

بررسی اثرات خشکسالی بر روی عملکرد گندم آبی و دیم در منطقه بجنورد

محمد نادریان فر^{۱*}، الهام حیدری قرائی^۲

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

* مسئول مکاتبه: Naderian.mohamad@ujiroft.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2021.290842.1096

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای آرام و خزنده که خسارات زیادی و جبران‌ناپذیری به طبیعت وارد می‌کند و تمام اقلیم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از پیامدهای اقلیمی مهم برای زراعت، خشکسالی‌های پی‌درپی است که هر چند سال اتفاق می‌افتد و باعث کاهش عملکرد تولید به‌ویژه در شرایط کشاورزی دیم می‌شود. لذا این تحقیق باهدف پایش خشکسالی‌ها و تأثیر خشکسالی کشاورزی بر روی محصول استراتژیک گندم تحت شرایط کشت دیم و آبی در منطقه بجنورد انجام شد. در این راستا برای محاسبه شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص درصد نرمال (PN) و شاخص نمره Z (ZSI) از آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاه هواشناسی بجنورد طی دوره زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. همچنین جهت ارتباط خشکسالی‌ها با محصولات کشاورزی از آمار و اطلاعات میزان سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد محصول گندم دیم و آبی طی دوره آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی با سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد محصول گندم دیم و آبی نشان داد که کمترین همبستگی مربوط به شاخص ZSI با عملکرد آبی به مقدار $r=0/23$ و بیشترین همبستگی مربوط به میزان تولید دیم با شاخص PN به مقدار $r=0/73$ می‌باشد. همچنین تغییرات زمانی سطح زیر کشت آبی و دیم گندم در منطقه بجنورد نشان می‌دهد، باگذشت زمان از سطح زیر کشت محصول گندم دیم به‌شدت کاسته شده است (شیب‌خط روند معادله منفی می‌باشد) که یکی از علت‌های اصلی آن کاهش ریزش‌های جوی و خشکسالی در منطقه می‌باشد که خسارات جبران‌ناپذیری بر کشاورزان وارد کرده است. نتایج تغییرات شاخص SPI روی سطح برداشت از اراضی کشت دیم و آبی نشان داد که در زمان ترسالی، برداشت محصول از اراضی زیر کشت دیم و آبی افزایش یافته است و در زمان خشکسالی میزان برداشت محصول کاهش یافته است؛ اما در مورد کشت آبی در سال‌هایی که خشکسالی رخ داده است، کاهش سطح برداشت آبی از شدت کمتری برخوردار بوده است و دلیل آن می‌تواند استفاده از روش‌های دیگر تأمین آب برای کشت از جمله حفر چاه‌های غیرمجاز و عمیق‌تر کردن چاه‌های کشاورزی باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی کشاورزی، شاخص SPI، عملکرد گندم، کشت دیم و آبی

مقدمه

هواشناسی هیدرولوژیکی و کشاورزی قائل نشده است (Chowdhury and Gore, 1989). خشکسالی کشاورزی هنگامی اتفاق می‌افتد که در اثر کمبود بارش نسبت به بارش نرمال در دوره‌های زمانی خاصی، رطوبت خاک به حدی کاهش یابد که نواحی زراعی و مراتع به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر قرار گیرند (Wu and Wilhite, 2004). به‌طوری‌که اگر یک خشکسالی کوتاه‌مدت در مراحل رشد حساس گیاه رخ دهد؛ اثرات آن بر محصول بسیار محسوس است (Kulshreshtha and Klein, 1989). از بین عوامل اقلیمی مؤثر بر گیاهان زراعی، تنش‌های کمبود آب در سطح جهان گسترده‌تر بوده و به همین دلیل بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اگرچه همه تنش‌ها از

پدیده خشکسالی مخرب‌ترین پدیده اقلیمی است که در تمام نواحی اقلیمی اعم از مناطق خشک، نیمه‌خشک و مناطق نیمه مرطوب پدید می‌آید. درحالی‌که خشکی یک پدیده دائمی است که از کاهش غیرمنتظره رطوبت به وجود می‌آید لذا شناسایی، پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی در کشور ایران که جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Tao et al., 2011). خشکسالی عبارت از وضعیت کمبود بارش است به‌طوری‌که از نظر میزان به حدی باشد که یک ناحیه را تحت تأثیر منفی قرار دهد (Webster, 1978)؛ اما این تعریف بسیار کلی است و تفاوتی بین جنبه مهم خشکسالی یعنی

تشدید خشکسالی باعث کاهش عملکرد محصول در این مناطق می‌شود. همچنین نتیجه همبستگی بین بارش و عملکرد گندم نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین این دو متغیر وجود دارد و شاخص استاندارد بارش روندی همسو با عملکرد محصول گندم دیم در مناطق مورد مطالعه دارد (Dadashian *et al.*, 2018). برخی از محققین به بررسی اثر شاخص بارش استاندارد SPI¹ بر عملکرد تولید گندم در اراضی دیم استان ایلام پرداختند. نتایج تحلیل رگرسیونی تأثیر وقوع پدیده خشکسالی بر عملکرد گندم دیم نشان داد که وقوع خشکسالی در شهرستان‌های دهلران، ایلام، دره شهر به ترتیب موجب کاهش ۴۵، ۶۷ و ۴۵ درصدی عملکرد گندم در اراضی دیم شده است. همچنین ضریب همبستگی بیانگر این موضوع بود که در شهرستان‌های مهران رابطه بین خشکسالی و تولید گندم در اراضی دیم این شهرستان ۵۸ درصد، در شهرستان دهلران ۶۱ درصد، ایلام ۴۶ درصد، ایوان ۷۴ درصد، دره شهر ۶۳ درصد، آبدانان ۶۱ درصد و شیروان چرداول ۸۵ درصد بود (Karimi *et al.*, 2016). در پژوهشی دیگر تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی مناطق کشت گندم دیم در دشت‌های ایالت کانزاس آمریکا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان داد که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عوامل بیشترین تأثیر را در مراحل رشد گندم دیم دارد (Norwood, 2000). با توجه به اهمیت این محصول استراتژیک و وقوع خشکسالی‌های مداوم در منطقه بجنورد بر آن شدیم که بررسی و پایش خشکسالی‌ها در منطقه بجنورد را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم و تأثیر خشکسالی کشاورزی بر روی محصول گندم دیم و آبی در منطقه را بررسی کنیم و به ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش اثرات مخرب خشکسالی بر کشت محصولات آبی و دیم بپردازیم.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، از آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهر بجنورد در استان خراسان شمالی، واقع در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب E ۱۹° ۵۷ و N ۲۸° ۳۷ استفاده شد. ایستگاه بجنورد در ارتفاع ۱۰۹۱ متری از سطح دریا واقع شده

عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند، ولی تنش خشکی و تنش شوری مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات در سامانه‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به حساب می‌آید (Debaeke and Aboudrare, 2004). در مناطق خشک و نیمه‌خشک وقوع خشکسالی در مراحل رویشی و زایشی اجتناب‌ناپذیر است و عدم بارش و توزیع نامناسب بارندگی از علل محدودکننده غلات زمستانه در این مناطق به شمار می‌رود. در این میان شناخت عوامل اقلیمی و اثر آن‌ها روی گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش یا کاهش عملکرد یا تولید می‌باشد (Ensafi Moghadam, 2005).

گندم مهم‌ترین محصول کشاورزی جهان به شمار می‌رود و در بسیاری از کشورهای دنیا به‌عنوان غذای اصلی مردم و بیشتر در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود (Loggini *et al.*, 1999). در حال حاضر، سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۲۰ میلیون هکتار و تولید کل آن در جهان بیش از ۷۶۷ میلیون تن می‌باشد. نتایج برداشت گندم در ایران (۲۰۲۰) نشان می‌دهد سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۶ میلیون هکتار بوده که نسبت به ۵/۵۸ هکتار کاشته شده سال قبل کمی افزایش داشته است. حدود یک‌سوم مزارع به کشت آبی و مابقی به‌صورت دیم کشت شده‌اند. برداشت گندم حدود ۱۴ میلیون تن پیش‌بینی شده است که نسبت به سال ۲۰۱۹ حدود ۳ درصد کمتر است (FAO, 2020). آمارهای موجود نشان می‌دهند که جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ میلادی به ۷/۹ میلیارد نفر خواهد رسید و در این شرایط، سالانه ۸۰۰ میلیون تن گندم برای تأمین غذای جمعیت جهان نیاز خواهد بود. تأمین این مقدار، اهمیت رشد سریع و مداوم در تولید گندم را آشکار می‌سازد (Naderi *et al.*, 2014). بر اساس گزارشات فائو ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. همچنین در حدود یک‌سوم اراضی قابل‌کشت در جهان با کمبود آب کافی برای کشاورزی مواجه هستند. با تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت این مشکل در آینده جدی‌تر خواهد شد.

برخی از محققین اثر خشکسالی را بر عملکرد تولید گندم در اراضی دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل رگرسیون تأثیر خشکسالی بر عملکرد محصول گندم دیم نشان داد که وقوع خشکسالی در شهرستان‌های تبریز، اهر، مراغه، سراب و میانه رابطه معناداری با عملکرد محصول گندم در این مناطق دارد و

1. Standardized Precipitation Index

است. طبق طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، بجنورد دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد و طبق طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک می‌باشد (Wilhite, 2005). در جدول ۱ برخی از مشخصات آب و هوایی ایستگاه بجنورد ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آب و هواشناسی ایستگاه بجنورد
Table 1- Meteorological specifications of Bojnourd station

تبخیر Evaporation (%)	سرعت باد Wind speed (m/s)	رطوبت مینیمم Minimum humidity	رطوبت ماکزیمم Maximum humidity	رطوبت نسبی Rrelative humidity	دمای ماکزیمم Maximum temperature	دمای مینیمم Minimum temperature	دمای متوسط Average temperature	متوسط بارندگی Average rainfall (mm)
10	22	38	91	60	30	9	16.6	220.8

شاخص‌ها و مدل‌های مورد استفاده شاخص درصد بارش نرمال (PN)

درصد نرمال یکی از ساده‌ترین شاخص‌های بارندگی محسوب می‌شود که برای بیان اولیه پدیده خشکسالی مفید می‌باشد. معمولاً میانگین سی‌ساله را برای محاسبه نرمال در نظر می‌گیرند. این شاخص برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل استفاده بوده که معمولاً یک تا چند ماه و یا کل سال، محدوده آن می‌باشد (Wu et al., 2001). در جدول (۲) طبقه‌بندی مقادیر درصد نرمال نشان داده شده است. این شاخص توسط ویلکی و همکارانش در سال ۱۹۹۴ ارائه شد؛ و از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ به دست می‌آید. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Willeke et al., 1994).

$$PN = \frac{P_i}{P} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه P_i : میزان بارندگی و \bar{P} متوسط بارندگی در ماه مورد نظر می‌باشد.

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

در تحقیق حاضر جهت محاسبه شاخص‌های خشکسالی از آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاه هواشناسی بجنورد طی دوره زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. همچنین آمار و اطلاعات میزان سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد محصول گندم دیم و آبی طی دوره آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۸ از سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی تهیه گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌های بارش ایستگاه بجنورد، داده‌های بارش به ترتیب ماهیانه مرتب گردید و جهت بررسی همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی PN، SPI و ZSI با میزان سطح زیر کشت (هکتار)، میزان تولید محصول (تن) و عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) گندم تحت شرایط کشت دیم و آبی؛ از نرم‌افزار MINITAB ورژن ۱۶ استفاده شد. در ادامه شاخص‌های خشکسالی مورد استفاده تحقیق حاضر ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص PN
Table 2- Classification of drought and wet season severity based on PN index

بسیار مرطوب Extremely wet	نسبتاً مرطوب Moderately wet	مرطوب Wet	نیمه مرطوب Near normal	نرمال Normal	خشکسالی ضعیف Slight drought	خشکسالی متوسط Moderately drought	خشکسالی شدید Severely drought	خشکسالی بسیار شدید Extremely drought	طبقه Class
160>	145 to 160	130 to 145	120 to 130	80 to 120	70 to 80	55 to 70	40 to 55	40<	درصد PN

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (۶)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (۷)$$

در رابطه (۷)، n تعداد مشاهدات بارش، \bar{x} میانگین بارش طولانی مدت می‌باشد. در این مرحله با استفاده از رابطه (۸)، احتمال تجمعی گاما در مقیاس زمانی محاسبه می‌شود (Karamoz and Iraji nezhad, 2005). مرحله بعدی در محاسبه SPI عبارت است از متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد که مقدار احتمال تجمعی آن با مقدار احتمال تجمعی متغیر موردنظر از تابع توزیع گامای به‌دست‌آمده مساوی باشد. بهترین حالت انتقال یک متغیر از یک توزیع آماری به توزیع آماری دیگر، انتقال هم احتمال می‌باشد که در آن احتمال‌های کمتر یا مساوی دو متغیر از دو توزیع برابر باهم فرض می‌شوند (Karamoz and Iraji nezhad, 2005). طبقه‌بندی درجات خشکسالی و ترسالی با استفاده از این شاخص به‌صورت جدول (۳) ارائه می‌شود. با توجه به شاخص SPI که برای هر سری جداگانه محاسبه می‌گردد در مورد وضعیت خشکسالی اظهارنظر می‌شود. طبق این روش دوره خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر و به مقدار -1 یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ارقام منفی SPI تعیین می‌شود و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدت خشکسالی را نشان می‌دهند (Moghadasi et al., 2005).

شاخص بارش استاندارد شده (SPI^۱)

شاخص بارندگی استاندارد شده در سال ۱۹۹۳ برای اولین بار توسط مک‌کی^۲ و همکاران به‌منظور پایش خشکسالی‌ها در ایالت کلرادو آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (McKee et al., 1993). به‌منظور بررسی روند خشکسالی و ترسالی در شهر بجنورد رابطه (۲) برای شاخص بارش استاندارد سالانه به‌صورت زیر ارائه شده است.

$$SPI = \frac{X_{ik} - \bar{X}_i}{\delta_i} \quad (۲)$$

که در این رابطه: X_{ik} ، مقادیر بارندگی برای i امین ایستگاه و k امین مشاهده، \bar{X}_i متوسط بارندگی در ایستگاه i ام، δ_i انحراف از معیار داده‌های ایستگاه i ام می‌باشد. برای محاسبه شاخص SPI، می‌توان بارندگی ماهیانه و یا مجموع بارندگی در هر محدوده زمانی دلخواه را با استفاده از یک توزیع مناسب، توزیع گاما و یا پیرسون تیپ سه برازش داد. توزیع آماری گاما برازش خوبی با سری‌های زمانی اقلیمی بارندگی دارد. تابع چگالی احتمال توزیع گاما برای $x > 0$ به شکل رابطه (۳) محاسبه می‌گردد (Bordi and Sutera, 2004 and 2008).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (۳)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (۴)$$

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (۵)$$

جدول ۳- درجه‌بندی مقادیر شاخص SPI

Table 3- Grading of SPI index

درجه خشکسالی یا ترسالی Grade of drought or wetness	مقدار شاخص Index value
خشکسالی حاد Extremely drought	$SPI \leq -2$
خشکسالی شدید Severely drought	$-2 \leq SPI \leq -1.5$
خشکسالی متوسط Moderately drought	$-1.5 \leq SPI \leq -1$
نرمال Normal	$-1 \leq SPI \leq 1$
ترسالی متوسط Moderately wet	$1 \leq SPI \leq 1.5$
ترسالی شدید Severely wet	$1.5 \leq SPI \leq 2$
ترسالی حاد Extremely wet	$2 \leq SPI$

1. Standardized Precipitation Index

2. Mckee

به راحتی نمی توان آن را تفسیر کرد و از طرفی این نمره در برخی موارد منفی و اعشاری به دست می آید؛ و همین امر بعضاً قابل فهم نمی باشد. طی این روش مقادیر بارش به نمرات بی بعد یعنی نمره Z تبدیل می گردد این نمرات بی بعد ابزار مناسبی جهت تعیین سال های خشک، شدت، تداوم آن ها و حتی پیش بینی خشکسالی در سال های آتی می باشد. اغلب برای طبقه بندی شدت خشکسالی با این روش از طبقه بندی جدول (۴) استفاده می شود؛ و معادله آن به صورت زیر می باشد (Jahangir and Saranirad, 2019).

$$ZSI = \frac{P_i - \bar{p}}{SD} \quad (10)$$

که در آن P_i بارندگی سال i و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری، \bar{p} میانگین بارندگی بلندمدت می باشد.

$$g(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (8)$$

چون تابع گاما برای x مساوی صفر (بارندگی صفر میلی متر) تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، تابع احتمال تجمعی که دربرگیرنده صفر هم باشد از رابطه (۹) به دست می آید (Karamoz and Iraji nezhad, 2005).

$$H(X) = q + (1-q) \times F(X) \quad (9)$$

که در آن $H(X)$ تابع تجمعی کل، q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی می باشد.

شاخص ZSI^۱

نمره های استاندارد وضعیت نمره ها نسبت به میانگین را تعیین می کنند. اساس این شاخص انحراف میانگین نسبت به انحراف معیار داده های آماری است و از معایب نمره Z، این است که

جدول ۴- طبقه بندی مقادیر شاخص خشکسالی ZSI

Table 4- Classification of ZSI drought index

وضعیت Status	شاخص ZSI (Z-Score) ZSI index
خشکسالی ضعیف Near normal	0.25 to -0.25
خشکسالی متوسط Moderately drought	-0.25 to -0.52
خشکسالی شدید Severely drought	-0.52 to -0.84
خشکسالی بسیار شدید Extremely drought	-0.84 to -1.28

جدول ۵- طبقه بندی درجات شدت خشکسالی و ترسالی

Table 5- Classification of drought and wet intensity

دوره خشک Dry period	نمره Z Z score	دوره مرطوب Wet period	نمره Z Z score
خشکی شدید Severely dry	-1.5 < Z	رطوبت شدید Severely wet	1.5 < Z
خشکی متوسط Moderately dry	-0.5 < Z < -1.5	رطوبت متوسط Moderately wet	0.5 < Z < 1.5
خشکی ضعیف Near normal	-0.5 < Z < .	مرطوب کم Near normal wet	. < Z < 0.5

نتایج و بحث

نشان می دهد که در دوره آماری تحقیق حاضر خشکسالی نرمالی برقرار بوده است، بطوریکه طبق شاخص SPI شدیدترین خشکسالی در سال ۹۶-۱۳۹۵ به میزان ۱/۷۴- رخ داده است و

در جدول (۶) به بررسی تغییرات شاخص های خشکسالی سالیانه SPI، ZSI و PN در دشت بجنورد پرداخته شد. نتایج

1. Z-score Index

می‌باشد و در سال ۱۳۹۷ ترسالی شدیدی رخ داده است (۲/۵۱) و برای بقیه سال‌ها وضعیت نزدیک نرمال می‌باشد اما شاخص PN نیز نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ خشکسالی جزئی رخ داده است و بقیه سال‌ها وضعیت نرمال می‌باشند.

شدیدترین ترسالی در سال ۹۸-۱۳۹۷ به میزان ۲/۲۷ رخ داده است که نشان‌دهنده سال ترسالی می‌باشد؛ در سایر سال‌ها وضعیت نزدیک نرمال^۱ می‌باشد. طبق نتایج جدول ۶ در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ مقدار شاخص ZSI به ترتیب ۱/۱۵-، ۱/۴۵- و ۱/۱۴- می‌باشد که نشان‌دهنده خشکسالی خفیف

جدول ۶- مقدار عددی شاخص‌های SPI، ZSI و PN از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۸ در ایستگاه بجنورد
Table 6- Numerical values of SPI, ZSI and PN indices from 2005 to 2019 in Bojnourd station

سال Year	SPI		PN		ZSI	
	مقدار Value	طبقه خشکسالی Drought Classification	مقدار Value	طبقه خشکسالی Drought Classification	مقدار Value	طبقه خشکسالی Drought Classification
1384-85	0.61	خشکسالی ضعیف Near normal	115.37	نرمال Normal	0.51	خشکسالی ضعیف Near normal
1385-86	0.9	خشکسالی ضعیف Near normal	124.75	نرمال Normal	0.82	خشکسالی ضعیف Near normal
1386-87	0.4	خشکسالی ضعیف Near normal	108.86	نرمال Normal	0.29	خشکسالی ضعیف Near normal
1387-88	0.42	خشکسالی ضعیف Near normal	109.61	نرمال Normal	0.32	خشکسالی ضعیف Near normal
1388-89	0.89	خشکسالی ضعیف Near normal	124.38	نرمال Normal	0.81	خشکسالی ضعیف Near normal
1389-90	-0.35	خشکسالی ضعیف Near normal	87.64	نرمال Normal	-0.41	خشکسالی ضعیف Near normal
1390-91	0.29	خشکسالی ضعیف Near normal	105.71	نرمال Normal	0.19	خشکسالی ضعیف Near normal
1391-92	-0.46	خشکسالی ضعیف Near normal	84.9	نرمال Normal	-0.5	خشکسالی ضعیف Near normal
1392-93	-1.3	خشکسالی متوسط Moderately dry	65.21	خشکسالی متوسط Moderate drought	-1.15	خشکی متوسط Moderately dry
1393-94	0.45	خشکسالی ضعیف Near normal	110.49	نرمال Normal	0.35	خشکسالی ضعیف Near normal
1394-95	-0.56	خشکسالی ضعیف Near normal	82.25	نرمال Normal	-0.59	خشکسالی ضعیف Near normal
1395-96	-1.74	خشکسالی شدید Severely dry	56.2	خشکسالی متوسط Moderate drought	-1.45	خشکی متوسط Moderately dry
1396-97	-0.52	خشکسالی ضعیف Near normal	83.32	نرمال Normal	-0.55	خشکسالی ضعیف Near normal
1397-98	2.27	ترسالی حاد Extremely wet	175.7	نرمال Normal	2.51	ترسالی شدید Extremely wet
1398-99	-1.28	خشکسالی متوسط Moderately dry	65.63	خشکسالی متوسط Moderate drought	-1.14	خشکی متوسط Moderately dry

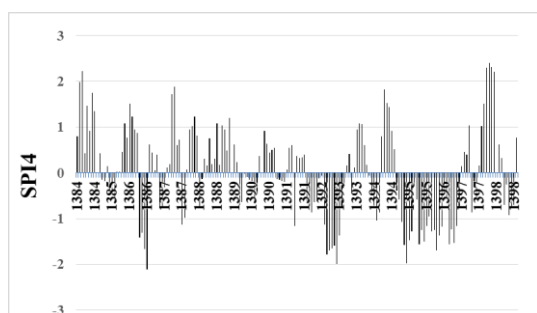
1. Near normal

تعیین می‌کند و SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه الگوی بارندگی بلندمدت را منعکس کرده و معمولاً با دبی رودخانه‌ها، سطح مخازن و حتی سطح آب زیرزمینی رابطه دارد (NDMC, 2007). شکل ۱ ج و د تغییرات زمانی شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماهه را نشان می‌دهد. در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت دوره‌های خشک ($SPI < 0$) و تر ($SPI > 0$) دارای تناوب بسیاری هستند، در حقیقت وقتی که مقیاس زمانی زیاد می‌شود تناوب دوره‌های خشک کمتر می‌شود (Vicente-Serrano and Moreno, 2005).

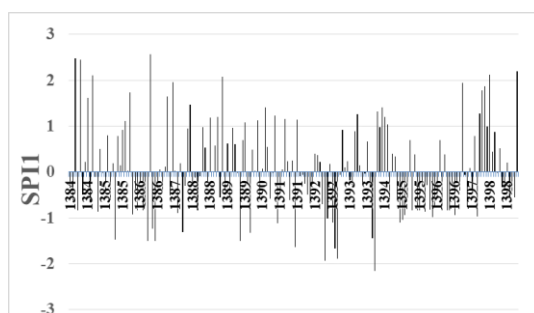
SPI با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ ترسالی شدیدی در دشت حاکم بوده است اما در سال‌های ۹۱ تا ۹۳ و ۹۵ تا ۹۷ نیز خشکسالی شدیدی رخ داده است در حالی که در سال ۹۸ ترسالی را در منطقه داشتیم. این نتایج را مقیاس زمانی ۶ ماهه نیز تأیید می‌کند.

در شکل ۱ تغییرات شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مشخص شده است. طبق طبقه‌بندی شاخص SPI، از مقیاس‌های زمانی کوتاه (۱ تا ۳ ماهه) به‌عنوان خشکسالی هواشناسی و از مقیاس زمانی کوتاه (۳-۵ ماهه) خشکسالی کشاورزی و از مقیاس زمانی بلندمدت خشکسالی هیدرولوژیکی (۱۲-۲۴ ماهه) نام می‌برند (Naderianfar, 2010). در شکل ۱ الف تغییرات شاخص بسیار است ولی شدیدترین ترسالی به مقدار ۲/۵۶ در آذرماه ۱۳۸۶ و شدیدترین خشکسالی ۲/۱۵- در خرداد سال ۱۳۹۴ رخ داده است.

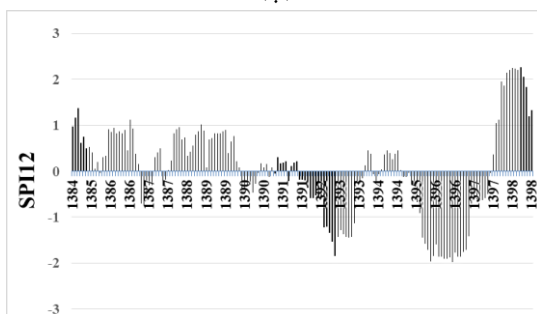
مقیاس‌های زمانی متفاوت شاخص SPI نیاز به تفاسیر متفاوتی دارند. به‌عنوان مثال، SPI با مقیاس زمانی ۱ ماهه شرایط کوتاه‌مدت را منعکس می‌کند و از آن می‌توان برای تغییرات رطوبت خاک استفاده کرد. SPI با مقیاس زمانی ۳ ماهه، تخمین بارندگی‌های فصلی را میسر می‌سازد. SPI با مقیاس زمانی متوسط ۶ و ۹ ماهه روند الگوی بارش را



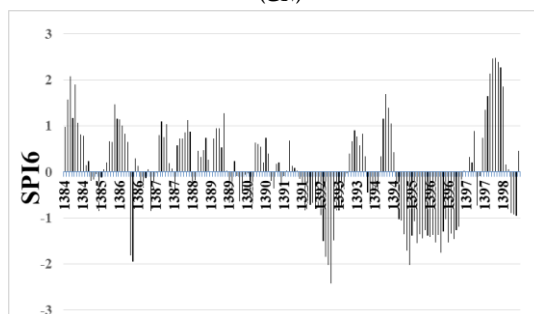
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۱- تغییرات شاخص SPI با مقیاس‌های زمانی ۱، ۴، ۶ و ۱۲ ماهه برای ایستگاه بجنورد
Figure 1- SPI index changes with time scales of 1, 4, 6 and 12 months for Bojnourd station

SPIهای کوچک‌تر از صفر و تداوم دوره‌های خشک در طی ۲۰ سال گذشته (جدول ۷)، مشخص شد که در ۹۷ ماه، SPI در مقیاس زمانی ۲ دوساله کمتر از صفر بوده است، این مسئله باعث

پایش و ارزیابی شدت دوره‌های خشک ایستگاه بجنورد
برای پایش و ارزیابی شدت دوره‌های خشک ایستگاه بجنورد از SPI با مقیاس‌های زمانی مختلف استفاده شد. در بررسی

شده است که نهایتاً ۱۴ دوره خشک با تداوم‌های متفاوت از ۱ تا ۲۶ ماه به وقوع پیوندد. دوره خشک ۱۳۹۴/۱۱ تا ۱۳۹۷/۱ بیشترین تداوم (۲۶ ماه) در این مقیاس زمانی را داشته است. نتایج این بررسی همچنین نشان می‌دهد که در بین دوره‌های خشک به وقوع پیوسته در منطقه، دوره خشک ۱۳۹۵/۱ تا

شده است که نهایتاً ۱۴ دوره خشک با تداوم‌های متفاوت از ۱ تا ۲۶ ماه به وقوع پیوندد. دوره خشک ۱۳۹۴/۱۱ تا ۱۳۹۷/۱ بیشترین تداوم (۲۶ ماه) در این مقیاس زمانی را داشته است. نتایج این بررسی همچنین نشان می‌دهد که در بین دوره‌های خشک به وقوع پیوسته در منطقه، دوره خشک ۱۳۹۵/۱ تا

جدول ۷- شاخص استاندارد شده بارندگی کوچک‌تر از صفر و تداوم دوره‌های خشک در طی سال‌های ۱۳۸۴-۹۸

Table 7- Standardized precipitation index less than zero and continuity of dry periods during 2005-2019

زمان وقوع دوره‌های خشک با بیشترین تداوم The time of occurrence of dry periods with the most continuity		بیشترین تداوم به ماه Maximum continuity to the moon	تعداد دوره‌های خشک Number of dry periods	SPI های کمتر از صفر SPI<0	مقیاس زمانی Time scale (month)
زمان خاتمه End time	زمان شروع Start time				
1397/1	1394/11	26	14	97	۲ ماهه Two months
1397/1	1394/11	26	10	85	۴ ماهه Four months
1397/2	1395/1	27	7	84	۶ ماهه Six months
1397/8	1395/2	32	5	83	۹ ماهه Nine months
1397/8	1395/1	33	5	78	۱۲ ماهه Twelve months

جدول ۸- تعداد، تداوم، زمان وقوع و خاتمه دوره‌های خشک خیلی شدید در ایستگاه بجنورد

Table 8- Number, continuation, time of occurrence and termination of very severe dry periods in Bojnourd station

مقدار Value	زمان وقوع Time of occurrence		تعداد Number	دوره‌های خشک خیلی شدید Exteremly dry periods			مقیاس زمانی Time scale (month)
	سال Year	ماه Month		زمان خاتمه End time	زمان شروع Start time	تداوم Continuity	
-2.28	12	1392	5	1386/8	1386/3	6	۲ ماهه Two months
				1393/1	1392/6	8	
				1397/1	1394/11	26	
				1397/6	1397/4	3	
				1398/10	1398/5	7	
-2.11	8	1396	4	1388/6	1388/5	2	۴ ماهه Four months
				1390/4	1389/8	8	
				1393/3	1391/11	16	
				1397/1	1394/11	26	
-2.43	12	1392	2	1393/6	1391/12	19	۶ ماهه Six months
				1397/2	1395/1	26	
-2.38	12	1392	2	1393/7	1391/12	20	۹ ماهه Nine months
				1397/7	1395/2	32	
-1.98	7	1396	2	1393/10	1391/11	25	۱۲ ماهه Twelve months
				1397/9	1395/1	34	

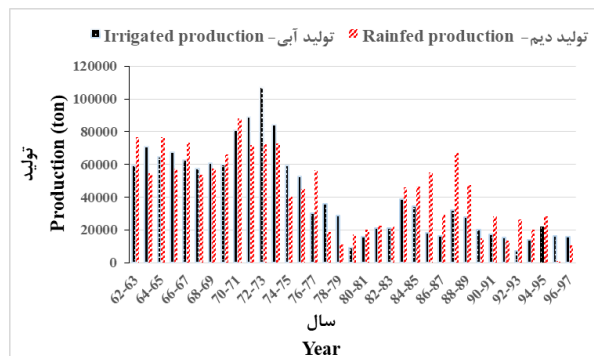
کمترین عملکرد دیم در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ به میزان ۳۳۹ کیلوگرم بر هکتار به دست آمده است. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد آبی در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۸۱ به ترتیب ۴۳۱۰ و ۱۷۴۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمده است. بیشترین میزان تولید آبی و دیم در سال ۱۳۷۲ و ۱۳۷۰ به میزان ۱۰۷۱۱۰ و ۸۸۰۰۰ تن به دست آمده است. کمترین میزان تولید آبی و دیم در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ به میزان ۷۲۴۳ و ۱۱۸۰ تن به دست آمد. در شکل ۳ سطح زیر کشت محصول گندم به صورت دیم و آبی ارائه شده است.

بیشترین سطح زیر کشت محصولات دیم ۹۱۳۰۳ هکتار در سال ۱۳۶۶ و کمترین مقدار آن ۱۶۰۲۳ هکتار در سال ۱۳۹۶ به دست آمده است. همچنین بیشترین و کمترین سطح زیر کشت آبی به میزان ۳۰۸۰۰ و ۲۷۸۶ هکتار در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ به دست آمده است.

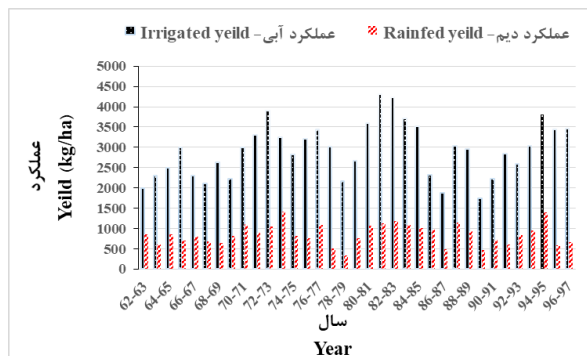
تجزیه و تحلیل دوره‌های خشک خیلی شدید در منطقه (جدول ۸) نشان داد که این نوع از دوره‌های خشک با محاسبات SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف دارای تکرار و تداوم‌های متفاوتی می‌باشند. این نتایج سال ۱۳۹۲ را به عنوان خشک‌ترین سال در طول دوره آماری مشخص می‌کند ($SPI = -2.43$). به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقیاس‌های زمانی، دوره‌های خشک بزرگ‌تری را با تکرار کمتر و تداوم بیشتر به وجود آورده‌اند که تا حدودی از شدت آن‌ها کاسته شده است.

عملکرد و سطح زیر کشت گندم

در شکل ۲- الف عملکرد کشت دیم و آبی، در سال‌های مختلف ارائه شده است بیشترین عملکرد دیم در سال زراعی ۷۴-۱۳۷۳ به میزان ۱۴۲۰ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. در حالی که

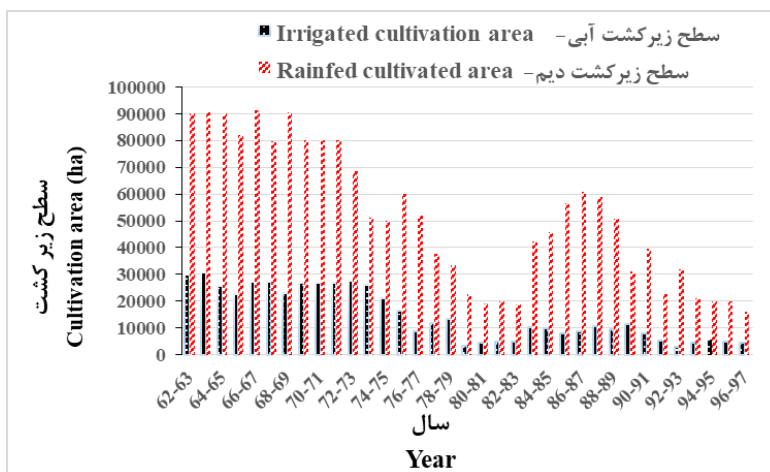


(ب)



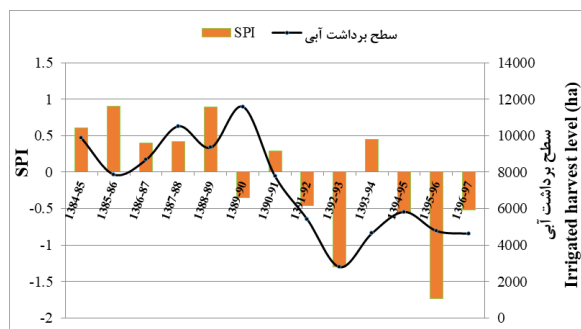
(الف)

شکل ۲- نمودار ستونی تغییرات الف: عملکرد دیم و آبی و ب: تولید دیم و آبی گندم در طول سال‌های ۱۳۶۲-۹۸
Figure 2- Bar chart of changes A: Rainfed and irrigated yield and B: Rainfed and irrigated wheat production during the years 1983-2019

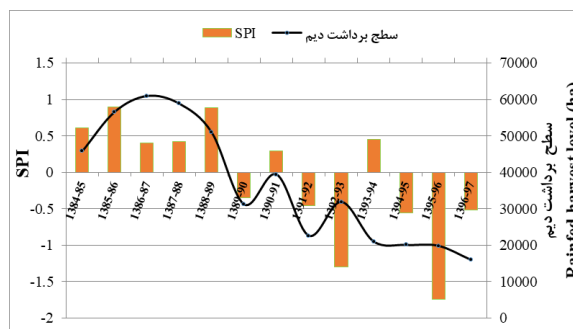


شکل ۳- سطح زیر کشت آبی و دیم گندم در بجنورد

Figure 3- Area under irrigated and rainfed wheat cultivation in Bojnourd



(ب)



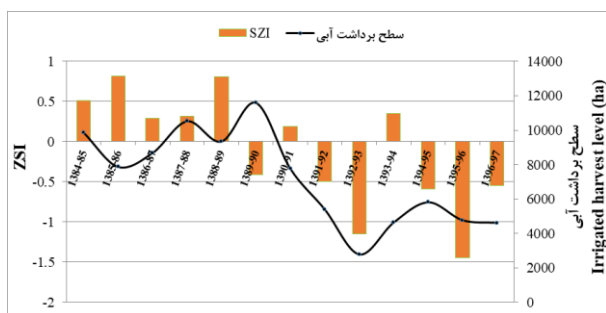
(الف)

شکل ۴- تغییرات شاخص SPI الف: سطح برداشت دیم و ب: سطح برداشت آبی
Figure 4- SPI index Changes A: rainfed harvest level and B: irrigated harvest level

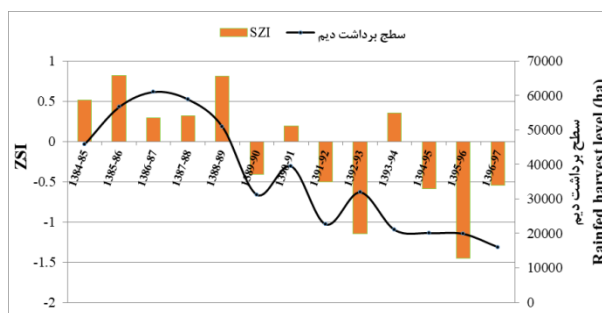
جدی روبرو شوند و دیری نمی‌گذرد که آبی برای کشاورزی وجود نخواهد داشت.

در شکل‌های ۵ و ۶ نیز به‌خوبی نشان داده‌شده است که با افزایش ترسالی‌ها سطح برداشت دیم در منطقه بجنورد افزایش‌یافته است و با کاهش ترسالی‌ها و وقوع خشکسالی کشاورزی سطح برداشت دیم کاهش‌یافته است. این نتایج در مورد شاخص ZSI نیز صادق است. به‌طورکلی باید به دنبال راهکارهایی بود که در زمان وقوع خشکسالی، مخصوصاً خشکسالی کشاورزی اراضی ما از گزند این آسیب‌های اقلیمی در امان بمانند که در ادامه به مواردی از شیوه‌های مدیریتی کارآمد پرداخته می‌شود.

در شکل ۴ تغییرات شاخص SPI روی سطح برداشت از اراضی دیم و کشت آبی ارائه‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که با شروع ترسالی در منطقه، سطح برداشت از اراضی زیر کشت گندم دیم و آبی افزایش‌یافته است و با شروع خشکسالی‌ها میزان سطح برداشت از این اراضی کاهش‌یافته است؛ اما در مورد کشت آبی در سال‌هایی که خشکسالی رخ داده است (شکل ۴- ب) سطح برداشت آبی از شدت کمتری برخوردار بوده است و دلیل آن می‌تواند استفاده از روش‌های دیگر تأمین آب برای کشت از جمله حفر چاه‌های غیرمجاز، عمیق‌تر کردن چاه‌های کشاورزی و ... باشد. گرچه استفاده بیش‌ازاندازه از این منابع آبی منجر به این می‌شود که نسل‌های آتی با مشکلات



(ب)



(الف)

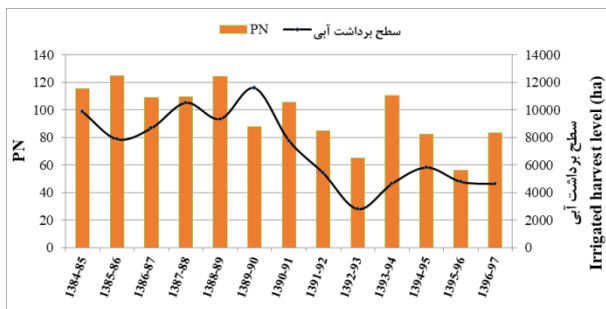
شکل ۵- تغییرات شاخص ZCI الف: سطح برداشت دیم و ب: سطح برداشت آبی
Figure 5- ZCI index changes A: rainfed harvest level and B: irrigated harvest level

عملکرد آبی به مقدار ۰/۲۳ و بیشترین همبستگی با میزان تولید دیم با شاخص PN به مقدار ۰/۷۳ به‌دست‌آمده است. همان‌گونه که اشاره شد همبستگی بین مقادیر شاخص‌های PN، SPI و ZSI محاسباتی با عملکرد محصولات در همه‌ی موارد دارای اثر همبستگی از نوع مثبت است. این نتایج بیان‌کننده این نکته

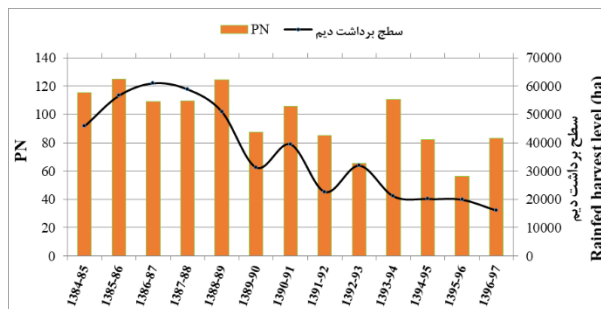
نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های SPI، PN، ZSI و عملکرد آبی و دیم و میزان تولید در منطقه بجنورد در جدول (۹) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی مثبتی بین شاخص‌های خشکسالی و پارامترهای عملکرد گندم دیم و آبی وجود دارد. کمترین همبستگی مربوط به شاخص ZSI با

می‌شود. Moghaddam و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه اثر تنش خشکی بر گندم نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد تولید گندم می‌شود.

می‌باشد که هر چه مقدار عددی شاخص‌های خشکسالی بیشتر باشد (درواقع ترسالی رخ دهد) میزان عملکرد تولید گندم در هکتار بیشتر خواهد بود و هر چه مقادیر کمتر و میل به سمت مقادیر منفی کند از میزان عملکرد گندم در هکتار کاسته



(ب)



(الف)

شکل ۶- تغییرات شاخص PN الف: سطح برداشت دیم و ب: سطح برداشت آبی
Figure 6- PN index changes A: Rainfed harvest level and B: irrigated harvest level

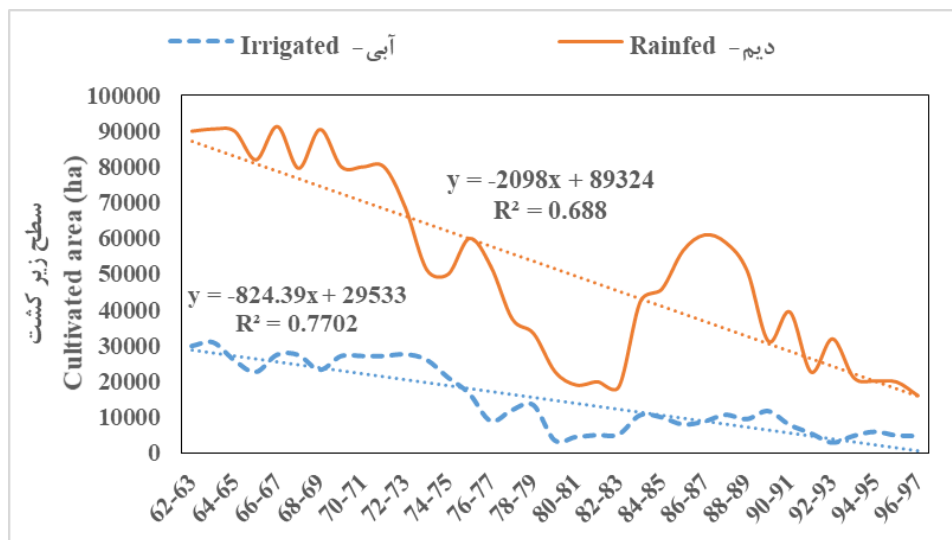
جدول ۹- نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی و عملکرد گندم در دو شرایط دیم و آبی

Table 9- Pearson correlation results between drought indices and wheat yield in both rainfed and irrigated conditions

خشکسالی Drought	سطح برداشت آبی Irrigated harvest level (ha)	سطح برداشت دیم Rainfed harvest level (ha)	میزان تولید آبی Irrigated production amount (ton)	میزان تولید دیم Rainfed production amount (ton)	عملکرد آبی Irrigated yield (kg/ha)	عملکرد دیم Rainfed yield (kg/ha)
PN	0.6054	0.7129	0.5326	0.7379	0.2332	0.2812
SPI	0.61328	0.6919	0.5291	0.7227	0.2427	0.2771
ZSI	0.6047	0.7123	0.5326	0.7380	0.2324	0.2815

نتیجه‌گیری کردند که تولید گندم در اراضی دیم کوهستانی مثل ایلام و ایوان بیشتر متأثر از خشکسالی است.

Karimi و همکاران (۲۰۱۶) با توجه به نتایج حاصل از ضریب همبستگی بین خشکسالی و عملکرد تولید گندم



شکل ۷- تغییرات زمانی سطح زیر کشت آبی و دیم گندم در سال‌های مختلف
Figure 7- Temporal changes of irrigated and rainfed wheat area in different years

۹- استفاده از فاضلاب‌های شهری، استفاده از فناوری بارورسازی ابرها، تعیین نیاز آبی گیاهان و تعیین درست زمان آبیاری، استفاده از آب‌شور برای کشت گیاهان مقاوم به شوری، استفاده از منابع آب غیرمتعارف و خاکستری و درنهایت اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار به شرطی که سطح زیر کشت را افزایش نداده و آب مازاد را در سفره آب زیرزمینی ذخیره کرد.

۱۰- توسعه فرهنگ بیمه محصولات کشاورزی به منظور جبران خسارت‌های خشکسالی کشاورزی.

۱۱- آموزش و فرهنگ‌سازی کشاورزان جهت مقابله با شرایط خشکسالی و ارزشمند دانستن آب.

۱۲- ارائه وام‌های بلاعوض و یا کم‌بهره به کشاورزانی که در مواجهه با خشکسالی محصولات خود را ازدست‌داده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به فرار گرفتن ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک کره زمین احتمال بروز خشکسالی‌های شدید و گسترده در کشور بسیار بالا است. لذا در این تحقیق به وضعیت خشکسالی کشاورزی بجنورد که دارای کشت‌های آبی و دیم است، پرداخته شد. برای این منظور جهت پایش خشک‌سالی‌ها از شاخص‌های SPI، PN و شاخص ZSI استفاده شد و رابطه آن‌ها با سطح زیر کشت محصول گندم دیم و آبی در دشت بجنورد به دست آمد. نتایج حاکی از آن بود که با شروع خشکسالی‌ها میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات دیم و آبی کاهش می‌یابد که این شدت کاهش در کشت‌های دیم بیشتر می‌باشد. البته در وضعیت‌هایی مشاهده گردید که باینکه خشکسالی در منطقه حکم‌فرما بود، ولی میزان تولید و سطح زیر کشت محصولات آبی بعضاً افزایش یافته بود که دلیل آن برداشت بی‌رویه از سطح آب زیرزمینی منطقه می‌باشد.

تغییرات زمانی و خط روند سطح زیر کشت آبی و دیم گندم در منطقه بجنورد در شکل ۷ نشان داده شده است و نشان می‌دهد که باگذشت زمان از سطح زیر کشت محصولات دیم به شدت کاسته شده است (شیب خط روند منفی می‌باشد) که یکی از علت‌های اصلی آن کمبود ریزش‌های جوی و خشکسالی در منطقه می‌باشد که خسارات جبران‌ناپذیری بر کشاورزان وارد کرده است.

ارائه راهکارهای مدیریتی مقابله با خشکسالی

برای کاهش اثرات زیان‌بار خشکسالی روش‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- ترویج روش‌های کم آبیاری در منطقه و استفاده از مالچ‌های زیستی جهت حفظ رطوبت خاک.

۲- اصلاح شبکه‌های انتقال آب جهت جلوگیری از تلفات نفوذ عمقی و افزایش راندمان انتقال آبیاری.

۳- استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری با حمایت دولت مخصوصاً سیستم‌های آبیاری زیرسطحی.

۴- هوشمند سازی مزارع و سیستم‌های آبیاری در جهت کاهش تلفات آب آبیاری.

۵- استفاده از گونه‌ها و ارقام مقاوم به کم‌آبی و تغییر الگوی کشت منطقه و کشت گیاهان با ارزش غذایی بالا و کم آب طلب (نیاز آبی آن‌ها پایین باشد).

۶- فرهنگ‌سازی مصرف درست از آب، که می‌توان از پساب‌های تصفیه‌شده (به‌عنوان مثال برای سیفون‌ها) استفاده مجدد کرد.

۷- اجرای طرح‌های آبخیزداری در مراتع، احداث بندها، جنگل‌کاری، جلوگیری از فرسایش با احداث بانکت‌ها و تراس‌بندی.

۸- استفاده از چاهک‌های معکوس در مسیل رودخانه‌های فصلی که می‌توان داخل آن‌ها را از قلوه‌سنگ پر کرد تا در فصول بارش منجر به تغذیه آب زیرزمینی منطقه شود.

References

- Bordi, I. and Sutera, A. 2004. Drought variability and its climatic implications, *Global and Planetary Change*, 40(1): 115-27.
- Bordi, I. and Sutera, A. 2008. Drought over Europe in recent years. Drought management: Scientific and technological innovations. *CIHEAM, Options Méditerranéennes: Série A Séminaires Méditerranéens*, 80: 63-68.
- Chowdhury, A. and Gore, P.G. 1989. An index to assess agricultural drought in India. *Theoretical and applied climatology*, 40(3): 103-109.
- Dadashian, M. and Birame, N. 2018. Evaluation of drought effect on dryland barley production performance in selected counties of Azarbayjan-Sharghi province. *The 4th international Conference on Environmental Engineering with a focus on sustainable development*. (In Persian).

- Debaeke, P. and Aboudrare, A.** 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy*, 21(4): 433-446.
- EnsafiMoghadam, T.** 2005. Effects climate on the agriculture production. *Journal of Agriculture Knowledge*, 14(3): 12-25
- FAO.** 2020. FAOSTAT. <http://www.fao.org/gIEWS/countrybrief/country.jsp?code=IRN>
- Jahangir, M.H. and Saranirad, M.** 2019. Evaluation of drought in South Khorasan province (Iran) using normal precipitation index (PNPI) and standardized method index (Z). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(4): 45-59. (In Persian).
- Karamoz, M. and Iraj nezhad, SH.** 2005. Advanced Hydrology. Second Edition, *Amir Kabir University of Technology, Polytechnic Publications*, pp. 464. (In Persian).
- Karimi, H., Zeidali, A. and Omidipour, R.** 2018. Evaluation the effect of standard precipitation index on the rainfed wheat yield in Ilam Province. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 9(4): 493-499.
- Kulshreshtha, S.N. and Klein, K.K.** 1989. Agricultural drought impact evaluation model: A systems approach. *Agricultural Systems*, 30(1): 81-96.
- Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari-Izzo, F.** 1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant physiology*, 119(3): 1091-1100.
- Moghaddam, M., Mazinani, M.A., Alavinia, S.S., Shakiba, M., Mehrabi, A. and Pouraboughaddareh., A.** 2012. Study of genetic diversity in *T. boeoticum* populations under normal and water deficit stress conditions. *Cereal Research*, 2(1): 17-30.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J.** 1993. January. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17(22): 179-183.
- Moghaddasi, M., Murid, S., Ghaemi, H., and Samani, A.** 2005. Daily monitoring of drought in Tehran province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36(1): 51-62.
- Naderi Zarnaghi, R., Valizadeh, M., and Fotovat, R.** 2014. Electrophoretic analysis of antioxidant enzymes activity under drought stress in winter wheat genotypes at tillage stage. *Cereal Research*, 4(3): 185-197
- Naderianfar, M.** 2010. The study of changes of qualitative and quantitative parameters of ground water resources under different climate conditions. M.Sc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Norwood, C.A.** 2000. Dryland winter wheat as affected by previous crops. *Agronomy Journal*, 92(1): 121-127.
- Tao, J., Zhongfa, Z., and Shui, C.** 2011. Drought Monitoring and Analysing on Typical Karst Ecological Fragile Area Based on GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10 (Part C): 2091-2096.
- Webster, N.** 1978. Webster's New Twentieth Century Dictionary. World Publ. Co. Inc, USA
- Willeke, K., Lin, X.J., and Grinshpun, S.A.** 1998. Improved aerosol collection by combined impaction and centrifugal motion. *Aerosol Science and Technology*, 28(5): 439-456.
- Willeke, G. E., Guttman, N. B., Hosking, J. R. M., and Wallis, J. R.** 1994. National drought atlas developed. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 75(8): 89-90.
- Wilhite, D.** 2005, *Drought and Water Crises, science, technology, and management issues*, CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- Wu, H., Hayes, M., Weiss, A. and Hu, Q.** 2001. An Evaluation of the standardized precipitation index, the china- index and the statistical -score. *International Journal of Climatology*, 21:745-758.
- Wu H., and Wilhite D.A.** 2004. An operational agricultural drought risk assessment model for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 33: 1-21
- Vicente-Serrano, S.M. and López-Moreno, J.I.** 2005. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrology and earth system sciences*, 9(5): 523-533.

Evaluation of drought impacts on irrigated and rainfed wheat yields in Bojnourd region

Mohammad Naderianfar^{1*}, Elham Heydari Gharae²

¹Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

²B.Sc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

*Corresponding Author: Naderian.mohamad@ujiroft.ac.ir

Received: 15 June 2021

Accepted: 2 September 2021

DOI: 10.22034/CSRAR.2021.290842.1096

Abstract

Drought is a slow-onset and creeping phenomenon that imposes many irreparable natural hazards and affects all climates. One of the important climatic consequences for agriculture is consecutive droughts that occur every few years and reduce the production yield, in particular under rainfed farming conditions. Therefore, this study was conducted to monitor droughts and the impact of agricultural drought on the strategic wheat crop under rainfed and irrigated cultivation conditions in the Bojnourd region. In this regard, to calculate the standardized drought indices i.e. Standardized Precipitation Index (SPI), Percent of Normal Index (PN), and Z-score Index (ZSI), rainfall statistics, and information of Bojnourd meteorological station during the period 2005 to 2019 were used. Likewise, to relate droughts to agricultural products, statistics and information on the area under cultivation, production, and yield of rainfed and irrigated wheat were used during the statistical period of 1983 to 2019. The results of Pearson correlation between drought indices and area under cultivation, production, and crop yield of rainfed and irrigated wheat indicated that the lowest ($r = 0.23$) and the highest ($r = 0.73$) correlation levels belonged to the ZSI index with irrigated yield and rainfed production with the PN index, respectively. Temporal changes in the area under cultivation of irrigated and rainfed wheat in Bojnourd region showed that the area under irrigated wheat crop cultivation decreased sharply over time (a negative slope for the trend line of the equation), which is mainly due to the decline in precipitations and droughts in the region causing irreparable damage to farmers. The results of variations in the SPI index on the harvest level from rainfed and irrigated fields indicated that the harvest level from rainfed and irrigated fields increased during the wet year while it decreased during droughts. However for irrigated cultivation, the reduction of irrigated crop yield was less severe over drought years probably due to the use of other methods of water supply for cultivation, including drilling illegal wells and deepening agricultural wells.

Keywords: Agricultural drought, Rainfed and irrigated cultivation, SPI Index, Wheat yield