نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد 11، مهر - آبان 1396، ص. 636-646

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 11, Oct.-Nov. 2017, p. 636-646

ارزیابی رابطه بارش تجمعی و عملکرد گندم و جو با استفاده از شاخص یکنواختی در منطقه نیمه‌خشک مشهد

محمد بنایان اول[1*]، سارا اسدی[2]، حسن صالحی[3]، سعیده کوزه‌گران[4]

تاریخ دریافت: 1395/12/10 تاریخ پذیرش: 1396/2/9

چکیده

تحلیل تصویری پراکندگی الگوی بارندگی در هر مکانی منجر به اظهار نظرهای ذهنی و مبهمی می‌شود. بنابراین یافتن شاخص‌های مفید با توانایی توضیح و تفسیر بهتر پراکندگی و الگوی بارش به منظور افزایش درک ما از الگوی بارش، ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعه اخیر، رابطه بین شاخص‌ها و عملکرد دو گیاه زراعی گندم و جو در طول دوره 30 ساله 1363 – 1392 در مشهد ارزیابی شده است. شاخص‌های یکنواختی برای دو دوره کاشت تا مرحله برداشت و مرحله بحرانی رشد گندم و جو (گرده‌افشانی) محاسبه شد. مرحله بحرانی محدود به یک دوره 30 روزه گرده‌افشانی گیاهان از مـی تـا ژوئن (اواسط خرداد تا اوسط تیر) بود. نتایج بیانگر این است که عملکرد گندم و جو همبستگی معنی‌داری با شاخص E_R (شیب خط یکنواختی: میانگین بارش روزانه در طول دوره رشد گیاه زراعی) (تا 0/5) دارد. در حالی‌که همبستگی میان عملکرد گندم و جو با شاخص U_R (شاخص توزیع نابرابر بارش) وجود نداشت. اما، هنگامی که شاخص یکنواختی بر اساس میانگین بارش روزانه وزن داده شـد (U_R/E_R)، همبسـتگی منفـی معنـی‌داری (r=-0/45) مشاهده شد. همبستگی بین شاخص‌های یکنواختی (U_R) و عملکرد گندم و جو در دوره بحرانی گرده افشانی در حدود 0/48 بود. که نشان‌دهنده بهبود دقت این شاخص در شرایط انتخاب درست دوره بحرانی و تاثیر بارندگی در این دوره بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی تجمعی، شاخص یکنواختی، عملکرد غلات

مقدمه

در سال‌های اخیر، دانشمندان و متخصصـان علـوم کشـاورزی و اقلیم شناسی تحقیقات گسترده‌ای را در زمینه اقلیم ـ کشاورزی انجام داده و با ارایه روش‌های مختلف سعی بر شناسـایی و تبیـین ارتبـاط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت و مراحل رشد و نمـوی محصـولات مخصوصا کشت دیم داشته‌اند. عملکرد گیاهـان زراعـی تحـت تـاثیر ساختار ژنتیکی گیاه زراعی، شرایط محیطی و اثرات متقابل آن‌هاست. اگرچه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند ولی، در حال حاضر با توجه به تغییرات چشـم‌گیـر عملکـرد گیاهان زراعی در سیستم دیم نسبت به سیستم آبیاری از هر سال به سال دیگر در هر مکان، می‌توان نتیجه گرفت آب و هوا عامل اصـلی عدم ثبات عملکرد گیاهان زراعی است (Alexandrov and Hoogenboom., 2000; Chloupek et al., 2000; Lashkari and Bannayan., 2013). عملکرد گیاهـان زراعی با تغییر عوامل آب و هوایی مانند دمای هـوا، بـارش، تعـداد و شدت حوادث شدید مانند خشک‌سالی، سیل، طوفان و تگرگ به شدت تحـت تـاثیر قـرار مـی‌گیـرد (Alexandrov and Hogenboom., 2000; Bannayan et al., 2010). فرآیند تغییرات آب و هوا شـامل افزایش دی‌اکسیدکربن در اتمسفر، درجه حرارت و تنوع بارش به‌طـور مستقیم بر روی محصولات کشاورزی تاثیر بیش‌تری نسبت به تعداد و شدت حوادث شدید دارد (Bannayan et al., 2005; Bannayan et al., 2011).

به‌طور معمول، درجه حرارت در طول فصل رشـد گیـاه زراعـی و کمبود بارش از طریق سه مکانیسم، عملکرد دانه را در مراحل مختلف رشد گیاه تحت تاثیر قرار می‌دهد الف) کاهش جـذب تشعشـع فعـال فتوسنتزی توسط کانوپی (محدودیت توسعه سطح برگ، پیری زودرس برگ)، ب) کاهش راندمان مصرف نور، ج) کاهش شـاخص برداشـت (کاهش در تخصیص مواد فتوسنتزی گیاه به دانه) (Cantelaube and Terres., 2005; Olesen and Bindi., 2002). به‌جز مقـدار بارنـدگی، زمان شروع بارندگی و همچنین پراکندگی زمانی آن در طـول سـال، برای کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری که وقـوع

1- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3 و 4- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* -نویسنده مسئول: Email: anayan@um.ac.ir)

نوسان در هر یک از این موارد، باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به‌خصوص کشت دیم خواهد شد. تعدادی از مطالعات گزارش می‌دهند که نه تنها مقدار بارندگی بلکه توزیع آن می‌تواند به شدت عملکرد را تحت تاثیر قرار دهد (Condon et al., 2004; Keating and McCown., 2001). توزیع بارش می‌تواند از میزان بارش باران با توجه به دلایلی از جمله در دسترس بودن آب کافی در مراحل مختلف مهم رشد (Asseng et al., 2003; Kar et al., 2007) و ظرفیت ذخیره‌سازی بی‌اثر خاک در طول رخدادهای بارندگی فراوان و نادر (Barzegar et al., 2003) مهم‌تر باشد.

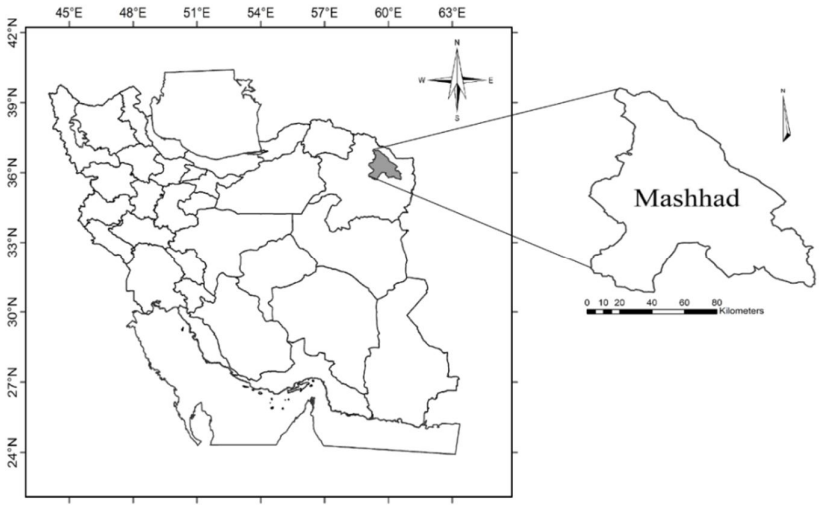
مک مستر و ویلهلم گزارش کردند که کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله به ترتیب هنگام وقوع کمبود آب در مرحله پنجه‌زنی و دوره رشد سنبله مشاهده شد (McMaster and Wilhelm., 2003). همچنین هوخ در سال 1982 بیان داشت که حداکثر کاهش عملکرد گندم در نتیجه تنش آب در مرحله ظهور سنبله به مدت 10 روز مشاهده شد (Hochman., 1982). وزن دانه گندم نیز در شرایط تنش آب در طول دوره پرشدن دانه کاهش می‌یابد (Bindraban et al., 1998). بنابراین، مطالعه الگوی بارش در تولید گندم و جو باید با در نظر گرفتن زمان بارش در طول دوره رشد صورت گیرد. چمیلاوسکی و کوهن و هاکالا و همکاران دریافتند که افزایش بارش زمانی منجر به کاهش عملکرد می‌شود که بارندگی نزدیک به تاریخ کاشت رخ دهد در حالی‌که بارش در 3 تا 7 هفته بعد از کاشت منجر به افزایش عملکرد گندم می‌شود (Chmielewski and Kohn., 1999; Hakala et al.,2012). در مقابل پلتونن ساینیو و همکاران به این نتیجه رسیدند که بارندگی زیاد در اواخر دوره رشد (نزدیک به رسیدگی گیاه) تاثیر منفی بر عملکرد داشته و احتمالا منجر به کاهش کیفیت دانه می‌شود (Hakala et al., 2012; Peltonen-Sainio et al., 2011). بنایان و همکاران نیز با بررسی ارتباط بین شاخص‌های اقلیمی، شاخص خشکی و عملکرد محصول در استان خراسان نشان دادند که یک همبستگی معنی‌داری بین شاخص خشکی و عملکرد محصولات وجود داشت (Bannayan et al., 2010). این نتایج حاکی از همبستگی بالای تولید محصولات کشاورزی با نزولات جوی در مراحل رشد و نمو گیاه است. به عبارتی گیاه نسبت به نوسانات این عوامل حساسیت نشان می‌دهد و در نتیجه امکان اتخاذ تصمیم مناسب جهت انجام زراعت را فراهم می‌سازد (Mulat et al., 2004).

برخی محققان عقیده دارند که، به‌دلیل شکل‌گیری کشاورزی اولیه در منطقه‌ای در خاورمیانه بین ایران و عراق، غلات از ابتدا تحت تاثیر خشکی قرار داشته‌اند (Araus et al., 2002). خشکی مهم‌ترین عامل غیرزنده‌ای است که، بر عملکرد گندم تاثیر دارد (Araus et al., 2002; Wood et al., 1997). از نظر هواشناسی خشکی زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار بارندگی سال از متوسط بارندگی‌های دراز مدت به مدت یک دوره طولانی کم‌تر باشد ولی از نظر کشاورزی خشکی موقعی رخ می‌دهد که میزان و توزیع بارندگی به حدی کم باشد که موجب کاهش محسوس در عملکرد گیاهان زراعی گردد (Baker., 1989). اگر خشک‌سالی‌های نوع کشاورزی مدنظر قرار گیرد، وقوع خشک‌سالی در کشور هر دو سال یکبار اجتناب‌ناپذیر است. برای مطالعه و ارزیابی خشک‌سالی، شاخص‌های زیادی از جمله شاخص پالمر[1] و آنومالی[2] رطوبت و بارندگی، شاخص استاندارد شده بارش و غیره ارایه شده است. که هر کدام از این شاخص‌ها با توجه به روش محاسباتی و نوع داده‌های ورودی آن، دارای معایب و محاسنی می‌باشند. هیم معتقد است برخی شاخص‌ها دارای قالب نسبتا پیچیده-ای هستند که فقدان آمار طولانی مدت، کاربرد آن را (در ایران) محدود کرده است. کمبود اطلاعات سبب روی آوردن پژوهشگران به جایگزین‌های ساده‌تر بر پایه بارش شده است (Heim., 2002; Guttman., 1998). تغییرات بارش به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل بارش اولین برداری است که می‌تواند در بررسی هر حالتی از خشک‌سالی مورد توجه قرار گیرد (Noohi and Asgari., 2006). با توجه به تاثیر مهم عوامل آب و هوایی بر عملکرد محصول گندم و جو، معرفی شاخص‌ها و متغیرهای کشاورزی که بیش‌ترین تاثیر را در این خصوص دارند، لازم به‌نظر می‌رسد. با در نظر گرفتن تنوع بارش و افزایش وقوع خشک‌سالی در چند دهه گذشته در مشهد (Armandpisheh et al., 2015)، و لزوم بهنگام بودن بارش در طول دوره رشد گیاهان زراعی، در این مطالعه میزان همبستگی بارندگی با عملکرد گندم و جو مشهد برای اولین بار توسط شاخص یکنواختی (Evenness index) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

استان خراسان رضوی با مساحت حدود 248.000 کیلومترمربع در شمال‌شرق ایران قرار دارد. کشاورزی در این منطقه گسترده با بیش از 6 میلیون جمعیت، نقش مهمی در اقتصاد منطقه دارد. خراسان داری نوسانات بالای آب و هوایی است (Bannayan et al., 2010)، با این حال، کشاورزی دیم رایج‌ترین سیستم کشت در این منطقه است. این مطالعه در منطقه مشهد (عرض جغرافیایی '15°36 شمالی، طول جغرافیایی '28°59 شرقی و ارتفاع 999 متر از سطح دریا) انجام شد. این منطقه با الگوی آب و هوایی سرد و خشک دارای میانگین دما سالانه 23/4 درجه سانتی‌گراد و متوسط مجموع بارش سالانه 251/5 میلی‌متر است (شکل 1).

1- Palmer Drought Severity Index (PDAI)
2- Anomaly

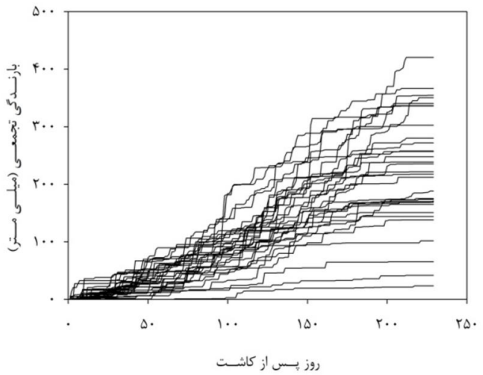


شکل 1 - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (مشهد)

داده‌های مورد نیاز در طول دوره مطالعه شامل بارندگی روزانه و عملکرد گیاه زراعی مورد نظر بود. جمع‌آوری داده بارش در دوره رشد گندم و جو برای دوره بلندمدت 30 ساله (سال 1363 تا 1392) از ایستگاه هواشناسی سنتوپتیک مشهد و همچنین عملکرد گیاهان زراعی (گندم و جو) از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی صورت گرفت.

روشی که در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفت برای اولین بار توسط مونتی و ونچوری توسعه داده شد (Monti and Venturi., 2007). آن‌ها از این روش برای بررسی رابطه بارندگی تجمعی با عملکرد گندم و چغندرقند استفاده کردند. تنوع مجموع بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه در حدود 150 تا 420 میلی‌متر بارندگی بود (شکل 2). توزیع بارش در میان سال‌های مختلف توسط شاخصی مورد ارزیابی قرار گرفت که در شکل 2 با در نظر گرفتن دو سال 1372 و 1392 این روش محاسبات به تفصیل توضیح داده می‌شود.

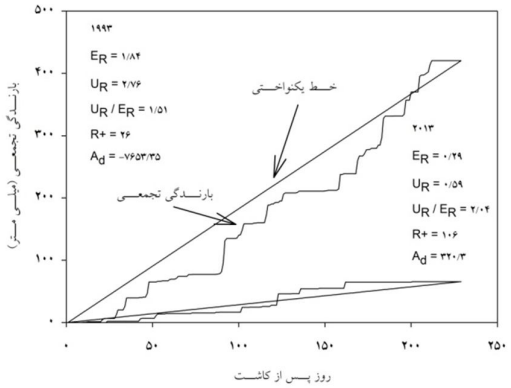
به منظور تجزیه و تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها و عملکرد گندم و جو، محاسبات مشابه‌ای برای هر سال انجام شد. در مرحله اول، باران تجمعی با توجه به دوره رشد گندم در استان (229 روز) از تاریخ 15 آبان (6 نوامبر) تا اول تیر(22 ژوئن) محاسبه شد. نمودار باران تجمعی در مقابل زمان برای کل سال‌ها و برای هر سال به صورت جداگانه رسم و تغییرات فصلی بارش طی سال‌های مختلف به وضوح مشخص شد. پس از محاسبه مقادیر بارش تجمعی، نمودار بارش تجمعی برای دوره رشد رسم شد و سپس خط یکنواختی (Evenness line) با وصل‌کردن اولین و آخرین بارش تجمعی رسم شد. شیب خط یکنواختی از تقسیم بارش تجمعی بر تعداد روزها محاسبه شد و به عنوان E_R شناخته شد که نشان دهنده متوسط بارش روزانه دوره می‌باشد.



شکل 2 - بارش تجمعی در دوره زمانی 30 ساله (1363-1392).

در مرحله بعد دو شاخص برای دوره بارش، با شمارش نقاط داده‌ها (X_i) زیر خط یکنواختی (R_-) یا بالای خط یکنواختی (R_+) محاسبه شد. شاخص A_d با استفاده از قانون ذوزنقه، از اختلاف مساحت بالای خط یکنواختی و زیر خط یکنواختی محاسبه شد. به‌طور مثال با توجه به این‌که در سال 1372 و 1392، متوسط بارش روزانه به ترتیب 1/84 و 0/29 میلی‌متر بود شاخص R_+ در این دو سال به‌ترتیب 26 و 106320 تعیین شد. که حاکی از بیش‌تر بودن تعداد نقاط بالاتر از خط یکنواختی در سال 1392 نسبت به 1372 می‌باشد (شکل 3).

شاخص ناهمواری توزیع بارندگی (U_R)، تخمینی از پراکندگی بارش باران واقعی در اطراف خط یکنواختی است، یعنی چگونگی انحراف دوره بارندگی واقعی از خط یکنواختی مربوطه. U_R توسط مجموع مربعات فاصله هر کدام از نقاط داده‌های بارندگی تجمعی از نقاط مطابق روی خط یکنواختی به دست آمد (معادله 1).



شکل 3 - نمونه‌ای از محاسبه شاخص. خط ممتد شکسته نشان‌دهنده بارش روزانه تجمعی دو سال دل‌خواه (1363-1392). E_R: نشان‌دهنده بارش روزانه (شیب خط یکنواختی)، U_R: شاخص توزیع بارش ناهموار. R_+: تعداد نقاط داده بالا خط یکنواختی، A_d: اختلاف مساحت بالای خط یکنواختی و زیر خط یکنواختی.

$$U_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y_e)^2}{n}} \quad (1)$$

که در آن y_e مقدار بارش تجمعی مرتبط با نقاط روی خط یکنواختی (y_i) است، و n تعداد روز در طول دوره رشد گندم و جو است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر چه میزان U_R بیش‌تر باشد یکنواختی کم‌تر است و در نتیجه U_R رابطه منفی با عملکرد دارد. به طور مثال یکنواختی بارش در سال 1372 نسبت به سال 1392 به‌دلیل بالاتر بودن شاخص U_R آن، کم‌تر است (شکل 3). U_R توسط شاخص E_R به صورت U_R/E_R وزن داده شد تا شاخص تخمین دقیقی از میزان ناهمواری و همچنین میزان بارش به دست آورد.

شاخص‌های یکنواختی شامل E_R، U_R، U_R/U_E، R_+، R_-، A_d به‌عنوان متغیرهای توصیف برای نشان دادن وابستگی عملکرد گندم و جو به توزیع بارندگی تعریف شد. نمودارهای پراکندگی برای تک‌تک شاخص‌ها با یکدیگر رسم شد و علاوه بر این، همبستگی بین شاخص‌های با استفاده از آزمون پیرسون در سطح آماری $P \leq 0.05$ محاسبه شد. در نهایت ارتباط شاخص‌ها با عملکرد بررسی می‌شود. از سوی دیگر، همبستگی بین میانگین بارش ماهانه (میلی‌متر) و انحراف استاندارد ماهانه بارش در طول فصل رشد مورد آزمایش قرار گرفت.

نتایج و بحث

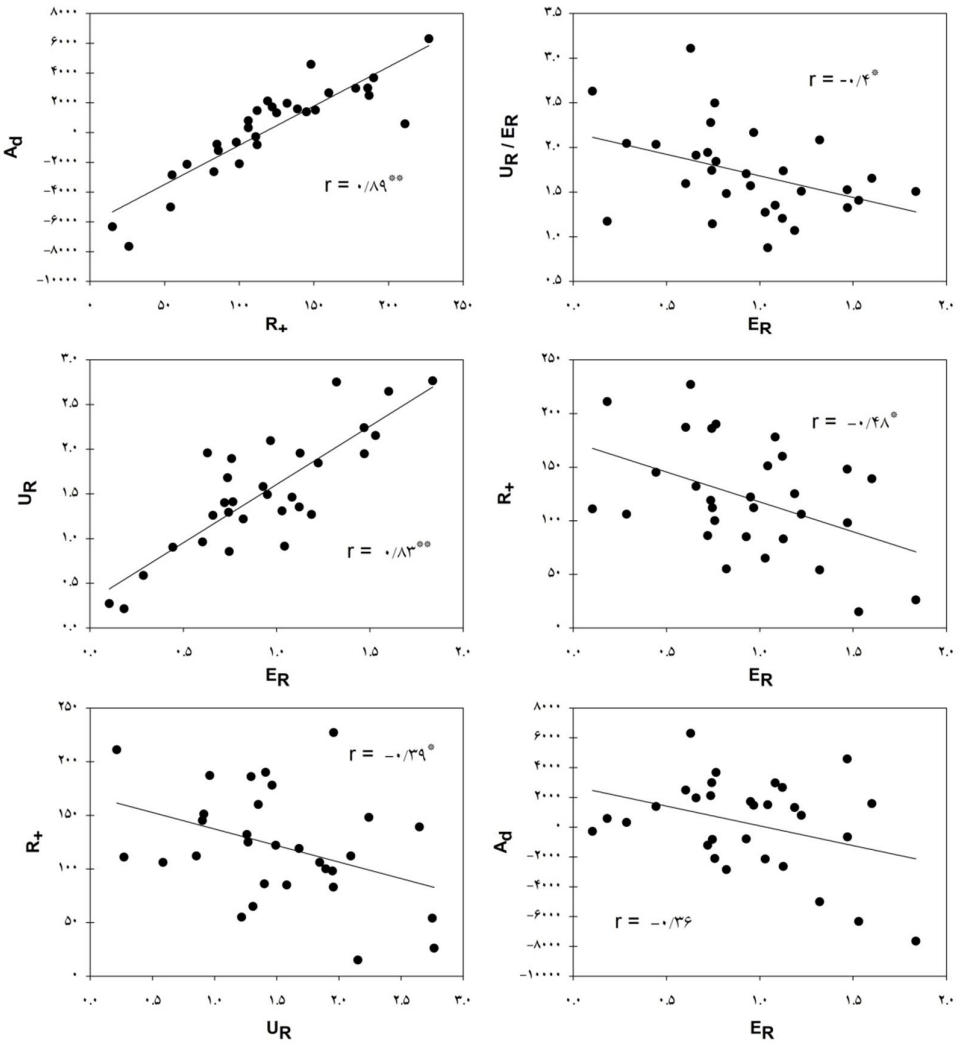
توزیع زمانی بارش

تنها پیش فرض قبل از بررسی همبستگی شاخص‌های یکنواختی، نرمال بودن مقدار شاخص‌ها است که با محاسبه چولگی و کشیدگی بررسی شد. در حالت کلی معمولا چنان‌چه چولگی و کشیدگی در بازه‌ی (2 ، 2-) نباشند داده‌ها دارای توزیع نرمال نیستند. از آن‌جا که مقدار چولگی و کشیدگی برای تمامی شاخص‌های یکنواختی در بازه (2+ و 2-) قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت فرض صفر رد نشده است و پیش فرض همگنی یا نرمال بودن داده‌ها رعایت شده است (جدول 1). آمار توصیفی شاخص‌های یکنواختی دوره سی ساله در مشهد، نشان دهنده ضریب تغییرات و دامنه تغییرات بالای A_d نسبت به سایر شاخص‌ها است. به‌طور کلی، سال‌های با میانگین بارش روزانه یکسان (E_R)، تنوع بالای در یکنواختی بارش تجربه می‌کنند. به طور مثال سال‌های 1370 و 1365 با مقدار مشابه E_R به میزان 1/47 میلی‌متر داری یکنواختی بارش (U_R) متفاوتی بودند، به‌طوری که یکنواختی بارش در دو سال 1365 و 1370 به‌ترتیب 2/24 و 1/95 میلی‌متر بود. همچنین شاخص R_+ نیز در این دو سال به ترتیب 148 و 98 روز بود.

جدول 1 - آمار توصیفی شاخص‌های یکنواختی

	E_R	U_R	R_+	R_-	A_d	U_R/E_R
میانگین	0/94	1/52	121/13	106/00	261/81	1/71
کشیدگی	-0/15	-0/18	-0/24	-0/23	0/77	0/90
چولگی	0/06	0/04	0/03	-0/03	-0/74	0/85
دامنه داده‌ها	1/73	2/55	212/0	212/00	13949/1	2/23
حد بالا (بیشینه)	1/84	2/76	227/0	212/00	6295/7	3/11
حد پایین (کمینه)	0/10	0/21	15/0	0/00	-7653/4	0/88
ضریب تغییرات	0/44	0/43	0/43	0/49	11/80	0/29

E_R: مقدار بارش روزانه، U_R: شاخص توزیع بارش ناهموار. R_+ و R_-: تعداد نقاط بالا و پایین خط یکنواختی، A_d: اختلاف مساحت بالای خط یکنواختی و زیر خط یکنواختی.



شکل 4 - همبستگی بین شاخص‌های یکنواختی

بررسی همبستگی شاخص‌های یکنواختی با یکدیگر حاکی از عدم همبستگی E_R با A_d بود (شکل 4). شاخص‌های E_R با U_R/E_R (r=-0/4)، R_+ با U_R (r=-0/39) و E_R (r=-0/48) همبستگی منفی داشتند در حالی‌که شاخص A_d با R_+ (r=0/89)، E_R با U_R (r=0/83) دارای همبستگی مثبت در سطح آماری یک درصد بودند. از این شاخص‌ها می‌توان استفاده منطقی در تجزیه و تحلیل داده‌ها کرد. یعنی هرچه میزان نقاط بالای خط یکنواختی بیش‌تر باشد به‌طبع A_d (اختلاف مساحت بالای خط از مساحت پایین خط یکنواختی) و یکنواختی بارش (U_R کم‌تر) بیش‌تر می‌شود. همچنین افزایش میانگین بارش روزانه (E_R) احتمال عدم یکنواختی بارش را افزایش می‌دهد (شکل 4). شاخص U_R نشان دهنده اهمیت و توزیع غیریکنواخت بارش است، اما این شاخص نمی‌تواند چگونگی تغییر توزیع بارش را در دو سال بیان کند. این بستگی به موقعیت دارد، به‌طور مثال، در دو سال با مقدار برابر E_R و U_R، توزیع بارش معکوس بود، یعنی در یک سال توزیع بارش در اوایل دوره و در دیگری در اواخر دوره رخ می‌دهد. به‌طور خلاصه، مقدار کم شاخص U_R نشان‌دهنده توزیع بارش بالا است در حالی‌که مقدار کم شاخص A_d نشان دهنده شکل منظم یکنواختی است، که لزوما مستلزم توزیع یکنواخت نیست. بنابراین برای یک برآورد دقیق‌تر و افزایش کیفیت آزمایش باید هر سه شاخص E_R، U_R و A_d همزمان بررسی شود.

ارتباط بین عملکرد و شاخص‌های یکنواختی

عملکرد گندم و جو با میانگین بارش روزانه در طول دوره رشد (E_R) همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد (r_w=0/51،

(r_b=0/5) دارند، در حالی‌که با شاخص یکنواختی بارش (U_R) در طول دوره رشد همبستگی نداشت (شکل 5). لازم به ذکر است که، با وزن داده U_R به وسیله E_R (به عبارتی اعمال تاثیر میزان میانگین بارندگی روزانه در شاخص یکنواخت بارش) به دلیل افزایش دقت تخمین میزان یکنواختی بارش، همبستگی عملکرد دانه هر دو گیاه با شاخص U_R/E_R به‌طور قابل توجه‌ای افزایش (r_w=-0/45، r_b=-0/43) یافت. از سوی دیگر، عملکرد گندم و جو همبستگی منفی معنی‌داری با شاخص A_d (r_w=-0/4، r_b=-0/37) داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت، حساسیت عملکرد گندم و جو به بارش منظم در طول دوره رشد مشابه بود. به‌طوری که ارتباط خطی منفی بین عملکرد گندم و جو با U_R/E_R این واقعیت را تایید می‌کند. به‌طور کلی می‌توان گفت، عملکرد بالای گندم و جو در شرایط میانگین بارش بالا در طول دوره رشد گیاه (E_R بیش‌تر) به همراه کاهش اختلاف مساحت بالای خط یکنواختی از پایین خط یکنواختی (A_d کم‌تر) و نسبت پایین U_R/E_R (یکنواختی بارش بیش‌تر) به‌دست می‌آید. مونتی و ونچوری نیز داشتند شاخص غیریکنواختی بارش با عملکرد ذرت و چغندرقند در طول دوره رشد دارای همبستگی منفی معنی‌داری در سطح یک (به ترتیب 0/53-، 0/7-) بودند. آن‌ها همچنین بیان کردند با وزن دادن این شاخص با میانگین بارش روزانه، میزان همبستگی بین شاخص و عملکرد ذرت و چغندرقند افزایش یافت (Monti and Venturi., 2007).

در دسترس بودن آب مهم‌ترین عامل برای حفظ بهره‌وری محصول در کشاورزی دیم است. تنوع بارش از فصلی به فصل دیگر تا حد زیادی میزان آب قابل دسترس گیاه را در خاک تحت تاثیر قرار می‌دهد در نتیجه ریسک تولید گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد. در حالت ایده‌آل، کشت و زرع محصول باید در مناطق با بارندگی بالا و تنوع کم بارندگی صورت گیرد، با این حال، کشاورزی را می‌توان در طیف گسترده‌ای از شرایط زیست محیطی مشاهده کرد. رابطه متوسط بارش ماهانه مشهد با میزان انحراف از معیار بارندگی توسط رگرسیون خطی از نوع Y= a+bX محاسبه شد.

ضرایب همبستگی r و p-value به‌عنوان معیاری از معنی‌داری لحاظ شد. همبستگی معنی‌داری بین متوسط بارش ماهانه مشهد با میزان انحراف از معیار بارندگی در تمامی ماه‌های طول دوره رشد گندم و جو، در سطح یک درصد مشاهده شد. بیش‌ترین همبستگی در ماه تیر رخ داد (r=0/99). بیش‌ترین انحراف از معیار در ماه اسفند به میزان 2/53 میلی‌متر بود، به این معنی که هر کاهش (یا افزایش) 1 میلی‌متری در میانگین بارش در طول ماه اسفند با کاهش (یا افزایش) 2/53 میلی‌متر در انحراف از معیار (شیب خط رگرسیون) است. به‌طور کلی، هر چه میزان میانگین بارش ماهیانه بیش‌تر باشد، احتمال عدم یکنواختی بارش در آن ماه بیش‌تر است (شکل 6).

با توجه به اهمیت یکنواختی و بهنگام بودن بارش در تولید گندم، تمام شاخص‌های یکنواختی برای دوره بحرانی تولید گندم و جو محاسبه شد. اگرچه شاخص یکنواختی U_R در طول دوره رشد با عملکرد گندم و جو همبستگی نداشت، اما با محدودکردن این دوره به یک دوره 30 روزه گلدهی (بحرانی‌ترین دوره برای تولید گندم و جو)، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد گندم و جو به ترتیب در سطح یک و پنج درصد (r_w=0/48، r_b=0/38) با شاخص U_R مشاهده شد (شکل 7). آنالیزها همچنین حاکی از عدم همبستگی عملکرد گندم و جو با شاخص U_R/E_R در دوره محدود بود. در مطالعه‌ای دیگر، محققین بیان داشتند که عملکرد چغندرقند با شاخص U_R/E_R در دوره بحرانی رشد گیاه همبستگی معنی‌دار نداشت. در حالی‌که، عملکرد ذرت با این شاخص در دوره بحرانی رشد گیاه همبستگی معنی‌دار منفی داشت. این همبستگی نشان دهنده اهمیت یکنواختی بارش در طول دوره گلدهی ذرت است (Monti and Venturi, 2007). بالاترین میزان بارش سالانه و ماهانه در طی سال‌های مورد بررسی (1370-1392)، به ترتیب در سال 1372 به میزان 420 میلی‌متر و در ماه خرداد سال 1993 مشاهده شد. حدودا 28 درصد کل بارندگی سالانه در دوره بحرانی رشد دو گیاه (120 میلی‌متر) رخ داد، که منجر به افزایش عملکرد گندم و جو (به ترتیب، 89 و 43 درصد) نسبت به میانگین عملکرد منطقه شد.

به‌طور کلی، شاخص غیریکنواخت توزیع بارش (U_R) در توصیف تنوع عملکرد بسیار معنی‌دار است. به‌عنوان مثال، در دو سال 1365 و 1370 با مقدار بارش مساوی حدود 336/6 میلی متر، عملکرد گندم و جو در سال 1370 بیش‌تر از سال 1365 بود. وقتی شاخص U_Rو E_R مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد میانگین بارش روزانه (E_R) در هر دو سال مشابه است. از سوی دیگر، U_R در سال 1370 از سال 1365 کم‌تر بود و میزان بارن در دوره بحرانی رشد در سال 1370 در حدود 41 میلی‌متر و در سال 1365 حدود 19 میلی‌متر بود. به‌نظر می‌رسد وقتی E_R مشابه باشد، U_R و میزان بارندگی در دوره بحرانی رشد نقش مهمی در تعیین عمکلرد گیاه زراعی دارد.

همان‌طور که در این مطالعه نشان داده شده است، توزیع بارش تاثیر بسیار زیادی بر عملکرد دانه گندم و جو دارد. آسنگ و همکاران اظهار داشتند که صرف نظر از تمام روابط فیزیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بین در دسترس بودن آب و عملکرد گیاه زراعی، توزیع بارش، از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده عملکرد گیاه زراعی است (Asseng et al., 2001). همچنین کاندن و همکاران و هادر نیز اظهار داشتند که از تمام پارامترهای آب و هوایی موثر بر تولید و عملکرد گیاهان زراعی، باران و پراکنش آن مهم‌ترین پارامتر است (Condon et al., 2004; Hodder., 1980). جازینسکا بیان نمود که کمبود بارش اگرچه میزان عملکرد محصول را کاهش می‌دهد، اما، این کاهش در شرایط کمبود بارش در دوره‌های بحرانی رشد گیاه زراعی افزایش می‌یابد (Jasiñska., 1993). به‌عبارتی اگر در این دوره

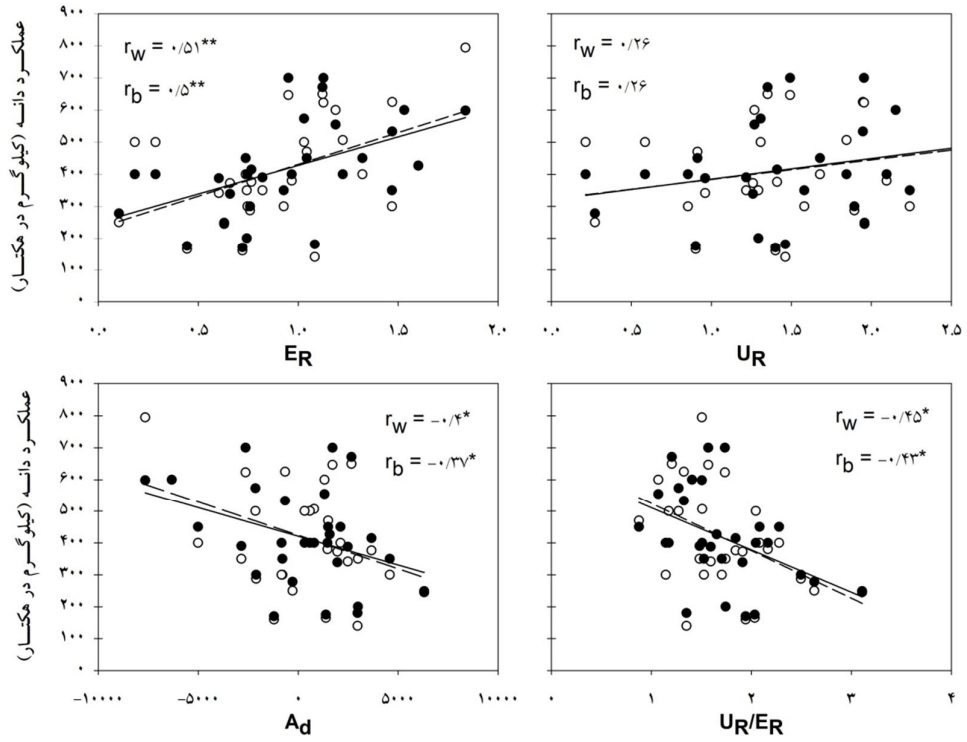
بحرانی خشک‌سالی رخ دهد، منجر به کاهش قابل توجه‌ای در عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Costa- Franca et al., 2000; Podleœny and Koco., 2000; Barrios et al., 2005; Baigorri et al., 1999).

نتیجه‌گیری

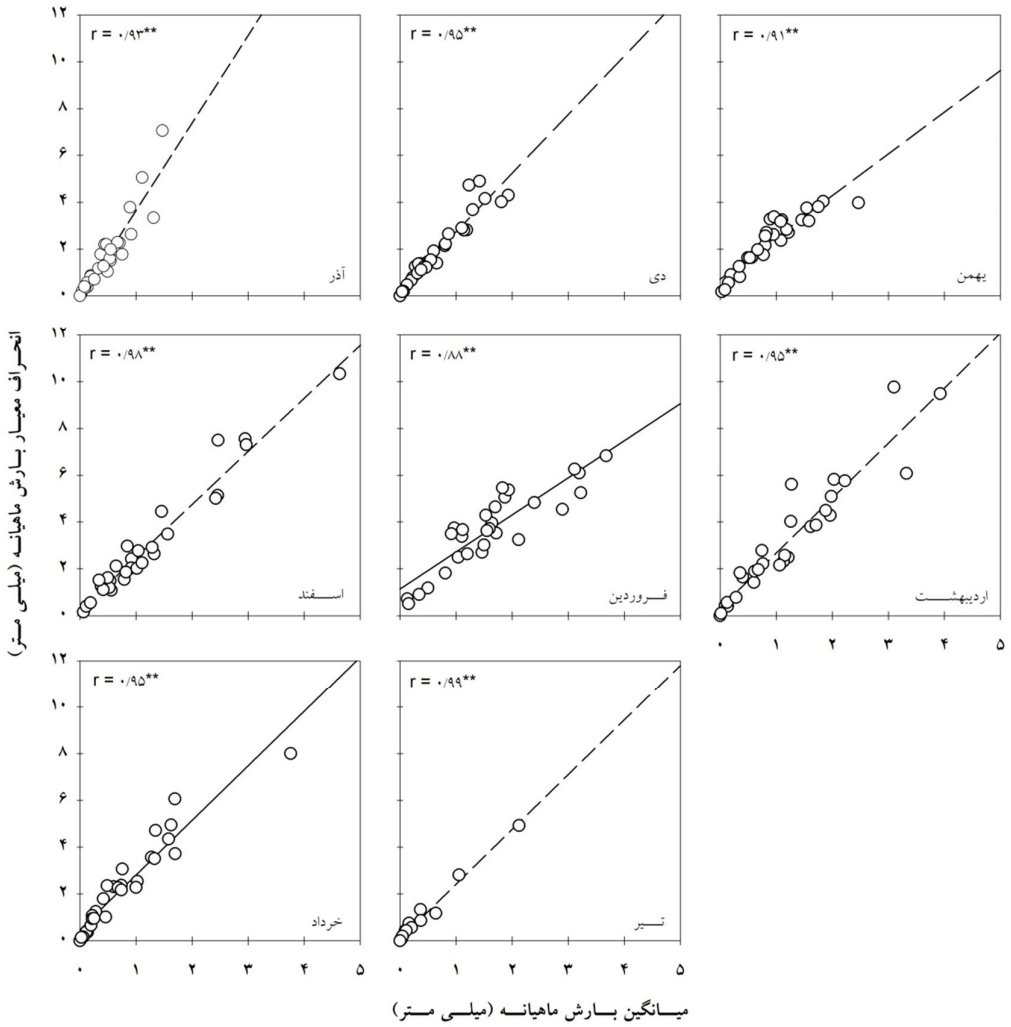
به‌طور کلی نتایج این مطالعه حاکی از، عدم همبستگی E_R با A_d و همبستگی منفی معنی‌دار با شاخص‌های E_R با U_R/E_R، R_+ با U_R و E_R و همبستگی مثبت معنی‌دار شاخص A_d با R_+ ، E_R با U_R بود. افزایش میانگین بارش روزانه (E_R) و ماهانه، انحراف از معیار بارندگی و عدم یکنواختی بارش را در دوره مورد مطالعه افزایش می‌دهد. از آن‌جایی که شاخص U_R تنها نشان‌دهنده توزیع غیریکنواخت بارش است و نمی‌تواند چگونگی تغییر توزیع بارش به وضوح نشان دهد، برای افزایش دقت باید هر سه شاخص E_R، U_R و A_d به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار گیرد. از سوی دیگر، همبستگی شاخص‌های یکنواختی با عملکرد گندم و جو نشان داد که میانگین بارش روزانه در طول دوره رشد برخلاف شاخص یکنواختی بارش (U_R) همبستگی معنی‌داری با عملکر هر دو گیاه داشت. البته با اعمال تأثیر میزان میانگین بارندگی روزانه در شاخص یکنواخت بارش (U_R/E_R)، این شاخص همبستگی معنی‌داری با عمکرد گندم و جو نشان داد. اگرچه همبستگی معنی‌داری بین شاخص غیریکنواختی بارش در طول دوره رشد با عملکرد گندم و جو مشاهده نشد، با محدود کردن این دوره به دوره بحرانی گلدهی، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد گندم و جو با شاخص غیریکنواختی بارش مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد وقتی میانگین بارش روزانه مشابه باشد، شاخص غیریکنواختی بارش و میزان بارندگی در دوره بحرانی رشد نسبت به کل دوره رشد نقش مهم‌تری در تعیین عمکلرد گیاه زراعی دارد.

سپاسگزاری

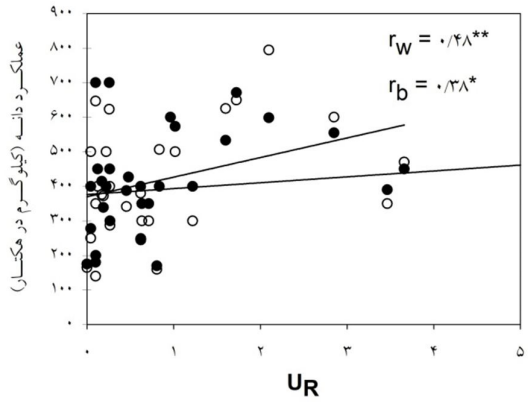
هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد 33209 مورخ 1393/11/05 تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.



شکل 5 - همبستگی شاخص‌های یکنواختی بارش باران با عملکرد گندم (●، ـــــ) و جو (○، ....).



شکل 6 - همبستگی میانگین بارش ماهیانه با انحراف از معیار بارندگی در مشهد (1370 - 1392)



شکل 7- همبستگی عملکرد گندم (●) و جو (○) با شاخص یکنواختی بارش (U_R) در دوره بحرانی رشد (دوره 30 روزه گلدهی تا رسیدگی)

منابع

Alexandrov,V.A and Hoogenboom,G. 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology. 104.4: 315–327.

Araus,J.L., Slafer,G.A., Reynolds,M.P and Royo,C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? Annals of Botany, 89: 925-940.

Armandpisheh,O., Bannayan,M., Khazaei,H., Aghaei,M., Kafi,M. 2015. Study of Drought Stress Patterns in Khorasan Province using Climatic-Agricultural Indices. Biological Forum-An International Journal. 7.1: 912-920

Asseng,S., Turner,N.C and Keating,B.A. 2001. Analysis of water- and nitrogen-use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. Plant Soil. 1: 127–143

Asseng,S., Turner,N.C and Keating,B.A. 2003. Analysis of water- and nitrogen-use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. Plant Soil. 1: 127–143.

Baigorri,H., Antolini,M.C and Sanchez-Diaz,M. 1999. Reproductive response of two morphological different pea cultivars to drought. European Journal of Agronomy. 10: 119–128

Baker,F.W.G. 1989. Drought resistance in cereals. CAB Internatinal. pp: 222.

Bannayan,M., Kobayashi,K., Kim,H.Y., Liffering,M., Okada,M and Miura,S. 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO_2 and N on rice growth and yield. Field Crops Research. 93: 237–251

Bannayan,M., Lotfabadi,S., Sanjani,S., MohammadianA and Agaalikhani,M. 2011. Effects of precipitation and temperature on cereal yield variability in northeast of Iran. International Journal of Biometeorology. 55: 387–401

Bannayan,M., Sanjani,S., Alizadeh,A., Lotfabadi,S and Mohammadian,A. 2010. Association between climate indices aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field Crops Research. 118.2: 105–114.

Barrios,A.N., Hoogenboom,G and Nesmith,D.S. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. Journal of Agricultural Science. 62.1: 18–22

Barzegar,A.R., Asoodar,M.A., Khadish,A., Hashemi,A.M and Herbert,S.J. 2003. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments. Soil Tillage Research. 71: 49–57.

Bindraban,P.S., Sayre,K.D and Solis-Moya,E. 1998. Identifying factors that determine kernel number in wheat. Field Crops Research. 58: 223–234.

Cantelaube,P and Terres,J.M. 2005. Seasonal weather forecasts for crop yield modeling in Europe. Tellus 57A. 3: 476–487.

Chloupek,O., Hrstkova,P and Schweigert,P. 2000. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. Field Crops Research. 85.2-3: 167–190.

Chmielewski,F.M and Köhn,W. 1999. Impact of weather on yield components of spring cereals over 30 years. Agricultural and Forest Meteorology. 96: 49–58.

Condon,A.G., Richards,R.A., Rebetzke,G.J and Farquhar,G.D. 2004. Breeding for high water-use efficiency. Journal Experimental Botany. 55: 2447–2460.

Costa-Franca,M.G., Thi,A.T., Pimentel,C. Pereyra,R.O., Zuily-Fodil,Y., Laffray,D. 2000. Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany. 43: 227–237.

Guttman,N. 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index, J. of Am. Water Resources Association. 34: 113-121.

Hakala,K., Jauhiainen,L., Himanen,S.J., Rotter,R., Salo,T., Kahiluoto,H. 2012. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. Journal of Agricultural Science. 150: 145–160.

Heim,J. 2002. A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in the United States. Bulletin of Am, Meteorological Society. 83.8: 1149-1165.

Hochman,Z.V.I. 1982. Effect of water stress with phasic development on yield of wheat grown in a semi-arid environment. Field Crops Research. 5: 55–67.

Hodder,B.W. 1980. Economic Development in the Tropics. Methuen, London.

Jasiñska,Z.A. 1993. Roœliny str¹czkowe. PWN Warszawa. 97-99.

Kar,G., Kumar,A and Martha,M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agriculture Water Management. 87: 73–82.

Keating,B.A and McCown,R.L. 2001. Advances in farming systems analyses. Agriculture System. 70: 555–579.

Lashkari,A and Bannayan,M. 2013. Agrometeorological study of crop drought vulnerability and avoidance in northeast of Iran. Theoretical and Applied

change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal of Agronomy. 16.4: 239–262.

Peltonen-Sainio,P., Jauhiainen,L and Hakala,K. 2011. Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. Journal of Agricultural Science. 148: 49–62.

Podleœny,J and Kocoñ,A. 2000. The effect of soil drought on the development and yielding of two different genotypes of faba bean. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 509: 125-131.

Wood,M., Pibean,C.A.M., Neill,M.C and Harries,H. 1997. Nitrogen cycling in a dry- land cereal-legume rotation system. Pages: 71-78. In: J. Ryan (Ed.). Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area. ICARDA. Aleppo Syria

Climatology. 113:17–25

McMaster,G.S and Wilhelm,W.W. 2003. Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. Journal of Agricultural Science. 141: 129–147.

Monti,A, Venturi,G. 2007. A simple method to improve the estimation of the relationship between rainfall and crop yield. Agronomy for Sustainable Development. 27: 255 – 260.

Mulat,D., Guta,F and Ferede,T. 2004. Agricultural development in Ethiopia: are there alternatives to food aid. Department of Economics Addis Ababa University.

Noohi,K and Asgari,A. 2006. Study of Drought and Return Priod Drought in Qum Region, Agricultural Aridity and Drought, Scientific and Extension Quarterly, Hahad Agriculture. 15:47-64.

Olesen,J.E and Bindi,M. 2002. Consequences of climate

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 11, Oct.-Nov. 2017, p. 636-646

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد 11، مهر - آبان 1396، ص. 646-636

Evaluating The Relationship Between Cumulative Rainfall and Yield of Wheata and Barley Using a Evenness Index in The Semi-Arid Region of Mashhad

M. Bannayan[1*], S. Asadi[2], H. Salehi[3], S. Koozegaran[3]
Recived: Feb.28, 2017 Accepted: Apr.29, 2017

Abstract:

Rainfall pattern in any location has its own distribution, while visual analysis of that can lead to subjective and vague statements. So, finding usefull indices which can explain rainfall distribution is an urgent to better interpret rainfall pattern. Some indices are calculated based on the distance between cumulative rainfall curves and the respective theoretical evenness rainfall lines, which join the lowest and highest cumulative rainfall values within the considered period. In present study the relationship between the indices and yield of two major crops (wheat and barley) are evaluated over a 30-year period (1984-2013) in Mashhad. The indices were applied for two periods (the planting to the harvest of crop and critical stage). Critical stage was limited to 30 days from May-Jun. Results showed that both crops were significantly related to E_R (the slope of the evenness line) (up to 0.5), while they were not related to U_R (uneven distribution index rainfall). When the evenness index was weighted on the mean daily rainfall, the slope of the evenness line declined (up to 0.45). Significant correlations were also found by calculating the indices over strategic short-term periods for crops (up to 0.48), which indicates that how the effectiveness of these indices may be improved by choosing appropriate periods for different crops.

Key Word: Cereal Yield, Cumulative precipitation, Evenness index

1- Professor, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
2- PhD Student of Agroecoloy, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
3,4- Ph.D. student of Agricultural Meteorology, Ferdowsi University of Mashhad
(*-Corresponding Author Email: banayan@um.ac.ir)