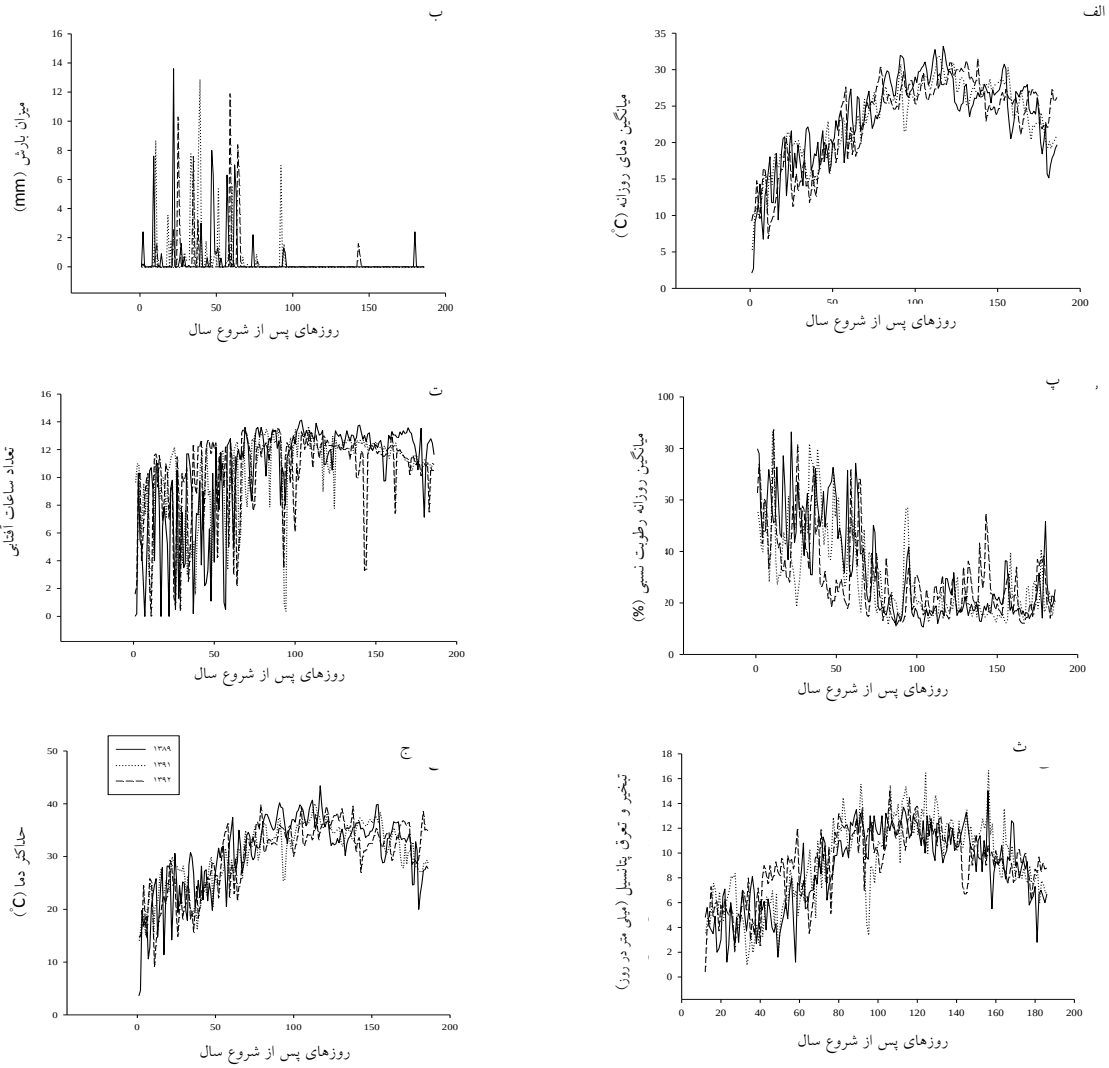
**روند نوسان متغیرهای آب و هوایی مشهد طی سه سال مورد بررسی**

روند نوسان مهمترین متغیرهای آب و هوایی شهرستان مشهد طی شش ماه ابتدایی هر یک از سال‌های مورد مطالعه در شکل ۲ به نمایش در آمده است.

همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، سه سال مورد مطالعه در این تحقیق از نظر تمام متغیرهای اقلیمی دارای اختلافاتی هستند. بر این اساس، مقدار متوسط میانگین دمای روزانه سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی شش ماهه ابتدایی سال به ترتیب برابر با ۲۳/۲۲، ۲۳/۱۸ و ۲۲/۸۷ درجه سانتیگراد بود. بدین ترتیب، در میان سه سال مورد مطالعه بالاترین مقدار متوسط میانگین دمای روزانه (۲۳/۲۲ درجه سانتیگراد) متعلق به سال ۸۹ و کمترین آن (۲۲/۸۷ درجه سانتیگراد) مربوط به سال ۹۲ است. علاوه بر این، حداکثر مقدار میانگین دمای روزانه سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۳۳/۲ (مصادف با ۲٤ تیر)، ۳۱/۹ (مصادف با ۲۱ تیر) و ۳۱/۵ (مصادف با ۱٤ مرداد) درجه سانتیگراد بود. از طرف دیگر، حداقل مقدار میانگین دمای روزانه‌ی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۲/۱ (مصادف با ۱ فروردین)، ۵/٤ (مصادف با ۱ فروردین) و ٦/۸ (مصادف با ۱۱ فروردین) درجه سانتیگراد بود.

از لحاظ میزان بارش، میانگین بارش سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی شش ماهه ابتدایی سال به ترتیب برابر با ۰/٤۱، ۰/٤٤ و ۰/۳۲ میلی‌متر بود. بر این اساس، بالاترین میانگین بارش (۰/٤٤ میلی‌متر) طی شش ماه ابتدایی سال متعلق به سال ۹۱ و کمترین آن (۰/۳۲ میلی‌متر) مربوط به سال ۹۲ بود. علاوه بر این، حداکثر مقدار بارش سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۱۳/٦ (مصادف با ۲۲

فروردین)، ۱۲/۹ (مصادف با ۸ اردیبهشت) و ۱۱/۹ (مصادف با ۲۸ اردیبهشت) میلی‌متر بود. حداقل مقدار بارش هر سه سال نیز برابر با صفر میلی‌متر بود. از لحاظ تعداد روزهای با مقدار بارش صفر نیز میان سه سال مورد مطالعه در این تحقیق اختلاف وجود داشت، به طوری که تعداد روزهای با مقدار بارش صفر طی شش ماهه اول سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۱۵۹، ۱۵۷ و ۱۶۷ روز بود.




**شکل ۲- روند نوسان متغیرهای آب و هوایی شهر مشهد طی شش ماه ابتدایی هر یک از سال‌های مورد مطالعه (الف: میانگین دمای روزانه، ب: بارش، پ: میانگین روزانه رطوبت نسبی، ت: تعداد ساعات آفتابی، ث: تبخیر و تعرق پتانسیل و ج: دمای حداکثر)**

میانگین رطوبت نسبی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی شش ماه ابتدایی این سال‌ها به ترتیب برابر با ۳۲/۷، ۳۰/۵ و ۳۰/۳ درصد بود. بر این اساس، بالاترین میانگین رطوبت نسبی (۳۲/۷ درصد) متعلق به سال ۸۹ و کمترین آن (۳۰/۳ درصد) مربوط به سال ۹۲ بود. علاوه بر این، حداکثر مقدار رطوبت نسبی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۸۶/٤ (مصادف با ۲۲ فروردین)، ۸۶/۷ (مصادف با ۱۰ فروردین) و ۸۷/۳ (مصادف با ۱۱ فروردین) درصد بود. حداقل مقدار رطوبت نسبی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ نیز به ترتیب معادل با ۱۰/٦ (مصادف با ۱۱ تیر)، ۱۱/۷ (مصادف با ۲۰ خرداد) و ۱۱/۰ (مصادف با ۲۵ خرداد) درصد بود.

میانگین تعداد ساعات آفتابی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی شش ماه آغازین این سال‌ها به ترتیب برابر با ۱۰/۳، ۱۰/٤ و ۱۰/٤ ساعت بود. علاوه بر این، حداکثر تعداد ساعات آفتابی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی دوره شش ماهه ابتدایی هر سال به ترتیب برابر با ۱٤/۱ (مصادف با ۱۱ تیر)، ۱۳/۷ (مصادف با ۱۵ تیر) و ۱۳/۵ (مصادف با ٦ خرداد) ساعت بود. حداقل تعداد ساعات آفتابی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ نیز به ترتیب معادل با ۰/۰، ۰/٤ و ۰/۰ ساعت بود.

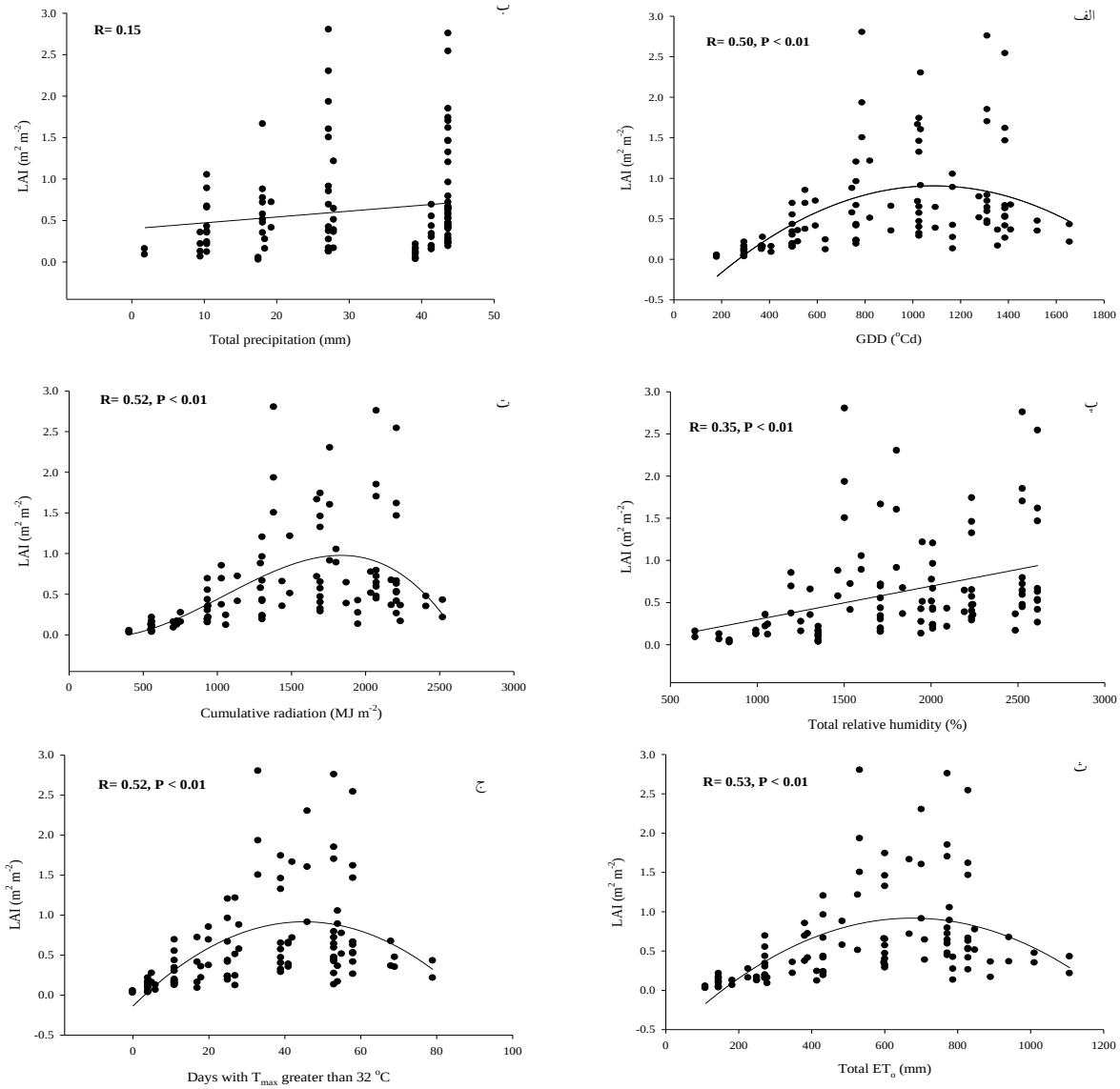
میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ طی شش ماه ابتدایی این سال‌ها به ترتیب برابر با ۸/۷، ۹/۲ و ۹/۲ میلی‌متر بود. بر این اساس، بالاترین میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (۹/۲ میلی‌متر) متعلق به سال‌های ۹۱ و ۹۲ و کمترین آن (۸/۷ میلی‌متر) مربوط به سال ۸۹ بود. علاوه بر این، حداکثر مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۱۵/۰ (مصادف با ۱ شهریور)، ۱٦/۷ (مصادف با ۱ شهریور) و ۱۵/۰ (مصادف با ۱۳ تیر) میلی‌متر بود. حداقل مقدار رطوبت نسبی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ نیز به ترتیب معادل با ۱/۲ (مصادف با ۲۳ فروردین)، ۱/۰ (مصادف با ۲ اردیبهشت) و ۰/٤ (مصادف با ۱ فروردین) میلی‌متر بود.

تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد طی شش ماهه اول سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب برابر با ۱۰۱، ۸۹ و ۹۷ روز بود. علاوه بر این، میانگین حداکثر دمای شش ماهه ابتدایی سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ به ترتیب معادل با ۳۰/۷، ۳۰/۵ و ۳۰/۱ درجه سانتیگراد بود.

## تجزیه رگرسیون تاثیر متغیرهای آب و هوایی بر شاخص سطح برگ کدو

همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، تاثیر تمام متغیرهای آب و هوایی به استثنای میزان بارش بر شاخص سطح برگ گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی معنی‌دار ($P < 0.01$) است. بر این اساس، قوی‌ترین همبستگی ($R= 0.53$) شاخص سطح برگ کدو با مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل طی دوره رشد این گیاه به دست آمد (شکل ۳، ث)، با این حال اختلاف قابل‌توجهی میان متغیرهای آب و هوایی دما، تبخیر و تعرق پتانسیل، تشعشع و تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد از لحاظ تاثیرگذاری بر شاخص سطح برگ کدو وجود نداشت. در میان متغیرهای معنی‌دار، ضعیف‌ترین همبستگی ($R= 0.35$) شاخص سطح برگ کدو با مجموع رطوبت نسبی طی دوره رشد این گیاه مشاهده شد (شکل ۳، پ). نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای اجرا شده در مناطق مختلف جهان (برانت-لوی، ۲۰۰٤؛ ویتاکر و داویس، ۱۹٦۲) نشان داده‌اند که دما، تبخیر و تعرق و تشعشع خورشیدی مهمترین عوامل موثر بر رشد کدوی تخم کاغذی هستند. بنایان و همکاران (۲۰۱۱) نیز از دما، بارش و تعداد ساعات آفتابی به عنوان متغیرهای آب و هوایی اصلی جهت دستیابی به رشد بهینه و عملکرد پایدار کدوی تخم کاغذی در ایران یاد کردند.

پژوهش‌های پیشین حاکی از تاثیر متغیرهای آب و هوایی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مختلف است، ولی این تاثیر بر حسب شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه و همچنین، گونهی گیاهی مورد بررسی، متفاوت است. به عنوان مثال، جینگ و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تاثیر عوامل محیطی بر عملکرد و جذب نیتروژن برنج آبی در آسیا نتیجه گرفتند که فراهمی نیتروژن، تشعشع و دما عوامل اصلی بروز نوسان در عملکرد، جذب نیتروژن و کارآیی مصرف نیتروژن برنج هستند. کوتچر و همکاران (۲۰۱۰) با ارزیابی تاثیر دما و بارش بر عملکرد کلزا در ساسکاچوان کانادا، گزارش کردند که تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد قوی‌ترین همبستگی را با عملکرد کلزا داشت و پس از آن مجموع




**شکل ۳- تاثیر متغیرهای آب و هوایی بر شاخص سطح برگ کدو (الف: درجه- روز رشد، ب: مجموع بارش روزانه، پ: مجموع رطوبت نسبی روزانه، ت: تشعشع تجمعی روزانه، ث: مجموع تبخیر و تعرق روزانه و ج: روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد)**

بارش فصل رشد بالاترین همبستگی را با عملکرد این گیاه زراعی نشان داد. به علاوه، این محققان بیان داشتند که همبستگی میانگین دما با عملکرد کلزا ضعیف‌تر از دو پارامتر دیگر بود. چالینور و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که ۵۰ درصد از نوسانات رخ داده در عملکرد بادام‌زمینی کشور هندوستان طی سال‌های ۱۹٦٦ تا ۱۹۹۵ به وسیله تغییرپذیری در مجموع بارندگی فصلی قابل توجیه است. در مقابل، لاندائو و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که تنها در حدود ۱۰ درصد از تغییرپذیری زمانی عملکرد محصولات زراعی در کشور انگلستان به وسیله نوسانات سالیانه متغیرهای اقلیمی قابل توجیه است.

حسینی و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه رابطه میان عملکرد زعفران و متغیرهای آب و هوایی در استان خراسان نشان دادند که کاهش عملکرد زعفران طی ده ساله گذشته وابسته به تغییرات رخ داده در عوامل اقلیمی این استان و به ویژه دما و بارش بوده است. این محققان

دریافتند که ۳۱ تا ٦٦ درصد از نوسان عملکرد در نواحی اصلی کشت زعفران خراسان، به وسیله این متغیرهای اقلیمی قابل توجیه است. به علاوه، آن‌ها نتیجه گرفتند که تاثیر میزان بارش بر عملکرد زعفران کمتر از تاثیر دمای ماهانه بوده است. مطالعه تاثیر بارش و دما بر عملکرد گندم آبی در استان کرمانشاه نشان داد که تاثیر بارش بر عملکرد گندم قوی‌تر از تاثیر دما بوده است (بنایان و همکاران، ۲۰۱۰). ارزیابی تاثیر بارش و نوسان آن بر عملکرد گندم و جو در استان گلستان حاکی از آن بود که نوسان ماهانه و سالانه بارش به شدت عملکرد جو را تحت تاثیر قرار می‌دهد، در حالی که این رابطه در مورد گندم بسیار ضعیف بود (بنایان و همکاران، ۲۰۱۰). بنایان و سنجانی (۲۰۱۱) با مطالعه شرایط آب و هوایی مربوط به محصولات آبی در استان خراسان نشان دادند که میان عملکرد محصولات مختلف و متغیرهای آب و هوایی همبستگی وجود دارد.

رابطه رگرسیونی میان درجه- روز رشد یا به عبارت دیگر، دوره حرارتی[1] و شاخص سطح برگ کدو به صورت یک معادله درجه دو (- LAI= $0.698+0.003GDD-0.00000135GDD^2$; R= 0.50; P < 0.01) بود. بر این اساس، با افزایش دما تا حدود ۱۱۰۰ درجه- روز رشد شاخص سطح برگ کدو نیز افزایش یافت و پس از آن با افزایش بیشتر دما، پیری برگ‌های گیاه تسریع و شاخص سطح برگ آن کاهش یافت. بنابراین، به تعویق انداختن تاریخ کاشت و یا کشت کدو در مناطقی که دارای میانگین دمای روزانه بسیار بالا طی مرحله رشد رویشی هستند، می‌تواند منجر به توسعه کم برگ‌ها و تسریع پیری آن‌ها و در نتیجه کاهش رشد و بیوماس تولیدی گیاه شود. از این رو، انتخاب تاریخ کاشت مناسب و همچنین، کشت کدو در مناطقی که دارای دامنه حرارتی مطلوب برای رشد این گیاه هستند، جهت دستیابی به رشد و عملکرد قابل قبول گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی ضروری است. در تایید نتایج مطالعه حاضر، بنایان و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی مطلوبیت اقلیمی برخی از نواحی ایران جهت کشت گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی نتیجه گرفتند که نواحی خنک‌تر کشور (ناحیه آذربایجان) دارای مطلوبیت بیشتری از لحاظ دماهای مورد نیاز برای مراحل نموی مختلف این گیاه است.

همان طور که پیش از این اشاره شد، میان شاخص سطح برگ کدو و مجموع بارش طی فصل رشد این گیاه رابطه معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳، ب). شاید دلیل این امر انجام آبیاری منظم طی فصل رشد کدو و همچنین، اندک بودن میزان بارندگی‌ها طی دوره رشد این گیاه باشد که در مجموع هر دو عامل سبب از بین رفتن تاثیر بارش‌ها شده‌اند. کنتر و همکاران (۲۰۰٦) نیز اظهار داشتند که میان رشد برگ‌های چغندرقند و میزان بارندگی طی فصل رشد همبستگی ضعیفی مشاهده شد و دلیل آن را ظرفیت بالای خاک محل اجرای آزمون در حفظ رطوبت عنوان کردند. به هر حال، رگرسیون میان شاخص سطح برگ کدو و مجموع بارش‌ها طی فصل رشد این گیاه به صورت رابطه مثبت خطی بود (شکل ۳، ب) که این امر می‌تواند بیانگر نقش مثبت بارندگی‌ها بر رشد برگ‌های کدو باشد، این در حالی است که در مطالعه حاضر به دلیل کوتاه بودن دوره مورد بررسی (سه سال) این تاثیر به خوبی مشخص نشد.

میان مجموع رطوبت نسبی طی فصل رشد کدو (RH) و شاخص سطح برگ این گیاه رگرسیون مثبت خطی معنی‌دار (LAI= - R= 0.35; P < 0.01 ;0.0979+0.0004RH) مشاهده شد (شکل ۳، پ). بر این اساس، می‌توان دریافت که توسعه برگ‌های کدو در دوره‌های مرطوبتر بیش از دوره‌های خشک‌تر است. دلیل این امر به احتمال زیاد، کاهش کسر فشار بخار هوا و در نتیجه کم شدن تعرق گیاه و افزایش کارآیی مصرف آب است. بنابراین، کشت این گیاه در مناطق با رطوبت نسبی بیشتر طی فصل رشد می‌تواند منجر به بهبود رشد و توسعه برگ‌های آن و در نتیجه افزایش عملکرد نهایی شود. در این راستا، بنایان و همکاران (۲۰۱۱) نیز با

[1] Thermal Time

ارزیابی مطلوبیت اقلیمی برخی از نواحی ایران جهت کشت گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی نتیجه گرفتند که نواحی مرطوب‌تر کشور (ناحیه آذربایجان) به دلیل نزدیک بودن به دریای خزر نسبت به نواحی مرکزی ایران دارای مطلوبیت بیشتری جهت کشت این گیاه هستند.

رابطه میان شاخص سطح برگ کدو و تشعشع تجمعی ($R_s$) طی دوره رشد این گیاه به صورت یک معادله درجه سوم ($LAI= 0.0571- 0.0007R_s+0.00000157R_s^2-0.00000000050299R_s^3$; $R= 0.52$; $P < 0.01$) بود. بر این اساس، شاخص سطح برگ کدو تا تشعشع تجمعی حدود ۱۸۰۰ مگاژول بر متر مربع افزایش و پس از آن با افزایش بیشتر میزان تشعشع ورودی، شاخص سطح برگ این گیاه کاهش یافت. از این رو، می‌توان اظهار داشت که مناطق بسیار گرم و خشک کشور به دلیل برخورداری از تعداد ساعات آفتابی بالا و در نتیجه میانگین دمای بالاتر و رطوبت پایین‌تر و همچنین، مناطق بسیار مرطوب و خنک کشور به دلیل برخورداری از تعداد ساعات آفتابی کم و در نتیجه میانگین دمای پایین دارای مطلوبیت اندکی جهت کشت گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی هستند. بنایان و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که مناطقی نظیر شهرستان اردبیل و برخی از نواحی استان آذربایجان غربی (نظیر شهرستان خوی) به دلیل برخورداری از میزان بارش بالاتر و در نتیجه تعداد روزهای آفتابی کمتر، نسبت به سایر مناطق مورد مطالعه دارای مطلوبیت کمتری از لحاظ تامین تشعشع مورد نیاز جهت رشد کدو هستند.

در میان متغیرهای آب و هوایی مورد مطالعه، مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) بالاترین تاثیر را بر شاخص سطح برگ کدوی تخم کاغذی داشت. به احتمال زیاد، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل تحت تاثیر تعداد زیادی از متغیرهای آب و هوایی دیگر نظیر تشعشع خورشیدی، دمای هوا، سرعت باد و کسر فشار بخار قرار دارد. از این رو، شاید بتوان از تبخیر و تعرق پتانسیل به عنوان مهمترین شاخص آب و هوایی جهت انتخاب تاریخ و منطقه مناسب کشت گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی یاد کرد، زیرا این شاخص اغلب متغیرهای مهم آب و هوایی موثر بر رشد کدو (شامل دما، تشعشع خورشیدی و رطوبت) را در دل خود جای داده است.

رابطه میان مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل طی فصل رشد کدو و شاخص سطح برگ آن به صورت یک معادله درجه دوم ($LAI= -0.6277+0.0046ET_o-0.0000034ET_o^2$; $R= 0.53$; $P < 0.01$) بود. بر این اساس، با افزایش میزان تبخیر و تعرق پتانسیل تا حدود ۶۵۰ میلی‌متر، شاخص سطح برگ کدو نیز افزایش یافت و پس از آن، با افزایش بیشتر مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل، شاخص سطح برگ کدو کاهش و در واقع سرعت پیری سطح سبز برگ‌ها افزایش یافت. بنابراین، می‌توان گفت که مناطق با پتانسیل تبخیر و تعرق بالا (یعنی مناطق با میانگین دمای بالا، تعداد ساعات آفتابی زیاد و بارش کم) طی دوره رشد کدو از مطلوبیت چندانی جهت کشت این گیاه دارویی برخوردار نیستند. از طرف دیگر، به تعویق اندختن تاریخ کشت به گونه‌ای که مرحله رشد رویشی کدو به روزهای با تبخیر و تعرق بالا برخورد کند، می‌تواند موجب کاهش توسعه برگ‌ها و افزایش سرعت پیری آن‌ها و در نهایت کاهش عملکرد گیاه شود.

رابطه میان تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ ($T$) درجه سانتیگراد طی دوره رشد کدوی تخم کاغذی و شاخص سطح برگ آن نیز از یک رگرسیون درجه دوم ($LAI= -0.1378+0.0468T-0.0005T^2$; $R= 0.51$; $P < 0.01$) پیروی کرد. بر این اساس، با افزایش تعداد چنین روزهایی تا حدود ۴۰ روز به احتمال زیاد، شاخص سطح برگ کدو با محدودیت جدی مواجه نمی‌شود، ولی پس از آن و با افزایش بیشتر تعداد این روزها رشد برگ‌های گیاه کاهش می‌یابد. پژوهش‌های پیشین (جووانوویک و آناندال، ۲۰۰۰؛ اسمیت، ۱۹۹۷) نشان داده‌اند که رشد گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد متوقف می‌شود، از این رو

هرچه تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد طی فصل رشد کدو بیشتر باشد، رشد این گیاه با محدودیت بیشتری مواجه می‌گردد، بنابراین انتخاب تاریخ و منطقه کاشت کدو باید به گونه‌ای باشد که گیاه طی فصل رشد خود تا حد امکان با تعداد کمتری از این گونه روزها برخورد کند. در تایید این نتایج، کوتچر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که عملکرد کلم بروکلی، کلم پیچ و تربچه در نتیجه افزایش تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد به طور چشمگیری کاهش یافت، در حالی که عملکردهای بالای گل کلم و شلغم روغنی در سال‌هایی حاصل شد که دارای تعداد روزهای گرم ($T_{max} > 30\ ^oC$) کمتری بودند.

## تجزیه رگرسیون چندگانه خطی میان ترکیب‌های متغیرهای آب و هوایی و شاخص سطح برگ کدو

نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه خطی میان ترکیب‌های دوتایی مختلف از متغیرهای آب و هوایی و شاخص سطح برگ کدو در جدول ۲ آورده شده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، تاثیر همه جفت ترکیب‌های آب و هوایی بر شاخص سطح برگ کدو در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. با این وجود، قوی‌ترین همبستگی ($R= 0.43$) شاخص سطح برگ کدو با ترکیب متغیرهای آب و هوایی درجه- روز رشد (GDD) و تشعشع خورشیدی تجمعی ($R_s$) و ضعیف‌ترین آن ($R= 0.36$) با ترکیب بارش (P) و رطوبت نسبی (RH) طی فصل رشد این گیاه دارویی وجود داشت (جدول ۲)، در حالی که اختلاف زیادی بین همه جفت ترکیب‌های مورد مطالعه در این تحقیق از لحاظ تاثیر بر شاخص سطح برگ کدو مشاهده نشد.

به هر حال، ترکیب درجه- روز رشد (دما) و تشعشع خورشیدی موثرترین جفت ترکیب آب و هوایی است که به صورت خطی بر شاخص سطح برگ کدو تاثیر می‌گذارد. دما و تشعشع خورشیدی عوامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد پتانسیل گیاهان زراعی رشد یافته تحت شرایط بدون تنش (آبیاری کافی و به موقع، مقادیر کافی عناصر غذایی و عدم وجود محدودیت‌های ناشی از علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها) محسوب می‌شود (ویلسون و همکاران، ۱۹۹۵). در نتیجه، این متغیرهای آب و هوایی ورودی‌های اصلی مدل‌های شبیه‌سازی هستند (هوگنبوم، ۲۰۰۰).

## نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تاثیر همه متغیرهای آب و هوایی مورد مطالعه به استثنای میزان بارش بر شاخص سطح برگ کدو در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در مورد همه متغیرهای آب و هوایی مورد مطالعه (به استثنای رطوبت نسبی) رابطه میان نوسان متغیر و شاخص سطح برگ کدو به صورت سهمی با تقعر رو به پایین بود. یعنی، چنانچه مقدار هر کدام از این متغیرها از یک حد مشخص فراتر رود، تاثیر منفی بر رشد و توسعه سطح سبز برگ کدو خواهد داشت. نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه نیز نشان داد که ترکیب درجه- روز رشد (دما) و تشعشع خورشیدی موثرترین جفت ترکیب آب و هوایی است که به صورت خطی بر شاخص سطح برگ کدو تاثیر می‌گذارد.

**جدول ۲- تجزیه رگرسیون چندگانه خطی میان ترکیب‌های دوتایی مختلف از متغیرهای آب و هوایی و شاخص سطح برگ کدو**

| متغیرهای آب و هوایی | معادله خط رگرسیون | R |
|---|---|---|
| درجه- روز رشد (GDD) و بارش (P) | LAI= -0.0309+0.000560GDD+0.00532P | 0.40** |
| درجه- روز رشد (GDD) و رطوبت نسبی (RH) | LAI= 0.0149+0.000442GDD+0.000123RH | 0.39** |
| درجه- روز رشد (GDD) و تشعشع خورشیدی ($R_s$) | LAI= -0.340-0.00320GDD+0.00258$R_s$ | 0.43** |
| درجه- روز رشد (GDD) و تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی گراد (T) | LAI= 0.0957+0.000690GDD-0.00222T | 0.39** |
| درجه- روز رشد (GDD) و تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) | LAI= 0.111+0.000868GDD-0.000452$ET_o$ | 0.38** |
| بارش (P) و رطوبت نسبی (RH) | LAI= -0.0774-0.00463P+0.000465RH | 0.36** |
| بارش (P) و تشعشع خورشیدی ($R_s$) | LAI= -0.106+0.00497P+0.000394$R_s$ | 0.41** |
| بارش (P) و تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی گراد (T) | LAI= 0.0186+0.00746P+0.0111T | 0.41** |
| بارش (P) و تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) | LAI= -0.0868+0.00757P0.000879$ET_o$ | 0.41** |
| رطوبت نسبی (RH) و تشعشع خورشیدی ($R_s$) | LAI= -0.01820.0000691RH+0.000354$R_s$ | 0.40** |
| رطوبت نسبی (RH) و تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) | LAI= -0.0267+0.00018RH+0.000588$ET_o$ | 0.39** |
| رطوبت نسبی (RH) و تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی گراد (T) | LAI= 0.00887+0.000194RH+0.006621T | 0.39** |
| تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی گراد (T) و تشعشع خورشیدی ($R_s$) | LAI= -0.117-0.00895T+0.000713$R_s$ | 0.40** |
| تعداد روزهای با حداکثر دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی گراد (T) و تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) | LAI= 0.245+0.101T+0.0000771$ET_o$ | 0.38** |
| تشعشع خورشیدی ($R_s$) و تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET_o$) | LAI= -0.121+0.00110$R_s$-0.00159$ET_o$ | 0.42** |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

.

## منابع


عامری، ع.، نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۷. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر میزان تولید گل، مواد موثره و کارآیی مصرف نور در گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*). پژوهش و سازندگی. ۸۱: ۱۳۳-۱٤٤.

Bannayan, M., Eyshi Rezaei, E., Alizadeh, A. 2011. Climatic suitability of growing summer squash (*Cucurbita pepo* L.) as a medicinal plant in Iran. *Not Sci Biol*. 3: 39-46.

Bannayan, M., Sadeghi Lotfabadi, S., Sanjani, S., Mohamadian, A., Aghaalikhani, M. 2010. Effects of precipitation and temperature on crop production variability in northeast Iran. *Int J Biometeorol*. 55: 387-401.

Bannayan, M., Sanjani, S. 2011. Weather conditions associated with irrigated crops in an arid and semi-arid Environment. *Agric Forest Meteorol*. 151: 1589-1598.

Boote, K.J., Loomis, R.S. 1991. Modeling crop photosynthesis - from biochemistry to canopy. CSSA Special Publication Number 19. Crop Science Society of America, Madison, WI.

Brant-Loy, J. 2004. Morpho-physiological aspects of productivity and quality in squash and pumpkins (*Cucurbita* spp.). *Critical Rev Plant Sci*. 23: 337-363.

Challinor, A.J., Slingo, J.M., Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Grimes, D.I.F. 2003. Towards a combined seasonal weather and crop productivity forecasting system: determination of the working spatial scale. *J App Meteorol*. 42: 175-192.

Decker, W.L. 1994. Developments in agricultural meteorology as a guide to its potential for the twenty-first century. *Agric Forest Meteorol*. 69: 9-25.

Freckleton, R.P., Watkinson, A.R., Webb, D.J., Thomas, T.H. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agric Forest Meteorol*. 93: 39-51.

Hodges, T. 1998. Water and nitrogen applications for potato: commercial and experimental rates compared to a simulation model. *J Sustain Agric*. 13: 79-90.

Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agric Forest Meteorol*. 103: 137-157.

Hosseini, M., Mollafilabi, A., Nassiri, M. 2008. Spatial and temporal patterns in Saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation, Iran. *Field Crops Res*. 6: 79–88.

Jing, Q., Bouman, B., van Keulen, H., Hengsdijk, H., Cao, W., Dai, T. 2008. Disentangling the effect of environmental factors on yield and nitrogen uptake of irrigated rice in Asia. *Agric Systems*. 98: 177-188.

Jones, P.D., Lister, D.H., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D. 2003. Future climate impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe. *Clim Chang*. 58: 93-108.

Jovanovic, N.Z., Annandale, J.G. 2000. Crop growth model parameters of 19 summer vegetable cultivars for use in mechanistic irrigation scheduling models. *Water SA*. 26: 67-76.

Kenter, C., Hoffmann, C.M., Marlander, B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *Eur J Agron*. 24: 62-69.

Kutcher, H.R., Warland, J.S., Brandt, S.A. 2010. Temperature and precipitation effects on canola yields in Saskatchewan, Canada. *Agric Forest Meteorol*. 150: 161-165.

Landau, S., Mitchell, R.A.C., Barnett, V., Colls, J.J., Craigon, J., Moore, K.L., Payne, R.W. 1998. Testing winter wheat simulation models' predictions against observed UK grain yields. *Agric Forest Meteorol*. 89: 85-99.

McKeown, A.W., Warland, J., McDonald, M.R. 2006. Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a mini review. *Can J Bot*. 84: 1031-1036.

McMaster, G.S., Wilhelm, W.W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agric Forest Meteorol*. 87: 291-300.

Pohlert, T. 2004. Use of empirical global radiation models for maize growth simulation. *Agric Forest Meteorol*. 126: 47-58.

Smith, D.S.N. 1997. Summer squash (*Cucurbita pepo* L.) leaf number as influenced by thermal time. *Sci Hortic*. 68: 219-255.

Tao, F., Yokozawa, M., Zhang, Z. 2009. Modeling the impacts of weather and climate variability on crop productivity over a large area: A new process-based model development, optimization, and uncertainties analysis. *Agric Forest Meteorol*. 149: 831-850.

Whitaker, T.W., Davis, G.N. 1962. Cucurbits. Inter Sci. INC., New York, p. 10.

Wilson, D.R., Muchow, R.C., Murgatroyd, C.J. 1995. Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. *Field Crops Res*. 43: 1-18.

# Effect of Annual Fluctuations of Weather Variables on Development of Medicinal Pumpkin's (*Cucurbita pepo* L.) Leaf Area

**Mohammad Reza Naderi[1], Mortaza Goldani*[2], Mohammad Bannayan[2]**

1- 1- Ph.D. Student of Crop Ecology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Assoc. Prof., Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
* For Correspondence: goldani@um.ac.ir

**Received: 22.01.2014** **Accepted: 15.05.2014**

## Abstract

Fluctuation of weather variables is one of the most important environmental factors affecting the growth and yield of crop plants in various years and sites. Thus, evaluating the intensity and direction of weather variables which impacts on growth and yield of crop plants is important to selection the suitable sowing dates and sites for each crop and as a result, achieving its desirable growth and yield. In this regard, the current study was conducted with the aim of investigating the impacts of the annual fluctuations of weather variables on leaf area index of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Results of simple regression analysis showed that all of weather variables (except of precipitation) had significant effect on growth and development of Pumpkin's green leaf area ($P < 0.01$). Accordingly, the strongest correlation ($R= 0.53$) of Pumpkin's leaf area index was with total potential evapotranspiration during its growth cycle. Results of multiple regressions also showed that the combination of growing degree days (temperature) and solar radiation was the most effective binary variables which linearly affecting on the leaf area index of Pumpkin.

**Key words:** Leaf area index, Mashhad, potential evapotranspiration, solar radiation, temperature.