نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 1، فروردین – اردیبهشت 1395، ص. 221-210

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 210-221

تأثیر دوره‌های بارندگی و شاخص SPI به عنوان شاخص تامین رطوبتی بر عملکرد جو دیم (مطالعه موردی شهرستان تبریز)

مجتبی شکوهی[1*] - سید حسین ثنائی نژاد[2]

تاریخ دریافت: 1392/11/29
تاریخ پذیرش: 1394/11/03

چکیده

در کشت دیم عوامل اقلیمی متعددی موثر هستند که از بین آن‌ها بارندگی به عنوان یک عامل بسیار تأثیرگذار شناخته می‌شود. هدف این مطالعه تعیین موثرترین دوره بارندگی در طی دوره رشد محصول جو دیم با استفاده از متغیرهای حاصله از شاخص تامین رطوبتی و بارندگی در شهرستان تبریز می‌باشد. شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) به عنوان شاخص تامین رطوبتی محصول در مقیاس‌های هفتگی لحاظ شد. نتایج نشان داد بیشترین همبستگی عملکرد با مقدار بارندگی در مقیاس زمانی ده هفتگی، بین 6 اسفند ماه تا 16 اردیبهشت ماه رخ می‌دهد. داده‌های این دوره زمانی بر اساس اینکه مقادیر شاخص SPI در مقیاس 28 هفتگی در هفته اول کاشت در حالت مرطوب ($SPI28\geq0$) یا خشک ($SPI28<0$) باشند به دو رابطه خطی بین مقدار بارندگی و عملکرد تفکیک شد. در صورتی‌که در هفته اول کاشت $SPI28\geq0$ باشد، مقدار بارندگی بین 6 اسفند تا 16 اردیبهشت 78 درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. مقایسه شرایط تامین رطوبتی اوایل کاشت نشان می‌دهد که به ازای دریافت مقدار یکسان بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت ماه، در صورت وجود رطوبت در اوایل کاشت، عملکرد محصول تا بیش از60 درصد نسبت به شرایط خشک افزایش می‌یابد. از این‌رو تنها یک دوره خاص بارندگی در طی دوره رشد بر عملکرد محصول تأثیرگذار نبوده و برای توجیه تغییرات عملکرد نسبت به بارندگی بایستی مقدار بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت ماه و شرایط تامین رطوبتی اوایل کاشت را همزمان در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: تحلیل همبستگی، تغییرات عملکرد، دوره رش، شرایط رطوبتی

مقدمه

تعیین مقدار اهمیت عوامل اقلیمی موثر بر عملکرد محصول همواره مورد بررسی محققان بوده است (10، 11 و 17). بارندگی به عنوان تنها منبع تامین رطوبت در زراعت دیم محسوب می‌شود، و در بین عوامل اقلیمی دیگر دارای اهمیت بوده و تغییرات مکانی و زمانی آن باعث تغییرات مقدار عملکرد می‌شود (6). با توجه به کشت جو دیم در تبریز، شناسایی اهمیت و تأثیر دوره‌های بارندگی بر عملکرد محصول در راستای مدیریت زراعی از جمله آبیاری تکمیلی و غیره حائز اهمیت است.

مخبلا و همکاران (13) از شاخص SPI[3] به عنوان یک شاخص تامین رطوبت برای بررسی اثرات خشکسالی کشاورزی بر عملکرد گندم بهاره استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد این شاخص بعد از شاخص‌های تقاضا، تعادل و مصرف آب، توجیه کننده تغییرات عملکرد است. ارشد و همکاران (2) نشان دادند شاخص SPI کارایی مناسبی در توصیف شرایط تامین رطوبتی، قبل و در طی فصل رشد محصول گندم در کرمانشاه دارد. وو و همکاران (26) از شاخص SPI در مقیاس هفتگی به عنوان یک شاخص تامین رطوبت به همراه عملکرد سویا و ذرت برای توسعه مدل ارزیابی خشکسالی کشاورزی استفاده کردند. ماوروماتیس (11) بیان کرد شاخص SPI کمتر از 10 درصد تغییرات عملکرد گندم در یونان را توجیه می‌کند. کویرینگ و پاپکریاکو (18) همبستگی ناچیزی بین عملکرد گندم بهاره و شاخص SPI در کانادا یافتند، در حالیکه وینسنته و همکاران (25) رابطه معناداری بین عملکرد گندم و شاخص SPI در اسپانیا گزارش کردند. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد کارایی شاخص SPI به عنوان شاخص تامین رطوبتی بستگی به منطقه مورد مطالعه دارد.

مطالعات هو و همکاران (6) نشان دادند بارندگی اوایل دوره رشد بیشترین اثر را بر عملکرد گندم بهاره در دشتهای کانادا دارد. نیلسن و همکاران (16) با استفاده از روابط خطی بین بارش و عملکرد محصول ذرت دوره‌های بحرانی بارش در دشت‌های آمریکا را تعیین کردند.

1 و 2- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: mojtabashokohi@gmail.com
3- Standardized Precipitation Index

آن ها بالاترین همبستگی را در دوره های شش هفتگی حد فاصل 16 جولای تا 26 آگوست گزارش کردند. کوتچر و همکاران (8) رابطه عملکرد کلزا با درجه حرارت و بارش را بررسی کردند و اثر منفی درجه حرارت بالا و بارش کم و اثر مثبت بارش کمی بیشتر از حد نرمال و دمای پایین تر از حد نرمال را گزارش کردند. آن‌ها پی بردند دمای بیش از 30 درجه سانتی‌گراد و بارش کم در شروع آغاز مرحله گل دهی محصول سبب کاهش عملکرد می شود. هلاوینکا و همکاران (7) اثر استرس آبی را با استفاده از سری زمانی عملکرد 8 محصول تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که محصولات بهاره نسبت به محصولات زمستانه بیشتر تحت تأثیر استرس آبی هستند. لاندا و همکاران (9) با بررسی مناطق مختلف در انگلستان به این نتایج دست یافتند که بارش قبل و در طول دوره گلدهی و نیز دوره پر شدن دانه گیاه گندم دارای اثرات منفی بر عملکرد نهایی و دما در دوره پر شدن دانه اثری مثبت بر عملکرد نهایی دارند.

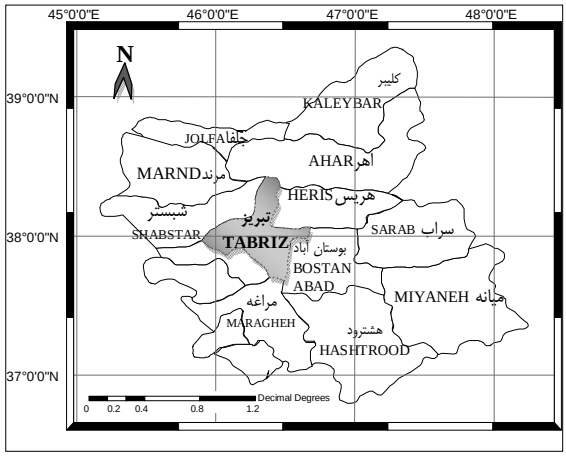
ملایوسف و همکاران (22) اثرات و تغییرات بارش بر مقدار عملکرد گندم دیم در استان همدان بررسی کردند. نتایج نشان می داد هرچه اقلیم منطقه سردتر باشد، مقدار اهمیت بارش‌های فصل پاییز بر عملکرد گندم بیشتر است و با گرمتر شدن اقلیم، اهمیت بارش های فصل زمستان افزایش می یابد. قربانی و همکاران (5) تأثیر مقدار بارش در مقاطع زمانی مختلف بر عملکرد گندم دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌داد که متغیرهای که مجموع بارش شش ماه اول سال زراعی را تا 20 روز بعد از آن شامل بودند بهترین همبستگی را برای بیان تغییرات عملکرد با بارش عاید می‌سازند. مساعدی و کاهه (14) به بررسی اثر بارندگی و نوسانات آن بر عملکرد دو محصول گندم و جو در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان می‌داد که بارندگی ماه‌های خرداد، آبان و آذر برای گندم و ماه‌های اولیه و آخر دوره رشد برای جو بیشترین اثر را بر روی عملکرد دارند.

هدف این مطالعه بررسی اثر دوره‌های مختلف بارندگی بر عملکرد جو دیم و تعیین موثرترین دوره‌های بارندگی در طی دوره رشد محصول جو دیم با استفاده از متغیرهای حاصله از شاخص تامین رطوبتی و دوره‌های بارندگی در ایستگاه تبریز می‌باشد. همچنین در ادامه تعیین احتمالات عملکردهای مختلف محصول بر مبنای رابطه خطی بارندگی و عملکرد از دیگر اهداف این تحقیق می‌باشد. با تشخیص موثرترین دوره زمانی بارندگی بر عملکرد می‌توان از آن در مدیریت زراعت دیم استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق آمار روزانه دما و بارندگی ایستگاه تبریز از سال 1334 تا سال 1392 از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. علاوه بر این آمار عملکرد جو دیم در این شهرستان از سال 1356 تا سال 1392 از سازمان‌های مربوطه تهیه شد. تبریز با متوسط بارندگی 277 میلی متر در سال و با متوسط عملکرد 661 کیلوگرم بر هکتار در اقلیم نیمه خشک سرد قرار دارد (20). منطقه مورد مطالعه در شکل (1) نشان داده شده است.



شکل 1- منطقه مورد مطالعه ناحیه خاکستری

Figure 1- Gray area show the study area.

تعیین زمان مراحل فنولوژی

بر اساس تحقیقات محلی کاشت جو دیم در تبریز معمولاً درهفته سوم مهر انجام می‌شود. در این مطالعه با استفاده از روش درجه-روز رشد (GDD [1]) (21) و نیاز حرارتی جو پاییزه تاریخ وقوع مراحل فنولوژی (جوانه زنی، پنجه زنی، گل دهی، رسیدن دانه و برداشت) برای محصول جو دیم در تبریز محاسبه شد. فرمول ریاضی درجه –روزهای رشد (GDD) به صورت زیر است (21).

$$GDD = \sum(\frac{T_{MAX}+T_{MIN}}{2} - T_b)\ ,\quad if\ \frac{T_{MAX}+T_{MIN}}{2} > T_b \quad (1)$$

که در آن، T_{MIN} و T_{MAX} به ترتیب دمای حداقل و حداکثر روزانه و T_b دمای پایه جهت رشد می‌باشد. در اینجا، دمای پایه 3 درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. تاریخ وقوع مراحل فنولوژی در جدول (1) آمده است.

شاخص تامین رطوبتی

شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) اولین بار توسط مکی و همکاران (12) برای پایش خشکسالی در ایالت کلرادو ارائه شد. تنها ورودی مورد نیاز SPI داده‌های بارندگی ماهانه یا هفتگی است. اساس

1 -Growing Degree Days (GDD)

شاخص بارندگی استاندارد شده بر محاسبه احتمالات بارندگی در هر پنجره زمانی استوار است، که تابع چگالی احتمال گاما برای داده‌های بارندگی ماهانه و هفتگی استفاده می‌شود (4). رابطه شاخص SPI به صورت زیر است (4).

$$SPI = -\left[t - \frac{C_0+C_1t+C_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right] \quad for \quad 0 < H_X(x) \leq 0.5 \qquad (1)$$

$$SPI = +\left[t - \frac{C_0+C_1t+C_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right] \quad for \quad 0.5 < H_X(x) \leq 1.0 \qquad (2)$$

که در آن

$C_0 = 2.515517$, $C_1 = 0.802853$, $C_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$

و

$$t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{(H_X(x))^2}\right)} \quad for \quad 0 < H_X(x) \leq 0.5 \qquad (3)$$

$$t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{(1.0-H_X(x))^2}\right)} \quad for \quad 0.5 < H_X(x) \leq 1.0 \qquad (4)$$

$$H_X(x) = q + (1-q)F_X(x) \qquad (5)$$

و q احتمال مقدار بارندگی صفر است و $F_x(x)$ تابع توزیع احتمال تجمعی گاما برای بارندگی با مقیاس زمانی مورد نظر است.

از آنجایی که مقادیر شاخص بارش استاندارد شده (SPI) نشانگر شدت، میزان، زمان‌بندی و توزیع بارندگی است (12)، و همچنین انعطاف مقیاس‌های زمانی SPI در مطابقت با مراحل فنولوژی محصول سبب شد تا این شاخص به عنوان شاخص تامین رطوبتی در طول دوره رشد محصول در نظر گرفته شود. نتایج مطالعه شکوهی و همکاران (20) که در استان آذربایجان شرقی صورت پذیرفت نشان داد شاخص SPI در پنجره‌های زمانی طولانی مدت نسبت به کوتاه مدت نشانگر بهتری از شرایط رطوبتی هستند و شاخص SPI در مقیاس 28 هفته‌ای از هفته اول کاشت در ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی دارای اهمیت بالایی است. بنابراین در این مطالعه از بارندگی هفتگی بر اساس روش ادوارد و مکی (4) برای محاسبه SPI در مقیاس 28 هفتگی از هفته اول کاشت (SPI28) استفاده، و به عنوان شاخص تامین رطوبتی در طول دوره رشد لحاظ شد. بر اساس طبقه بندی نارش کومار و همکاران (15) مقادیر SPI کمتر از صفر و بیشتر از صفر به ترتیب نشان دهنده طبقات مختلف خشکی و رطوبت است. در این مطالعه به طور کلی مقادیر بزرگتر مساوی صفر و کوچکتر از صفر شاخص SPI به ترتیب به عنوان شرایط مرطوب و خشک در نظر گرفته شد.

تحلیل همبستگی و رگرسیون خطی

به منظور تحلیل همبستگی، 128 متغیر در مقیاس‌های هفتگی مختلف از داده‌های روزانه بارندگی تعریف شد جدول (2). رابطه بین عملکرد محصول و متغیرهای بارندگی (جدول 2) توسط همبستگی خطی ارزیابی شد. ضرایب همبستگی r و P-valus به عنوان معیاری از معنی‌داری لحاظ شد. به منظور یافتن موثرترین دوره بارندگی در طی رشد بر عملکرد محصول بالاترین همبستگی متغیر بارندگی لحاظ شد. و آن متغیر که دارای بالاترین همبستگی است به عنوان متغیر توصیفی وارد رابطه خطی رگرسیونی تک متغیره شد. شکل کلی رابطه خطی به صورت زیر است.

$$Y = a_i + b_i x_i \qquad (6)$$

که در آن Y عملکرد محصول برآورده شده برای متغیر iام، a_i عرض از مبدا صفر برای متغیر iام، x_i متغیر توصیفی و b_i ضریب رگرسیون، که نشان دهنده تغییر متغیر وابسته (عملکرد محصول) به ازایی یک واحد تغییر در متغیر مستقل iام است.

جدول 1- زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژی محصول جو دیم در شهرستان تبریز

Table 1- Date of phenological stages for rainfed barley, Tabriz

مراحل فنولوژی Phenological stages	ماه Month	روز Day	تاریخ وقوع Date of occurrence
آغاز جوانه‌زنی	مهر	16	هفته اول
Begins germination	October	8	First week
آغاز پنجه زدن	آبان	3	هفته سوم
Begins tillering	October	25	Third week
آغاز گل دهی	فروردین	28	هفته بیست و هشتم
Begins anthesis	April	17	Twenty eighth week
آغاز رسیدن دانه	خرداد	9	هفته سی و چهارم
Begins ripening	May	30	Thirty Fourth week
برداشت	تیر	20	هفته چهلم
Begins harvesting	July	11	Fortieth week

جدول 2- مقدار ضریب همبستگی (r) متغیرهای بارندگی با عملکرد محصول جو دیم طی فصل رشد ، تبریز 1356-1392

Table 2- The correlation coefficient (r) between precipitation variables (P.V) and annual rainfed barley yield during the growing season, Tabriz 1977-2013.

متغیر بارندگی P.V		هفته 1 w1	هفته 2 w2[a]	هفته 3 w3	هفته 4 w4	هفته 5 w5	هفته 6 w6	هفته 7 w7	هفته 8 w8
ضریب (r)همبستگی		-0.21	-0.11	-.24	0.22	0.26	0.12	-0.14	-0.15
متغیر بارندگی P.V	هفته 9 w9	هفته 10 w10	هفته 11 w11	هفته 12 w12	هفته 13 w13	هفته 14 w14	هفته 15 w15	هفته 16 w16	هفته 17 w17
ضریب (r) همبستگی	0.07	0.17	-.15	-.29	0.30	0.05	0.15	0.04	0.04
متغیر بارندگی P.V	هفته 18 w18	هفته 19 w19	هفته 20 w20	هفته 21 w21	هفته 22 w22	هفته 23 w23	هفته 24 w24	هفته 25 w25	هفته 26 w26
ضریب (r) همبستگی	0.12	0.24	-0.02	0.17	0.16	0.18	0.12	0.24	0.47*
متغیر بارندگی P.V	هفته 27 w27	هفته 28 w28	هفته 29 w29	هفته 30 w30	هفته 31 w31	هفته 32 w32	هفته 33 w33	هفته 34 w34	هفته 35 w35
ضریب (r) همبستگی	-0.16	0.31	0.60**	0.23	0.40*	0.45*	0.14	-0.15	0.20
متغیر بارندگی P.V	هفته 36 w36	هفته 37 w37	هفته 38 w38	هفته 39 w39	هفته 40 w40	دو هفته 1 2w1	دو هفته 2 2w2	دو هفته 3 2w3	دو هفته 4 2w4
ضریب (r) همبستگی	-0.03	-0.02	0.02	0.01	0.35	-0.27	-0.03	0.28	-0.23
متغیر بارندگی P.V	دو هفته 5 2w5[b]	دو هفته 6 2w6	دو هفته 7 2w7	دو هفته 8 2w8	دو هفته 9 2w9	دو هفته 10 2w10	دو هفته 11 2w11	دو هفته 12 2w12	دو هفته 13 2w13
ضریب (r) همبستگی	0.12	-0.28	0.25	0.15	0.11	0.14	0.18	0.19	0.53**
متغیر بارندگی P.V	دو هفته 14 2w14	دو هفته 15 2w15	دو هفته 16 2w16	دو هفته 17 2w17	دو هفته 18 2w18	دو هفته 19 2w19	دو هفته 20 2w20	سه هفته 1 3w1	سه هفته 2 3w2
ضریب (r) همبستگی	0.25	0.47*	0.54**	-0.05	0.08	-0.05	0.30	-0.32	0.33
متغیر بارندگی P.V	سه هفته 3 3w3	سه هفته 4 3w4	سه هفته 5 3w5	سه هفته 6 3w6	سه هفته 7 3w7	سه هفته 8 3w8	سه هفته 9 3w9	سه هفته 10 3w10	سه هفته 11 3w11
ضریب (r) همبستگی	-0.12	-0.21	0.31	0.13	0.18	0.27	0.41*	0.52**	0.46*
متغیر بارندگی P.V	سه هفته 12 3w12	سه هفته 13 3w13	چهار هفته 1 4w1	چهار هفته 2 4w2	چهار هفته 3 4w3	چهار هفته 4 4w4	چهار هفته 5 4w5	چهار هفته 6 4w6	چهار هفته 7 4w7
ضریب (r) همبستگی	-0.08	-0.01	-0.15	0.17	-0.07	0.31	0.14	0.28	0.43*
متغیر بارندگی P.V	چهار هفته 8 4w8	چهار هفته 9 4w9	چهار هفته 10 4w10	پنج هفته 1 5w1	پنج هفته 2 5w2	پنج هفته 3 5w3	پنج هفته 4 5w4	پنج هفته 5 5w5	پنج هفته 6 5w6
ضریب (r) همبستگی	0.60**	-0.01	0.17	0.05	0.09	0.05	0.16	0.38	0.57**
متغیر بارندگی P.V	پنج هفته 7 5w7	پنج هفته 8 5w8	شش هفته 1 6w1	شش هفته 2 6w2	شش هفته 3 6w3	شش هفته 4 6w4	شش هفته 5 6w5	شش هفته 6 6w6	هفت هفته 1 7w1
ضریب (r) همبستگی	0.30	0.08	0.09	-0.18	0.31	0.32	0.57**	0.29	0.05

متغیر بارندگی P.V	هفت هفته 2 7W2	هفت هفته 3 7W3	هفت هفته 4 7W4	هفت هفته 5 7W5	هشت هفته 1 8W1	هشت هفته 2 8W2	هشت هفته 3 8W3	هشت هفته 4 8W4	هشت هفته 5 8W5
ضریب همبستگی (r)	0.04	0.20	0.53**	0.45*	0.05	0.16	0.32	0.63**	0.07
متغیر بارندگی P.V	نه هفته 1 9W1	نه هفته 2 9W2	نه هفته 3 9W3	نه هفته 4 9W4	ده هفته 1 10W1	ده هفته 2 10W2	ده هفته 3 10W3	ده هفته 4 10W4	سیزده هفته 1 13W1
ضریب همبستگی (r)	0.03	0.19	0.50*	0.46*	0.09	0.17	0.65**	0.29	-0.17
متغیر بارندگی P.V	سیزده هفته 2 13W2	سیزده هفته 3 13W3	مهر October [c]	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April
ضریب همبستگی (r)	0.06	0.16	-0.34	0.27	0.03	0.03	0.19	0.21	0.46*
متغیر بارندگی P.V	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July						
ضریب همبستگی (r)	0.61**	-0.05	0.24						

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد

a) به عنوان نمونه مقصود از متغیر هفته 2، مقدار بارندگی یک هفتگی در هفته دوم کاشت است و به همین ترتیب برای سایر متغیرهای یک هفتگی.

b) به عنوان نمونه مقصود از متغیر دو هفته 5، مجموع مقادیر بارندگی در مقیاس دو هفتگی در پنجمین دو هفته بعد از کاشت است. و به همین ترتیب برای سایر متغیرها.

c) به عنوان نمونه مقصود از متغیر بارندگی مهر، مقدار بارندگی مهرماه و به همین ترتیب برای سایر متغیرهای بارندگی ماه‌ها.

* and ** significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively

a) For example, the meaning of W2 variable is a weekly amount of precipitation in the second week after planting, and so on for other weekly variables.

b) For example, the meaning of the 2W5 variable is the total amount of precipitation for two weeks in the fifth, two weeks after planting, and so on for other variables.

c) For example, the meaning of October precipitation variable is the total amount of precipitation in October, and so on for other the precipitation month variables.

نتایج و بحث

تحلیل همبستگی

بارندگی یکی از فاکتورهای حائز اهمیت در کشاورزی به ویژه در زراعت دیم است که تحلیل و بررسی آن برای محصولات مختلف در مناطق مختلف مورد توجه محققان بوده است (1، 16، 19، 23 و 27). ضریب همبستگی (r) متغیرهای تعریف شده بارندگی با عملکرد محصول جو دیم در جدول (2) ارائه شده است. از 128متغیر تعریف شده بارندگی 22 متغیر دارای همبستگی معنادار با عملکرد است. که از بین آنها 11 متغیر دارای همبستگی در سطح معنی داری 1 درصد و مابقی دارای همبستگی در سطح معنی داری 5 درصد هستند. بیشترین همبستگی عملکرد با دوره‌های بارندگی، در دوره‌های ده هفتگی ، بین ششم اسفند تا شانزده ام اردیبهشت (متغیر 10 هفته 3) به وقوع می‌پیوندد. نتایج سبزی پرور و همکاران (19) نیز نشان داد که شاخص بارش ده روزه با دقت بهتری تغییرات عملکرد گندم دیم در همدان را نسبت به بارش در مقیاس‌های فصلی و ماهیانه نشان می‌دهد.

در جدول (3) ضریب همبستگی (r) و دوره زمانی 11 متغیر بارندگی که دارای سطح معنی داری یک درصد هستند ذکر شده است. بررسی دوره‌های زمانی این متغیرها نشان می‌دهد تقریبا اواخر فروردین تا نیمه‌های اردیبهشت در اکثر آنها مشترک است، که اتفاقا این دوره همزمان با شروع مرحله گل‌دهی گیاه (جدول 1) است. این نشان می‌دهد که بارندگی در شروع مرحله گل‌دهی فاکتور بسیار مهم در عملکرد محصول است به طوری که تأثیر بارندگی در این دوره در متغیرهای بارندگی نمود می‌یابد و نشان از همبستگی بالا با عملکرد می‌دهد. این نتیجه با مطالعه اسدی و همکاران (3) و توکلی (24) که به ترتیب مرحله گل‌دهی را حساس‌ترین مرحله به تنش آبی درگندم و جو گزارش کردند یکسان است.

رگرسیون خطی

مقدار عملکرد در طول دوره رشد تحت تأثیر مقدار و زمانبندی بارندگی است. از آنجا که مقدار بارندگی در 10 هفته سوم رشد بالاترین همبستگی را با عملکرد دارا بود به عنوان متغیر رگرسیون در نظر گرفته شد. بارندگی این دوره 41 درصد (ضریب تبیین آماری 41 R^2=%) تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند (جدول (4) و شکل (2-الف)). عملکرد با نرخ 1/99 kg/ha به ازای دریافت یک میلی‌متر بارندگی در این دوره افزایش می‌یابد.

جدول 3- ضریب همبستگی (r) و دوره زمانی 11 متغیر بارندگی که در سطح یک درصد معنی دار هستند.

Table 3- The correlation coefficient (r) and period of the 11 precipitation variables (P.V) that is significant at p≤0.01

متغیر بارندگی P.V	دوره زمانی Period	ضریب همبستگی r	متغیر بارندگی P.V	دوره زمانی Period	ضریب همبستگی r
3 دهه هفته[a] 10W3[a]	6 اسفند-16 اردیبهشت 25Feb- 6 May	0.65	6 پنج هفته 5W6	12 فروردین - 16 اردیبهشت 1 Apr – 6 May	0.57
4 هشت هفته 8W4	5 فروردین-31 اردیبهشت 25 Mar- 21 May	0.63	13 دو هفته 2W13	5-19 فروردین 25 Mar - 8 Apr	0.53
ماه اردیبهشت May	31-1 اردیبهشت 21 Apr – 21 May	0.61	16 دو هفته 2W16	16-30 اردیبهشت 6-20 May	0.54
29 هفته W29	9-2 اردیبهشت 22-29 Apr	0.60	4 هفت هفته 7W4	13 اسفند-2 اردیبهشت 4 Mar -22 Apr	0.53
8 چهار هفته 4W8	30-2 اردیبهشت 22 Apr - 20 May	0.60	10 سه هفته 3w10	26 فروردین-16 اردیبهشت 15 Apr – 6 May	0.52
5 شش هفته 6W5	5 فروردین - 16 اردیبهشت 25 Mar -6 May	0.57			

a) به عنوان نمونه مقصود از متغیر ده هفته 3، مجموع مقادیر بارندگی در مقیاس ده هفتگی در سومین، ده هفته بعد از کاشت است. و به همین ترتیب برای سایر متغیرها.

a) For example, the meaning of 10W3 variable is the total amount of precipitation for ten weeks in the third, ten weeks after planting, and so on for other variables

جدول 4- آماره‌های رگرسیون خطی بین عملکرد محصول جو دیم و بارندگی دوره 10 هفته سوم رشد در حالت کلی و تفکیک داده‌ها، تبریز 1356-1392

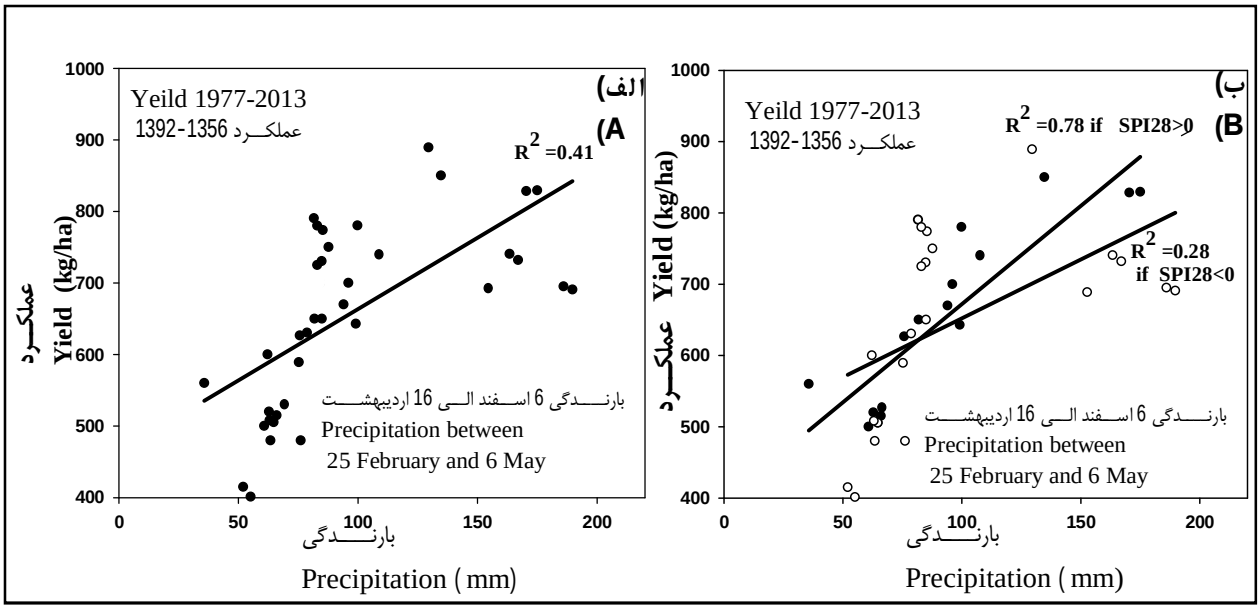
(مقدار بارندگی10 هفته سوم(mm))×a+b=(kg/ha) عملکرد

Table 4- Linear regression analysis between the barley yield and 10W3 variable, for all data and separation data, Tabriz 1977-2013. Yield (kg/ha) = a+b×(10W3 (mm))

P-value	R^2	b	a	دوره بارندگی Period of precipitation
0.00	0.41	1.99	464.2	10 هفته سوم (ششم اسفند تا شانزده ام اردیبهشت) 10W3 (between 25Feb - 6 May)
0.01	0.28	1.65	487	10 هفته سوم (ششم اسفند تا شانزده ام اردیبهشت) در حالتی که SPI28<0 10W3 (between 25Feb - 6 May) in the case of SPI28<0
0.00	0.78	2.76	396.5	10 هفته سوم (ششم اسفند تا شانزده ام اردیبهشت) در حالتی که SPI28≥0 10W3 (between 25Feb- 6 May) in the case of SPI28≥0

مقدار بارندگی 10 هفته سوم رشد بر اساس اینکه مقادیر SPI در مقیاس 28 هفته‌ای از هفته اول رشد (SPI28) بیشتر از صفر (شرایط مرطوب) یا کمتر از صفر (شرایط خشک) باشد، به دو گروه تفکیک می‌شود. تعداد 15 مشاهده از 37 مشاهده در شرایط مرطوب قرار می‌گیرند، در شکل (2-ب) این نقاط با دوایر توپر مشخص است و مابقی در شرایط رطوبتی خشک با دوایر تو خالی نشان داده شده است. در شرایطی که تامین رطوبتی در اوایل کاشت محصول در حالت مرطوب باشد (SPI28≥0)، بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده ام اردیبهشت تا 78 درصد تغییرات عملکرد را تبیین نموده و عملکرد با نرخ 2/76 kg/ha به ازای دریافت یک میلی متر بارندگی در این دوره افزایش می‌یابد جدول (4) و شکل (2-ب). چنانچه در اوایل کاشت شرایط خشکتر از حالت مرطوب باشد (SPI28<0)، افزایش یک میلی متر بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت سبب افزایش 1/65 kg/ha عملکرد محصول می‌شود جدول (4) و شکل (2-ب). مقایسه شرایط تامین رطوبتی اوایل کاشت در حالت مرطوب و خشک نشان می‌دهد که به ازای دریافت مقدار یکسان بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده ام اردیبهشت، در صورت مرطوب بودن شرایط رطوبتی اوایل کاشت، عملکرد محصول تا بیش از60 درصد در هکتار نسبت به شرایط خشک افزایش می‌یابد.

بنابراین چنانچه رطوبت در اوایل کاشت در دسترس گیاه باشد، گیاه پتانسیل بیشتری برای استفاده از مقدار بارندگی در دوره ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت (10 هفته سوم) برای تولید بیشتر دارد. از این‌رو بهترین رابطه خطی عملکرد محصول با مقدار و زمان‌بندی بارندگی شامل لحاظ کردن همزمان مقدار بارندگی در دوره‌ای 10 هفتگی (ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت) و شرایط تامین رطوبتی در زمان کاشت است.



شکل 2- رابطه بین عملکرد جو دیم و مقدار بارندگی ششم اسفند تا شانزده‌ام اردیبهشت (تبریز 1356- 1392). الف) برای تمام داده‌ها. ب)، تفکیک داده‌ها بر اساس مقادیر SPI28: دوایر توپرو توخالی به ترتیب نشان دهنده سال‌های است که مقادیر SPI28≥0 و SPI28<0 است.

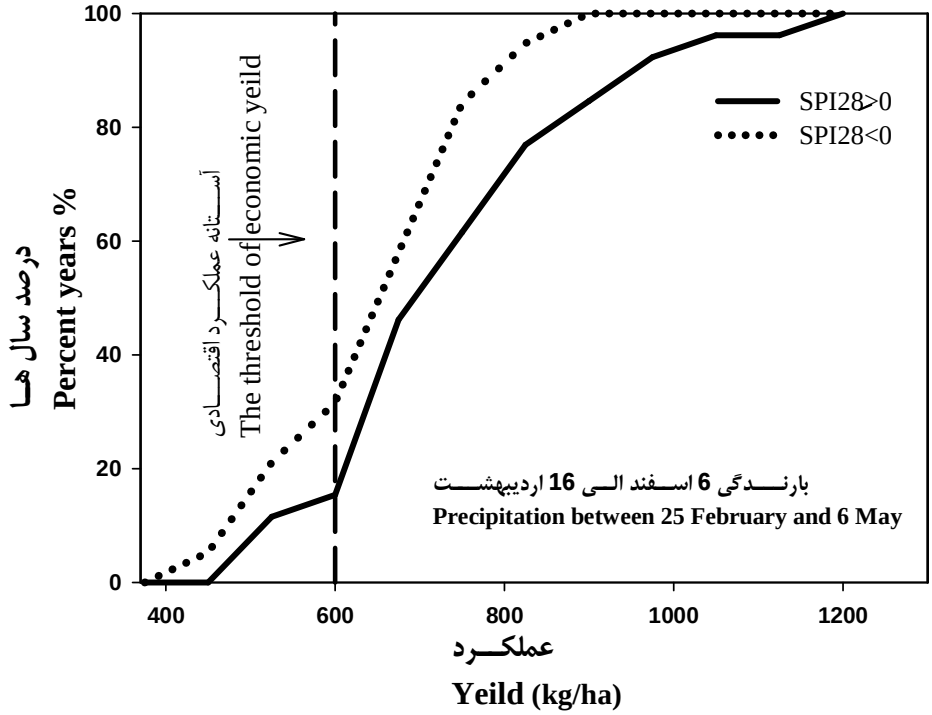
Figure 2- The relationship between annual rainfed barley yield and precipitation between 25February - 6 May (Tabriz 1977-2013). A) For all data. B) Separation data based SPI28: solid and hollow circles indicate years with SPI28≥0 and SPI28 <0 respectively.

به طوری‌که برای دستیابی به عملکرد بالاتر در دسترس بودن رطوبت در اوایل دوره رشد و بارندگی در محدوده ششم اسفند الی شانزده‌ام اردیبهشت بسیار مهم است. رطوبت کافی در زمان کاشت سبب استقرار گیاه و به جلو افتادن پنجه زنی گیاه و کاهش اثرات خسارت سرما و بهبود عملکرد محصول می‌شود توکلی (24). تحقیقات توکلی (24) نشان داد عدم رطوبت کافی در زمان کاشت و گل‌دهی شدیدا بر عملکرد تأثیر می‌گذارد و بنابراین تک آبیاری در زمان کاشت و یک آبیاری در زمان گل‌دهی سبب افزایش چشمگیر عملکرد جو دیم می‌شود. مطالعات مساعدی و همکاران (14) نیز نشان می‌دهد بارندگی ماه‌های اولیه و اواخرکشت جو بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارد. مطالعات سبزی پرور و همکاران (19) نیز نشان داد که بارندگی ماه‌های فروردین و اردیبهشت بیشترین تأثیر را بر عملکرد گندم دیم در استان همدان دارد. نتایج مطالعه زارع و همکاران (27) نشان داد بارندگی اوایل دوره رشد (آبان ماه) بیشترین همبستگی را با عملکرد جو دیم را در منطقه همدان دارد. طلیعی و همکاران (23) بیان نمودند که بارندگی فروردین و اردیبهشت ماه بیش از نیمی از تغییرات عملکرد گندم دیم در کرمانشاه را توجیه می‌کند و زمان نازل شدن 50 میلی‌متر بارندگی در اوایل کاشت در فصل پاییز بر افزایش یا کاهش عملکرد موثر است.

توزیع فراوانی عملکرد محصول

با استفاده از رابطه (6) و مقادیر جدول (4) عملکرد محصول برای سال‌های 1335 الی 1355 در شرایط مرطوب (SPI28≥0) و خشک (SPI28<0) برآورد شد، و به همراه عملکرد سال‌های 1356 الی 1392 به منظور تعیین توزیع فراوانی تجمعی و در نهایت ایجاد توزیع احتمالی عملکرد محصول استفاده شد شکل (3). این توزیع به کشاورزان کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن تامین رطوبت در زمان کاشت، ریسک تولید محصول را برآورد کنند. بر اساس تعریف وو و همکاران (26) هنگامی که عملکرد محصول استاندارد شده کمتر از 0/5- (در جدول توزیع نرمال استاندارد مطابق با 30 درصد) باشد، کشاورزان از نظر اقتصادی متحمل ضرر می‌شوند. بر اساس این معیار در منطقه مورد مطالعه عملکرد کمتر از 600 kg/ha با زیان اقتصادی همراه است.

در شرایطی که تامین رطوبتی در اوایل کاشت محصول مرطوب باشد (SPI28≥0)، با بارندگی کافی در دوره ششم اسفند الی شانزده ام اردیبهشت، احتمال تولید حداقل 600 kg/ha محصول 85 درصد می‌باشد شکل (3). اما در صورتی که تامین رطوبتی در اوایل کاشت محصول خشک باشد (SPI28<0)، احتمال تولید حداقل 600 kg/ha، 68 درصد است شکل (3). در بین سال‌های مورد مطالعه 40 درصد سال‌ها (15 سال) SPI28≥0، و 60 درصد سال‌ها (22 سال) SPI28<0 بوده است شکل (2- ب). با استفاده از توزیع احتمالی عملکرد محصول انتظار می‌رود در کل تولید حداقل 600 kg/ha محصول جو دیم در منطقه مورد مطالعه 75 درصد باشد.



شکل 3- احتمال تولید عملکرد اقتصادی (حداقل 600 kg/ha) برای محصول جو دیم در تبریز بر اساس بارندگی 10 هفته سوم (ششم اسفند تا شانزده‌ام اردیبهشت) هنگامی که شرایط مرطوب (SPI28≥0) و خشک (SPI28<0) باشد

Figure 3- Probability of production annual economic rainfed barley yield(at least 600 kg/ha) according to the amount of precipitation between 25February - 6 May in Tabriz, when conditions are wet (SPI28≥0) and dry (SPI28 <0)

البته این ممکن است کـه شـرایط نامسـاعد اوایـل رشـد در طـی مراحل رشد و نمو بهبود یابد و گیاه بتواند کاستی‌ها را جبران کنـد امـا به هر حال تغییر در عوامل اقلیمی اردیبهشت ماه قابل جبران نبـوده و زراعت دیم گندم بیشترین خسارت را از نوسانات عوامل اقلیمی در این ماه خواهد خورد (6).

نتیجه‌گیری کلی

بدون شـک تغییـرات عملکـرد جـو دیـم در تبریـز تحـت تـأثیر فاکتورهای متفاوتی است. در این مطالعه اثـرات متغیرهـای همچـون نوع خاک، تغییرات دمـایی، آفـات و امـراض محصـول و شـیوه‌هـای مدیریتی در نظر گرفته نشده است. اما به هـر حـال نتـایج نشـان داد مقدار بارندگی در مقیاس زمانی ده هفتگـی بهتـر از سـایر مقیـاس‌هـا تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. نتایج نشـان داد عملکـرد محصـول بالاترین همبستگی را با مقدار بارندگی دوره ده هفتگـی، بـین ششـم اسفند تا شانزده‌ام اردیبهشت دارد، و بارندگی در شروع مرحله گل‌دهی محصول دوره‌ای بسیار حائز اهمیـت در ارتبـاط بـا عمکـرد محصـول است. رابطه بین عملکرد محصول و مقدار بارنـدگی در دوره ده هفتـه سوم رشد بر اساس تـامین رطوبـت هفتـه اول کاشـت بـه دو رابطـه تفکیک شد. در صورتی که تامین رطوبت اوایل کاشت مرطـوب باشـد به ازای دریافت یک میلی‌متر بارندگی مابین ششم اسفند الـی شـانزده ام اردیبهشت عملکرد محصول تا بیش از 60 درصد در هکتار افزایش می‌یابد. می‌توان گفت تنها یـک دوره خـاص بارنـدگی در طـول دوره رشد بر عملکرد محصول تأثیرگذار نبوده و برای بهبود توجیه تغییـرات عملکـرد نسـبت بـه مقـدار بارنـدگی در دوره 10 هفتـه سـوم رشـد، می‌بایستی همزمان شرایط تامین رطوبتی هفته اول کاشت را در نظـر گرفت.

نتایج نشان داد چنانچـه تـامین رطوبـت در هفتـه اول کاشـت در شرایط مرطوب باشد، رابطه خطی پاسخ عملکـرد جـو دیـم بـه مقـدار بارندگی در دوره ده هفتـه سـوم رشـد (ششـم اسـفند الـی شـانزده‌ام اردیبهشت) دارای بیشـترین هبسـتگی اسـت، بـه طـوری کـه مقـدار بارندگی در این دوره تا 78 درصد تغییرات عملکرد را توجیه مـی‌کنـد. چنانچه رطوبت در اوایـل کاشـت در دسـترس باشـد، گیـاه پتانسـیل بالاتری برای استفاده از مقدار بارندگی در ده هفته سوم رشد را دارد، و دست‌یابی به عملکرد بالاتر نسبت بـه شـرایط خشـک دارای شـانس بیشتری است. توزیع فراوانی عملکرد محصول نشان داد احتمال تولید عملکرد اقتصادی محصول در شرایط مرطوب اوایـل رشـد 85 درصـد

است. کشاورزان می‌توانند با در نظر گرفتن شرایط تامین رطوبت قبل از کاشت، ریسک تولید محصول را برآورد، و نسبت به کاشت یا عدم کاشت محصول، تصمیم‌گیری در مورد بیمه محصول یا نسبت به یک آبیاری در هفته اول کاشت اقدام نمایند.

منابع

1- Alijani F., Karbasi A., Mozafari M. 2012. Survey of the Effects of Climate Change on Yield of Irrigated Wheat in Iran. Agricultural Economic and Development, 76: 143-167. (in Persian)

2- Arshad S., Morid S., Mobasheri M.R., Alikhani M.A. 2009. Development of Agricultural Drought Risk Assessment Model for Kermanshah Province (Iran), using satellite data and intelligent methods. Options Méditerranéennes, 80: 303–310.

3- Asadi H., Neishaboori M.R., Siadat H. 2003. Evaluating the Wheat Response Factor to Water (Ky) in Different Growth Stages in Karaj.Iranian Journal of Agriculture Science, 34: 579-576. (in Persian with English abstract)

4- Edwards D.C., and McKee T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Rep. 97–2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, CO, May, 155 pp.

5- Ghorbani Kh., Khalili A., Iran Nejad P. 2008. Regional Estimation of Rainfed Wheat Yield Based on Precipitation Data. Agricultural Biotechnology, 8: 89-101. (in Persian with English abstract)

6- He Y., Wei Y., Depauw R., Qian B., Lemke R., Singh A., Cuthbert R., Mcconkey B., Wang H. 2013. Spring Wheat Yield in the Semiarid Canadian Prairies : Effects of Precipitation Timing and Soil Texture over Recent 30 Years. Field Crops Research, 149: 329–337.

7- Hlavinka P., Trnka M., Semera´ dova D., Dubrovsky´ M., Z˘ alud Z., Moz˘ny M. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 431–442.

8- Kutcher H.R., Warland J.S., Brandt S.A. 2010. Temperature and precipitation effects on canola yields in Saskatchewan , Canada. Agricultural and Forest Meteorology, 150: 161–165.

9- Landau S., Mitchell R. A.C., Barnett V., Colls J.J., Craigon J., Payne R.W. 2000. A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. Agricultural and Forest Meteorology, 101: 151–166.

10- Licker R., Kucharik C.J., Thierry Doré, Lindeman M.J, Makowski D. 2013. Climatic impacts on winter wheat yields in Picardy , France and Rostov , Russia : 1973 – 2010. Agricultural and Forest Meteorology, 176: 25–37.

11- Mavromatis T. 2007. Drought index evaluation for assessing future wheat production in Greece. International Journal of Climatology, 27: 911–924.

12- McKee T.B., Doesken T.B., Kleist N.J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of 8th Conference on applied Climatology,17-22 Jan,. American Meteorological Society, Boston, 179–184.

13- Mkhabela M., Bullock P., Gervais M., Finlay G., Sapirstein H. 2010. Assessing indicators of agricultural drought impacts on spring wheat yield and quality on the Canadian prairies. Agricultural and Forest Meteorology, 150: 399–410.

14- Mosaedi A., Kahe M. 2008. The Assessing Precipitation Effects on Yield Productions of Wheat and Barley in Golestan Province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15: 206-218. (in Persian with English abstract)

15- Naresh Kumar M., Murthy C.S., Sesha M.V.R., Roy P.S. 2009. On the use of Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity assessment. Meteorological Applications, 16: 381–389.

16- Nielsen D.C., Halvorson A.D., Vigil M.F. 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. Field Crops Research, 118: 259–263.

17- Qian B., De Jong R., Warren R., Chipanshi A., Hill H. 2009. Statistical spring wheat yield forecasting for the Canadian prairie provinces. Agricultural and Forest Meteorology, 149:1022–1031.

18- Quiring S.M., Papakryiakou T.N. 2003. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. Agricultural and Forest Meteorology, 118:49–62.

19- Sabziparvar A.A., Torkaman M., Maryanaji Z. 2013. Investigating the Effect of Agroclimatic Indices and Variables on Optimum Wheat Performance (Case study: Hamedan Province). Journal of Water and Soil, 26:1554-1567. (in Persian with English abstract)

20- Shookohi1 M., Bazrafshan J., khalili A,. Ghahreman N. 2011. Regional Assessment of Agricultural Drought Risk For Rainfed Barley. p. 303-311. 1st National Conference on Drought and Climate change. Research Institute for Water Scarcity and Drought in Agriculture and Natural Resources, May 18, 2011-Karaj, Iran. (in Persian)

21- Snyder R.L. 1985. Hand Calculating Degree Days. Agricultural and Forest Meterology, 35:353—358.

22- Sohrabie Mollayousef S., Fakheri Fard A., Bozorg Haddad O. 2012. Assessment the Effect of Intermittent Rainfall of Autumn and Winter on Annual Dry Farming Yield by Using the Time-Rain Indicator (RTI). Journal of Water and Soil, 26: 75-84. (in Persian with English abstract)

23- Talliee A.A, Bahramy N. 2003.The Effects of Rainfall and Temperature on the Yield of Dryland Wheat In

Kermanshah Province. Journal of Water Research in Agriculture (Journal of Soil and Water Sciences), 17: 106-113. (in Persian with English abstract)
24- Tavakoli A.R. 2012. Single Irrigation and Sowing Date for Rainfed Barley in Maragheh Region and Estimation of Production Functions. Journal of Agricultural Engineering Research, 13:39-56. (in Persian with English abstract)
25- Vicente-Serrano S.M., Cuadrat-Prats J.M., Romo A. 2006. Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: application in the Ebro Valley (north-east Spain). International Journal of Remote Sensing, 27: 511–518.
26- Wu H., Hubbard K.G., Wilhite D.A. 2004. An Agricultural Drought Risk-Assessment Model For Corn And Soybeans. International Journal of Climatology, 24:723–741
27- Zareabyaneh H., Bayat Varkeshi M.. Ildoromi A. 2012.Assessment of the effect of some climatic parameters, and ENSO phenomenon on wheat and barley yield (Case Study: Region of Hamedan). Iranian Water Research Journal, 9: 181-192. (in Persian)

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 210-221

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 1، فروردین –اردیبهشت 1395، ص. 221-210

Effect of Precipitation Period and SPI Index as an Indicator of Moisture Supply on Rainfed Barley Crop Yield (Case Study: Tabriz County)

M. Shokouhi[1*]- S.H. Sanaei Nejad[2]
Received: 18-02-2014
Accepted: 23-01-2016

Introduction: Many researchers studied and emphasized on determining the importance of climatic factors that affect crop yield. As the most source of moisture in rainfed cultivation, precipitation is the most important climate factor. Spatial and temporal change of this factor effects crop yield. Standardized Precipitation Index (SPI) is useful to characterize the condition of the moisture supply before and during the growing season of crops. Studies have shown that in some areas there is little correlation between spring wheat yield and SPI, while in other areas there is significant relationship between wheat yield and SPI. This difference indicates SPI as an indicator of moisture supply, depend on the study area .The purpose of this study was to determine the most effective period of precipitation during growing season for rainfed barley using variables obtained from moisture supply and precipitation periods in Tabriz. The most effective period of precipitation can be used for the management of rainfed cultivation.

Materials and Methods: Daily temperature and precipitation data of Tabriz station were collected from Iran Meteorological Organization for the years 1955 to 2013. In addition, barley yields data were collected for the years 1977 to 2013. In this study, the occurrence of phenological stages (germination, tillering, anthesis, ripening and harvesting) were estimated using growing degree days (GDD). The SPI value for 28-week time scale of the first week after planting (SPI28) was considered as an indicator of the moisture supply during growing season. SPI28 values less than zero and greater than zero representing different classes of drought and humidity respectively. For correlation analysis, 128 weekly variables were defined at different time scales of daily precipitation data (Table 2). The relationship between the crop yield and precipitation variables were analyzed by linear correlation.

Results and Discussion: The correlation coefficient (r) between precipitation and annual rainfed barley yield were presented in Table 2. The highest correlation between yield and precipitation occurred during the 10-week period between 25 February and 6 May, which was mostly observed at the end of April to mid-May that was coincide with the beginning of anthesis. So it can be concluded that the anthesis stage was the most critical stage to water stress in barley. Based on the SPI28 value greater than zero (wet conditions) or less than zero (dry conditions), the amount of precipitation (between 25 February and 6 May) was divided into two groups. The amount of precipitation between 25 February and 6 May explained 78% of the yield variations when SPI28 was greater than zero (wet conditions). One mm increase in precipitation in this period increased the yield with the rate of 2/76 kg / ha. If early planting conditions is dry (SPI 28 <0), one mm increase in precipitation between 25 February and 6 May will increase the yield at the rate of 1/65 kg /ha. Sufficient moisture during planting resulted in establishment of the plant, taking tillering plant and reducing the cold damage, consequently improving crop yield. Studies showed that the lack of sufficient moisture at the planting and anthesis stages strongly affects crop yield. Therefore single irrigation down at planting and anthesis stages increased the barley yield significantly.

Conclusion: Barley yield in Tabriz is influenced by different factors. In this study the effects of variables such as soil type, temperature changes, pests and diseases and crop management practices were not considered. The results showed that the amount of precipitation in ten weekly scales explained yield variation better than other time scales. Sufficient moisture during planting, increased yield up to 60% by receiving same amount of precipitation between 25 February and 6 May rather than dry conditions. Therefore, if moisture supply is available during planting, the plant will have higher potential to produce using the amount of precipitation between 25 February and 6 May. Therefore, a specific period of precipitation during the growing season had no effect on barely yield. To better explain the yield variations simultaneously both amount of precipitation between

1, 2- Ph.D Student and Associate Professor of Water Engineering Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: mojtabashokohi@gmail.com)

25 February - 6 May and early planting moisture supply conditions must be considered simultaneously. Farmers can consider the moisture supply conditions before planting, and then in the first week decide on planting crop, crop insurance and plant irrigation.

Keywords: Precipitation, Rainfed Barley Yield, SPI Index, Tabriz