

نقش مدیریت خاک از طریق مصرف کاه و کلش در تولید گندم دیم تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی در منطقه نیمه خشک

یونس مظلوم علی آبادی^۱، علی رضا واعظی^{۲*}، جعفر نیکبخت^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

چکیده

با مدیریت مناسب خاک می‌توان نقش منفی شرایط آب و هوایی سخت را در عملکرد محصول کاهش داد. به همین منظور در این پژوهش اثر مالچ کاه و کلش گندم بر عملکرد گندم در شرایط متفاوت آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش به مدت دو سال در چهار سطح مالچ کاه و کلش گندم (صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین به ترتیب برابر با صفر، ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) در کشتزار دیم در کرت‌های به ابعاد دو متر در پنج متر از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ اجرا شد. شرایط آب و هوایی با کمک دو شاخص بارش استاندارد (SPI) و شناسایی خشک‌سالی (RDI) در سری‌های زمانی سال آبی (اول مهر تا آخر شهریور ماه) و دوره رشد گیاه گندم (اول آبان تا آخر خرداد ماه) طی دوره آزمایش و دوره بلند مدت (۱۳۳۵-۱۳۹۵) تعیین شد. آنالیز تجزیه شاخص‌های SPI و RDI نشان داد طی دوره رشد گیاه گندم شرایط خشک‌سالی بسیار شدید و نرمال به ترتیب برای سال‌های اول و دوم اتفاق افتاد. در هر دو سال، مصرف کاه و کلش گندم موجب افزایش عملکرد محصول شد ($p < 0.001$). تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش در سال اول حدود ۳/۵ و در سال دوم حدود ۲ برابر عملکرد دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. نتایج نشان داد، استفاده از کاه و کلش گندم به‌عنوان یک راهکار مناسب اثرات قابل توجهی بر کاهش کم‌آبی به خصوص در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید دارد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، کاه و کلش گندم، رطوبت خاک، عملکرد محصول

مقدمه

شاخص‌ها تنها از متغیر بارندگی استفاده می‌کنند و خشک‌سالی را در مقیاس‌های زمانی ماهیانه و سالیانه مورد بررسی قرار می‌دهند که از آن جمله می‌توان به شاخص‌هایی هم چون SPI (شاخص بارش استاندارد)، DPI (شاخص دهک‌های بارندگی)، RAI (شاخص ناهنجاری‌های بارش)، RDI (شاخص شناسایی خشک‌سالی) و PNI (شاخص درصد نرمال) اشاره نمود. در پژوهش‌های مختلف از شاخص‌های برای بررسی شرایط آب و هوایی استفاده شده است. شکوهی (۱۳۹۱) موضوع خشک‌سالی را با شاخص‌های SPI و RDI در دوره زمانی ۱۹۶۰-۲۰۰۵ مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌دار میان دو شاخص در ارزیابی و پایش خشک‌سالی وجود ندارد، با این حال شاخص شناسایی خشک‌سالی در مورد خشک‌سالی‌های بسیار شدید، از حساسیت بیشتری برخوردار می‌باشد. سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی بهترین شاخص‌ها و متغیرهای آگروکلیمایی موثر در تولید گندم دیم و آبی را تعیین نمودند. بر اساس نتایج آن‌ها شاخص‌های کمبود بارش همبستگی قوی‌تری با عملکرد گندم در مقایسه با سایر شاخص‌ها داشت. یو و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر خشک‌سالی بر عملکرد گندم طی

خشک‌سالی یکی از پدیده‌های محیطی است که سالانه موجب وارد آمدن خسارات زیادی به جوامع انسانی می‌گردد. خشک‌سالی معلول یک دوره خشک غیرعادی است که به اندازه کافی تداوم داشته و تعادل در وضعیت هیدرولوژیکی منطقه را برهم می‌زند (Morid et al., 2007). این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل می‌کند و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی نمایان گردد. بنابراین چون تعیین دقیق زمان شروع این پدیده طبیعی کار مشکلی می‌باشد تا حدودی آن را یک پدیده خزنده می‌دانند (طالبی و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از اقدام‌های مهم و اساسی در مطالعات خشک‌سالی و ترسالی در هر منطقه، تعیین شاخص‌های کمی است. برخی از

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان

(Email: vaezi.alireza@gmail.com)

*- نویسنده مسئول:

مناطق خشک و نیمه خشک به صورت دیم می باشد، مناسب ترین راه- کار برای دستیابی به حداکثر عملکرد، مدیریت مناسب کشت (تناوب زراعی و انتخاب گیاه) و خاک (مالچ دهی و نوع خاکورزی) است. استفاده از مالچ کاه و کلش یکی از روش های مدیریتی در کشت گندم دیم می باشد، که توسط پژوهشگران متعددی بر روی متغیرهایی مانند بارش مؤثر، عملکرد گیاه، تبخیر-تعرق و رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفته است (Wang et al., 2016; Zhang et al., 2015; Kader et al., 2017). در این روش مدیریتی، اثبات شده است که استفاده از مالچ موجب بهبود آب قابل دسترس برای گیاه نیشکر (Awe et al., 2014) و ایجاد تعادل دمایی (Khan et al., 1988) در خاک می شود، که هر دو عامل بر رشد و عملکرد گیاهان مؤثر می باشند. سینکوسینیه و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تأثیر مالچ های آلی بر روی خصوصیات خاک (دما، رطوبت و عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم) و عملکرد محصول (کلم بروکلی) بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ پرداختند، نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای مالچ (کاه و کلش گندم، پیت، خاکاره) به شکل قابل توجه و معنی داری (Sinkevičiene et al., 2009) صفری و همکاران (۱۳۹۲) اثر مقادیر مختلف بقایای گندم و روش های خاکورزی (خاکورز مرکب با دو حرکت، گاواهن برگردان دار به همراه دو بار دیسک و بدون خاکورزی) و کاشت (گندم) بر خصوصیات فیزیکی و محتوای رطوبتی خاک را بررسی نموده و بیان کردند که افزایش حفظ بقایا با اجرای خاکورزی و کاشت حفاظتی سبب افزایش معنی دار رطوبت خاک می شود (رضایی-پور و همکاران، ۱۳۹۷). ین و همکاران (۲۰۱۶) طی پژوهشی بیان کردند که کشت نواری گندم -ذرت مخلوط با ترکیب فلیم های پلاستیکی و پوشش کاه بر روی سطح خاک موجب کاهش ۴/۶ درصدی تبخیر-تعرق کل نسبت به حالت شاهد خواهد شد، دمای خاک را تا عمق ۱۰ سانتی متری در فصل سرد ۱/۲۶ تا ۱/۳۱ درجه سانتی گراد و در فصل گرم ۱/۳۱ تا ۱/۵۱ درجه سانتی گراد کاهش می دهد (Yin et al., 2016).

در میان عوامل مختلف، عملکرد محصولات دیم مانند گندم و جو با شاخص های خشک سالی و عوامل آب و هوایی رابطه ای قوی دارد. با توجه به نتایج تحقیقات میزان ضرایب همبستگی در مدل ها عوامل آب و هوایی و اقلیمی متعددی بر رشد و عملکرد محصولات زراعی مؤثر می باشند. در مناطق نیمه خشک به دلیل بالا بودن ضریب تغییرات بارندگی و همچنین وقوع خشک سالی های پیاپی، مقدار تولید سالانه محصولات کشاورزی به ویژه محصولات گندم نوسانات بیشتری دارد. حفظ رطوبت خاک در هنگام وقوع خشک سالی یکی از مهم ترین شیوه های مدیریتی برای افزایش عملکرد می باشد. هدف از این پژوهش در گام نخست بررسی تغییرات آب و هوایی بر اساس شاخص های خشک سالی RDI و SPI

سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ پرداختند و بیان نمودند که خشک سالی های متوسط اگر در فصل زمستان اتفاق بیافتد اثر معنی داری بر عملکرد گندم زمستانه نخواهد داشت اما در مرحله به ساقه رفتن موجب ایجاد مشکل خواهد شد، همچنین گزارش کردند که با افزایش شدت خشک سالی عملکرد در گندم زمستانه کاهش می یابد (Yu et al., 2018). تیگ کاس و تاسکریس (۲۰۱۵) نیز طی پژوهشی در منطقه مدیترانه ای بیان کردند که بر اساس شاخص RDI طی مرحله ساقه رفتن بیشتر اثر خشک سالی بر عملکرد گندم قابل مشاهده است (Tigkas and Tsakiris., 2015). ساباو و همکاران (۲۰۱۵) طی پژوهشی به بررسی خشک سالی با شاخص های BDMI و SPI در بازه های زمانی متفاوت (سال آبی، سال هیدرولوژی، دوره رشد گندم، فصل سرد فصل گرم) پرداختند و بیان داشتند که شاخص SPI عکس شاخص BDMI به صورت زیادی از بازه زمانی تأثیر نمی پذیرد و در مقایسه با عملکرد جهت طراحی مدل پیش بینی عملکرد گندم بازه زمانی دوره رشد بهترین بازه می باشد (Sabau et al., 2015).

بارندگی، دما و رطوبت خاک و تابش خورشیدی مهم ترین متغیرهای هواشناسی مؤثر بر عملکرد محصولات زراعی هستند (Landau et al., 2000). شارات و همکاران (۲۰۰۳) به منظور تعیین مهم ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر تولید گندم، جو و یولاف در منطقه جنوب قطبی آلاسکا مطالعه ای انجام دادند. بر اساس نتایج آن ها تغییرات تعداد روزهای بین دو بارندگی در یک فصل رشد، کمبود بارندگی و دما می توانند ۷۰ درصد تغییرات محصول سالیانه را در تمام رقم ها توضیح دهد (Sharatt et al., 2003). ژیانو و همکاران تأثیر دما بر گندم زمستانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که افزایش دما باعث تغییر معنی داری در مراحل رشد و مصرف آب گندم زمستانه در مناطق نیمه خشک شمال غربی چین می شود (Xiao et al., 2010). زارکانی و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که با تغییر اقلیم در ۳۰ سال گذشته اثر معنی دار بین لگاریتم کمینه دما، بیشینه دما و بارندگی سالانه با عملکرد گندم وجود دارد ($p < 0.05$). مساعدی و همکاران (۱۳۹۴) همبستگی حدود ۷۰ درصدی بین عملکرد گندم و جو با عوامل آب هوایی (حداکثر و حداقل دما) را بیان کردند. فوگراسی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که عملکرد گندم طی چند دهه اخیر متأثر از خشک سالی می باشد و با توجه به مدل های پیش بینی عملکرد تا ۲۰۵۰ نیز کاهش عملکرد بر اثر خشک سالی مشاهده شد (Fogarasi et al., 2016).

علاوه بر عوامل آب هوایی، عوامل مدیریتی نیز بر عملکرد محصول اثر می گذارند. اگر مقدار بارندگی کمتر از نیاز آبی گیاه باشد، عملکرد واقعی بسیار کمتر از عملکرد بالقوه خواهد بود. علاوه بر این، مراحل رشد گیاه به شدت توسط خصوصیات خاک (بافت، ساختمان، نفوذپذیری و ماده آلی) و بارش تحت تأثیر قرار می گیرد (Scheierlin and Critchley., 2012). با توجه به این که کشت محصول در اغلب

بلوک‌های کامل تصادفی اجرا و مورد تحلیل قرار گرفت.

عملیات کشت گندم، اندازه گیری رطوبت و دمای خاک

گندم دیم رقم آذر ۲ در دو سال زراعی متوالی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در کشتزار دیم با شیب ۱۰ درصد در دانشگاه زنجان (عرض جغرافیایی ۳۸° ۴۱' ۱۵" شمالی و طول جغرافیایی ۲۳° ۲۳' ۴۸") با ارتفاع ۱۶۷۰ متر از سطح دریا کشت گردید. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت کشت در جدول ۱ آورده شده است. خاک کشتزار دارای بافت لوم شنی رسی با ماده آلی کم (حدود ۰/۵ درصد) و غیر شور ($EC=2/57dSm$) بود. به دلیل وجود کربنات کلسیم زیاد (۱۲/۶۵ درصد) خاک کشتزار از نوع آهکی بود. مقدار نیتروژن در خاک کشتزار بسیار اندک بود و مصرف نیتروژن رابرای تولید محصول بیشتر اجتناب ناپذیر نمود.

در منطقه نیمه‌خشک طی دوره کشت گندم و در گام دوم تغییرات عملکرد گندم تحت تأثیر روش مدیریتی (مالچ‌دهی) در شرایط متفاوت آب‌وهوایی (خشک‌سالی بسیار شدید و نرمال) بود.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش

آزمایش به صورت مزرعه‌ای در چهار سطح مصرف کاه و کلش گندم در کشتزار دیم به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۷) انجام گرفت. در مجموع ۱۲ کرت به ابعاد دو متر در پنج متر ایجاد شد. در پایان هر سال کشت با تحلیل داده‌های بارندگی، شرایط آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب در کنار عامل مدیریت خاک، عامل شرایط آب و هوایی نیز با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش

بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	pH	EC (dS/m)	ماده آلی (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر (mg/kg)
لوم رسی شنی	۶۰	۲۸	۱۲	۱/۳۱	۷/۷	۲/۵۷	۰/۵۲	۱۲/۶۵	۰/۰۴	۱۰/۴

گیاه، از منابع کودی سکوسترین و سولفات به صورت محلول‌پاشی در دو مرحله به گیاهان داده شد. محتوای آب و دمای خاک نیز به وسیله دستگاه TDR (Time-Domain Reflectometry) مدل IDR-100 در کرت‌های مورد بررسی در بازه‌های زمانی ۷ تا ۱۰ روز و بلافاصله بعد از هر بارندگی اندازه‌گیری شد (مظلوم علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۷). حسگرها در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری کار گذاشته شد.

تعیین عملکرد و اجزای عملکرد گندم

در اوایل تیرماه سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، پس از رسیدن کامل بوته‌های گندم، کل بوته‌های هر کرت آزمایشی به صورت دستی برداشت شده، سپس وزن زیست توده آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تعداد کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت شمارش گردیده و ۳۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و برای اندازه‌گیری عملکرد به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه عملیات جداسازی دانه‌ها از ساقه با دست صورت گرفته و در نهایت با اندازه‌گیری وزن آنها، میزان عملکرد دانه در ۳۰ بوته و نیز کل کرت تعیین شد (باقری و واعظی، ۱۳۹۶).

در هر دو سال آزمایش، قبل از عملیات کاشت در مهرماه، زمین به‌وسیله گاواهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس به منظور بهره‌مندی حداکثری از بارش‌های منطقه در طول دوره رشد گندم و حفظ رطوبت خاک، چهار سطح مالچ کاه و کلش گندم (صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین) به وسیله دستگاه خاک‌ورز مرکب در سطح خاک (عمق ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر) مخلوط گردید. مقدار ۶۰۰۰ کیلوگرم مالچ کاه و کلش برای یک هکتار به عنوان سطح کاه و کلش مالچ ۱۰۰ درصد پوشش سطح خاک در نظر گرفته شد (Jalota et al., 2001). کاشت بذرهای گندم دیم رقم آذر ۲ با تراکم ۸۰۰۰۰ بذر در هکتار و عمق ۵ سانتی‌متری زمین در اوایل آبان‌ماه به وسیله دستگاه ردیف‌کار خطی و در جهت کشت مرسوم منطقه (کشت موازی شیب) صورت گرفت. پس از اتمام کاشت، برای تفکیک تکرارهای هر تیمار و نیز جلوگیری از ورود آب اراضی پیرامون به درون ردیف‌های کشت و نیز خروج آب از آنها به بیرون با پشته‌بندی، کرت‌ها ایجاد شد. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در دو سال دوره پژوهش، در زمان کاشت بذر و نیز در ابتدای فصل بهار نیتروژن از منبع کود اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد. هم‌چنین هم‌زمان با کشت بذر کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار توسط دستگاه ردیف‌کار خطی به خاک افزوده شد. عناصر غذایی کم‌مصرف (نظیر آهن، منگنز و روی) طی دوره رشد

پس از محاسبه مقادیر استاندارد شده SPI، شرایط آب و هوایی هر یک از مقادیر SPI از طریق جدول ۲ حاصل می‌گردد (Hayes و همکاران، ۱۹۹۹).

جدول ۲- طبقه‌بندی شرایط رطوبتی هوا (خشک‌سالی و ترسالی) بر اساس SPI

مقادیر SPI	طبقه رطوبتی هوا (خشک‌سالی و ترسالی)
>۲	ترسالی خیلی شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشک‌سالی
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشک‌سالی شدید
<-۲	خشک‌سالی خیلی شدید

دومین شاخصی خشک‌سالی مورد استفاده در این پژوهش، شاخص شناسایی خشک‌سالی (RDI) بود. در این شاخص از دو پارامتر بارندگی و تبخیر-تعرق مرجع برای بیان کمی خشک‌سالی استفاده می‌گردد (Tsakiris and Vangelis., 2005). ساکریس و همکاران در بررسی شاخص RDI در دو حوضه در یونان طی دو بازه زمانی مختلف، به این نتیجه رسیدند که این شاخص می‌تواند به عنوان یک شاخص منطقی برای ارزیابی خشک‌سالی در مناطق با اقلیم متغیر مطرح شود. ایشان بیان داشتند اگر چه شاخص RDI عموماً رفتاری مشابه با شاخص بارش استاندارد شده دارد، اما این شاخص حساس‌تر و مناسب‌تر از شاخص SPI برای تعیین شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره‌های زمانی مختلف می‌باشد (Tsakiris et al., 2007). تشکیل سری زمانی مورد نظر در این شاخص، با کمک رابطه ۲ انجام می‌گیرد.

$$RDI = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}} \quad (2)$$

RDI: شاخص شناسایی خشک‌سالی، $\sum_{j=1}^k P_{ij}$: مجموع بارندگی

از ماه i تا ماه j (میلیمتر)، $\sum_{j=1}^k PET_{ij}$: مجموع تبخیر-تعرق مرجع از ماه i تا ماه j (میلیمتر). در این تحقیق برای محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق مرجع از روش تجربی هارگریوز-سامانی (رابطه ۳) استفاده گردید (زارع ایبانه و همکاران، ۱۳۹۴).

$$ET_0 = 0.0023(T_{mean} + 17.8) \times (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times R_a \quad (3)$$

تعیین شرایط آب و هوایی

پس از اتمام دوره کشت و نیز سال آبی در هر دو سال آزمایش، شرایط آب و هوایی (خشک‌سالی یا ترسالی) سال‌های آزمایش با کمک دو شاخص بارش استاندارد (SPI¹) و شناسایی خشک‌سالی (RDI²) تعیین شد. به این منظور از داده‌های (سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۷) هواشناسی ایستگاه هواشناسی سینوپیتیک زنجان که دارای طول و عرض جغرافیایی ۳۱° ۴۸' شرقی و ۳۹° ۳۶' شمالی و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا بود، به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه آزمایش، استفاده شد. جدول ۲ مشخصات ایستگاه هواشناسی زنجان و هم چنین دوره آماری مورد استفاده را نشان می‌دهد.

شاخص خشک‌سالی بارندگی استاندارد شده اولین بار توسط مک‌کی و همکاران از دانشگاه ایالت کلرادو در سال ۱۹۹۳ تدوین (McKee and Doesken., 1993) شد. اساس این شاخص احتمالات بارندگی برای هر مقیاس زمانی است. برای محاسبه این شاخص، باید مقادیر استاندارد شده سری بارندگی برای بازه‌های زمانی دلخواه (سه ماهه، شش ماهه و ...) با برازش یک توزیع مناسب مانند توزیع گاما و یا پیرسون تیپ سه تعیین گردد (آبکار و همکاران، ۱۳۸۹). تشکیل سری مورد هدف برای هر منطقه از طریق داده‌های بارندگی طولانی مدت ثبت شده، صورت می‌گیرد. سری زمانی بارش با کمک رابطه ۱، تشکیل می‌گردد.

$$P_k = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

در رابطه ۱، P_k : مقدار بارش تجمعی رخ داده در دوره محاسباتی (میلی‌متر)، P_i : مقدار بارش رخ داده در هر ماه (میلی‌متر) و n تعداد ماه‌های دوره‌های محاسباتی می‌باشد (مفیدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). پس از تشکیل سری آماری، توزیع آماری مناسب، بر سری تشکیل یافته برازش می‌گردد. بسیاری از پژوهش‌گران از جمله مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) در این زمینه توزیع گاما را پیشنهاد داده‌اند (مساعدی و قبايي‌سوق، ۱۳۹۱). در مرحله بعد، به منظور تعیین مقادیر SPI، مقادیر احتمال تجمعی به دست آمده از توزیع گاما برای تک تک داده‌های بارش در سری آماری، به توزیع نرمال استاندارد تجمعی (با میانگین صفر و انحراف از معیار یک) انتقال داده می‌شود. مقادیر حاصل از توزیع نرمال، مقادیر SPI می‌باشد (مساعدی و قبايي‌سوق، ۱۳۹۱). مقادیر SPI مثبت نشان‌دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن دارای معنای عکس است. طبق این روش دوره‌ی خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که مقادیر SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار منفی یک برسد (میرزایی و سبوع، ۱۳۹۰).

- 1- Standardized Precipitation Index
- 2- Reconnaissance Drought Index

آماری داده‌ها با کمک شاخص‌های چولگی و کشیدگی انجام شد. تأثیر تیمارهای مالچ کاه و کلس و شرایط آب و هوایی بر عملکرد دانه و زیست توده از طریق آنالیز واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین با آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه عملکرد دانه و زیست توده در دو سال مورد آزمایش با آزمون t جفتی انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات بارندگی در منطقه

جدول ۳ برخی پارامترهای آماری مربوط به مقادیر بارندگی سال‌های آبی و دوره رشد گندم در منطقه زنجان در طول ۶۲ سال آمار قابل دسترس را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳ نتیجه می‌شود که ۸۸ درصد بارندگی‌های منطقه زنجان در طول ۸ ماه آبان تا آخر خرداد رخ می‌دهد و فقط ۱۲ درصد آن در طول ماه‌های تابستان و مهر رخ می‌دهد به همین علت نیز مقادیر انحراف معیار و ضریب تغییرات بارش‌ها تقریباً برابر است. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین بارش‌ها در هر دو سری آماری در سال یکسان رخ داده است.

ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع (mm/day); R_a : آب معادل تشعشع برون زمینی (mm/day); T_{mean} : میانگین دمای هوا ($^{\circ}C$); T_{max} : حداکثر دمای هوا ($^{\circ}C$); T_{min} : حداقل دمای هوا ($^{\circ}C$). پس از تشکیل سری زمانی مقادیر RDI، بر اساس توصیه ساکاریس و ونگلیس (۲۰۰۵) با برازش توزیع لوگ‌نرمال بر داده‌های سری، مقادیر احتمال تجمعی آن‌ها محاسبه شد. در نهایت همانند روش SPI، با انتقال مقادیر احتمال تجمعی به دست آمده از توزیع لوگ‌نرمال به توزیع نرمال استاندارد تجمعی، مقادیر استاندارد شده RDI به دست آمد. با توجه به آن که شاخص RDI بر پایه مفاهیم شاخص SPI توسعه داده شده است، تفسیر نتایج آن در بازه‌های مختلف رطوبتی مشابه شاخص SPI با استفاده از جدول ۲ صورت می‌گیرد. در این پژوهش سری‌های زمانی تشکیل یافته برای محاسبه مقادیر SPI و RDI، شامل سال آبی (اول مهر ماه تا آخر شهریور) و دوره رشد گیاه گندم در منطقه زنجان (اول آبان تا آخر خرداد ماه) بود.

تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22.0 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بررسی نرمال بودن توزیه

جدول ۳. مشخصات آماری بارندگی سال‌های آبی و دوره رشد گندم در منطقه زنجان در طول دوره ۱۳۳۵-۱۳۹۷.

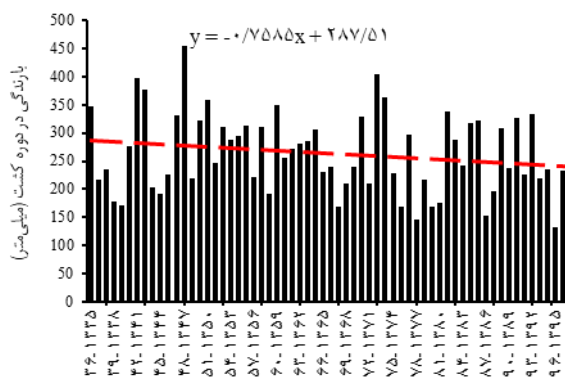
سری آماری	متوسط (mm)	انحراف معیار (mm)	ضریب تغییرات (%)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)
سال آبی	۳۰۰/۸	۷۱/۳	۲۳/۷	*۴۷۵/۹	**۱۷۲/۵
دوره رشد گندم	۲۶۴/۳	۷۰/۱	۲۶/۵	*۴۵۴/۴	**۱۴۵/۹

** سال آبی رخداد: ۱۳۷۷-۱۳۷۸

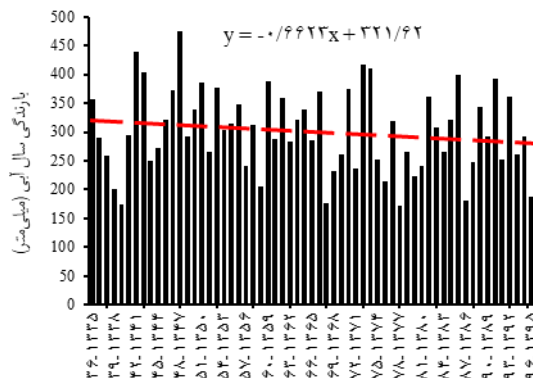
* سال آبی رخداد: ۱۳۴۷-۱۳۴۸

درصد). همان‌طور که اشاره شد به دلیل رخداد عمده بارش منطقه در طول ۸ ماه سال آبی (۸۸ درصد)، اختلاف روند کاهشی دو دوره محاسباتی نیز اندک می‌باشد (۱۰ درصد). حسینی و همکاران (۱۳۹۴) نیز روند کاهش برای مقدار بارش در شمال غرب کشور را گزارش کردند.

بررسی روند تغییرات مجموع بارندگی در طول سال آبی و دوره رشد گندم در منطقه زنجان برای دوره آماری ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد که در طول ۶۲ سال دوره آماری مورد بررسی (شکل ۱ و ۲)، روند بارندگی هم در طول سال‌های آبی و هم دوره‌های رشد گیاه گندم (اول آبان تا آخر خردادماه) کاهشی بود (به ترتیب ۳۴ و ۲۴



شکل ۲- تغییرات بارندگی در دوره کشت گندم در زنجان

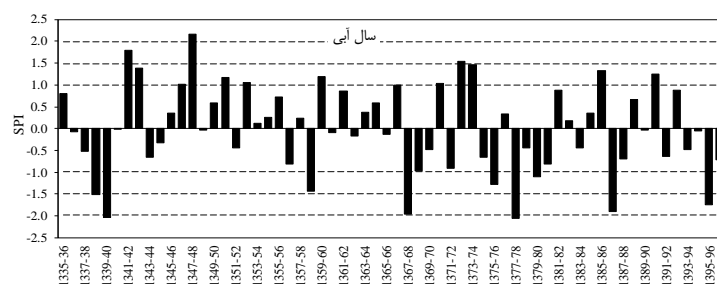


شکل ۱- تغییرات بارندگی در سال‌های آبی مختلف در زنجان

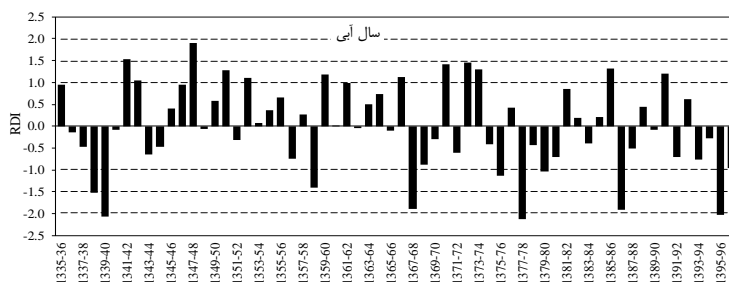
شاخص‌های خشک‌سالی

۴ آورده شده است. با توجه به شکل ۳ و جدول ۴، بر اساس هر دو شاخص SPI و RDI، در سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ دوره رشد گندم با خشک‌سالی بسیار شدید مصادف شد در حالی که این شرایط در سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ نرمال شد.

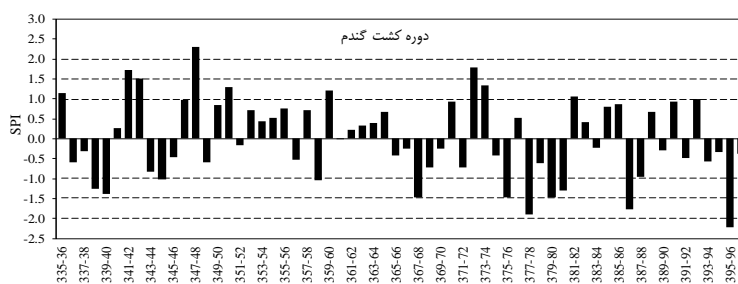
شکل ۳ مقادیر SPI (الف و ج) و مقادیر RDI (ب و د) محاسبه شده برای سال‌های آبی متفاوت و نیز دوره رشد گندم در طول دوره آماری قابل دسترس را نشان می‌دهد. هم‌چنین شرایط آب و هوایی سال‌های پژوهش که بر اساس دو شاخص فوق محاسبه شد در جدول



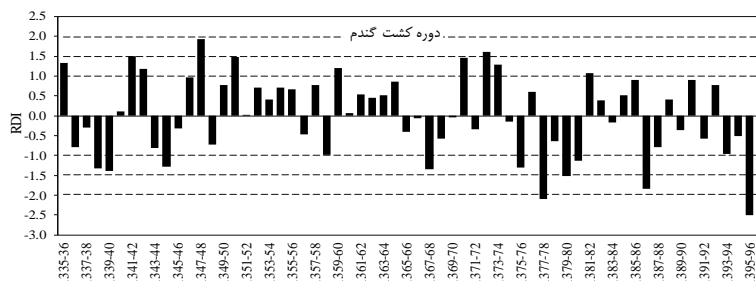
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۳- تغییرات شاخص‌های خشک‌سالی در منطقه زنجان طی دوره ۶۲ ساله (از ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۷).

بر اساس سال آبی (اول مهر ماه تا آخر شهریور) شاخص SPI (الف) و شاخص RDI (ب)، بر اساس دوره رشد گیاه گندم (اول آبان تا آخر خرداد ماه) شاخص SPI (ج) و شاخص

RDI (د)

جدول ۴- شرایط آب و هوایی سال آبی و دوره رشد گندم در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۷ بر اساس شاخص‌های SPI و RDI.

شاخص	۹۶-۱۳۹۵		۹۷-۱۳۹۶	
	سال آبی	دوره رشد گندم	سال آبی	دوره رشد گندم
SPI	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی بسیار شدید	نرمال	نرمال
RDI	خشک‌سالی بسیار شدید	خشک‌سالی بسیار شدید	نرمال	نرمال

گندم نسبت به متوسط بلندمدت کم‌تر بود اما تحت تأثیر خشک‌سالی شدید رخ داده در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶، اختلاف بارش‌ها از متوسط بلندمدت در هر دو دوره محاسباتی در این سال بیش‌تر بود.

میزان بارش رخ داده در سال‌های پژوهش حاضر با شرایط آب و هوایی متفاوت و نیز اختلاف آن با مقادیر متوسط طولانی مدت در جدول ۵ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که بارش‌های رخ داده در سال‌های پژوهش هم در طول سال آبی و هم در طول دوره رشد

جدول ۵- مقدار بارش در سال‌های آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۷ و اختلاف آن با مقادیر متوسط طولانی مدت در منطقه زنجان.

دوره محاسبه	۹۶-۱۳۹۵		۹۷-۱۳۹۶	
	مجموع بارش	اختلاف با متوسط بلندمدت	مجموع بارش	اختلاف با متوسط بلندمدت
	mm	Mm	Mm	mm
سال آبی	۱۸۸/۶۰	-۱۱۲/۲	۲۴۷/۳۳	-۵۳/۴
دوره رشد گندم	۱۳۲/۰۶	-۱۳۲/۳	۲۳۲/۴۹	-۳۱/۸

دست آمد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده شد به دلیل حاکم شدن شرایط خشک‌سالی شدید در سال آبی ۱۳۹۵-۱۳۹۶، مقدار بارندگی در طول سال آبی ۳۷/۳ درصد کم‌تر از میانگین بلندمدت بارندگی بود به همین دلیل نیز مقدار تبخیر-تعرق محاسبه شده در این سال (۱۳۸۴/۱ میلی‌متر) بیش‌ترین مقدار در طول دوره ۶۲ سال آماری مورد بررسی بود (جدول ۶). این مقدار ۱۱/۷ درصد بیش‌تر از متوسط بلندمدت در سال آبی بود (جدول ۷).

نتایج بررسی آماری مقادیر تبخیر-تعرق مرجع و درجه حرارت متوسط در دوره آماری ۱۳۳۵-۱۳۹۷ در منطقه زنجان در جدول ۶ آورده شده است. اختلاف بین مقادیر تبخیر-تعرق مرجع و درجه حرارت متوسط سالانه برای سال آبی و دوره رشد گندم به دلیل برداشت گندم قبل از شروع دوره گرما و فصل تابستان می‌باشد به طوری که متوسط مجموع تبخیر-تعرق مرجع در طول سال آبی ۶۰۹/۳ میلی‌متر (۹۶/۷ درصد) نسبت به دوره رشد گندم بیش‌تر به

جدول ۶- مشخصات آماری متوسط درجه حرارت و مجموع تبخیر-تعرق مرجع سال‌های آبی و دوره رشد گندم در طول دوره ۱۳۳۵-۱۳۹۷.

سری آماری	متوسط	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	حداکثر	حداقل
سال آبی	۱۱/۳	۱/۱	۹/۷	۱۳/۹*	۸/۳***
متوسط درجه حرارت (°C)	۷/۱	۴/۴	۱۹/۵	۱۰**	۳/۲***
سال آبی	۱۲۳۹/۷	۴۰/۸	۶/۵	۱۳۸۴/۱****	۱۰۸۴/۴***
مجموع تبخیر-تعرق مرجع (mm)	۶۳۰/۴	۵۳/۷	۴/۳	۷۳۱/۲**	۵۱۴/۲***

* سال آبی رخداد: ۱۳۹۶-۹۷ ** سال آبی رخداد: ۱۳۹۳-۹۴ *** سال آبی رخداد: ۱۳۷۰-۷۱ **** سال آبی رخداد: ۱۳۹۵-۹۶

درصد بیشتر از متوسط بلند مدت آن (۷/۱ درجه سانتی‌گراد) بود. مجموع تبخیر-تعرق مرجع نیز در دوره رشد گندم در سال اول (۷۱۴/۶ میلی‌متر) و سال دوم (۶۹۳/۴ میلی‌متر) به ترتیب ۱۳/۴ و ۱۰ درصد بیشتر از مقدار بلند مدت آن (۶۳۰/۴ میلی‌متر) بود. در حالت کلی بر اساس بررسی‌های فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که با رخداد شرایط خشک‌سالی، علاوه بر عدم تأمین کمبود رطوبت خاک در دیم‌زار از طریق بارندگی، رطوبت ذخیره شده از بارش‌های اندک نیز از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنابراین گیاه با تنش خشکی مواجه

با تحلیل شرایط آب و هوایی سال‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که رطوبت هوا و افزایش درجه حرارت دلیل اصلی افزایش تبخیر-تعرق در این سال‌ها بوده است که این مسئله به طور واضح از مقادیر و نتایج جدول ۷ نیز قابل استنتاج است. با توجه به جدول ۷، مقادیر درجه حرارت متوسط و نیز تبخیر-تعرق در هر دو سال پژوهش از مقدار متوسط طولانی مدت بیش‌تر است. به طوری که متوسط درجه حرارت در دوره رشد گندم در سال اول (۸/۹۴ درجه سانتی‌گراد) و دوم (۹/۸۵ درجه سانتی‌گراد) کشت گندم به ترتیب ۲۵/۹ و ۳۸/۷

شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد یا در برخی موارد به عملکرد اقتصادی منجر نمی‌شود. پس لازم است با اعمال مدیریت کشت مناسب سعی در حفظ رطوبت خاک در دیم‌زارها گردد.

جدول ۷- متوسط درجه حرارت و مجموع تبخیر-تعرق مرجع در سال‌های پژوهش و اختلاف آن با مقادیر بلند مدت در منطقه زنجان.

۹۷-۱۳۹۶		۹۶-۱۳۹۵		دوره محاسبه	
مقدار	اختلاف با متوسط بلندمدت	مقدار	اختلاف با متوسط بلندمدت	مقدار	مقدار
۲/۶	۱۳/۸۷	۲/۰	۱۳/۳۵	سال آبی	متوسط درجه حرارت (°C)
۲/۸	۹/۸۵	۱/۹	۸/۹۴	دوره رشد گندم	
۱۱۹/۸	۱۳۵۹/۵	۱۴۴/۵	۱۳۸۴/۱	سال آبی	مجموع تبخیر-تعرق مرجع (mm)
۶۳	۶۹۳/۴	۸۴/۲	۷۱۴/۶	دوره رشد گندم	

کشتزارهای دیم می‌باشد. ماهیتها و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که در کشتزارهای دیم مصرف مالچ بقایای گیاهی موجب افزایش محتوای رطوبتی خاک و عملکرد گیاه می‌شود (Mahitha et al., 2014). صرف‌نظر از سطوح مالچ کاه و کلش نیز مقادیر عملکرد زیست‌توده و دانه گندم متأثر از شرایط آب و هوایی بود ($p < 0.001$). که مقادیر بیشتر عملکرد در شرایط آب و هوایی نرمال مشاهده شد. سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که عملکرد گندم دیم به شدت متأثر از بارش‌های بهاره (فروردین و اردیبهشت ماه) می‌باشد.

تغییرات عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت خاک در شرایط متفاوت آب و هوایی

نتایج بررسی عملکرد گندم در شرایط متفاوت آب و هوایی و سطوح مختلف مالچ کاه و کلش نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < 0.001$) از لحاظ مقادیر زیست توده و عملکرد دانه گندم در سطح کرت‌های کشت شده وجود دارد (جدول ۸). بررسی اثر متقابل دو متغیر نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در عملکرد وجود دارد ($p < 0.05$). این موضوع نشان دهنده کارآمد بودن کاربرد مالچ کاه و کلش به عنوان یک روش مدیریتی در راستای ارتقای عملکرد در

جدول ۸- تجزیه واریانس اثرات شرایط آب و هوایی و سطوح مالچ کاه و کلش بر عملکرد گندم

متغیر	عملکرد	درجه آزادی	میانگین مربعات
شرایط آب و هوایی	زیست توده	۱	۱۳۴۹۴۷۵۱***
	دانه	۱	۳۳۶۴۹۵***
سطح کاه و کلش	زیست توده	۳	۳۴۷۴۶۲۳***
	دانه	۳	۳۲۷۴۸۹۲***
سطح کاه و کلش × شرایط آب و هوایی	زیست توده	۳	۴۵۶۴۸۹***
	دانه	۳	۱۳۴۷۷*

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری.

از جمله آن‌ها می‌توان بارندگی، دمای هوا و تبخیر و تعرق می‌باشد (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). مساعدی و کاهه (۱۳۸۷) بیان کردند که بارندگی‌های آبان، آذر و خرداد به شدت بر عملکرد گندم در شرایط دیم تأثیر گذار می‌باشد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردند که بارندگی و تبخیر-تعرق نقش مؤثری در عملکرد محصولات دیم دارند (Norwood., 2000; Schlegel et al., 2017).

بررسی نتایج عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی متفاوت استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌دار ($p < 0.001$) وجود دارد (جدول ۹). میانگین عملکرد زیست‌توده و دانه گندم در شرایط آب و هوایی نرمال (به ترتیب ۲۳۵۷ و ۱۱۴۹ کیلوگرم) هر دو حدود ۲/۵ برابر بیشتر از شرایط آب و هوایی خشک‌سالی بسیار شدید (سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶) شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملکرد گندم متأثر از شرایط آب و هوایی و پارامترهای هواشناسی می‌باشد که

جدول ۹- مقایسه زیست توده و عملکرد دانه گندم در دو شرایط آب و هوایی با استفاده از آزمون t جفتی

متغیر عملکرد	میانگین	میانگین خطا	T	درجه آزادی	سطح معنی داری
زیست توده	-۱۴۹۹	۱۷۳	-۸	۲۲	۰/۰۰۱
عملکرد	-۷۳۸	۹۲	-۸/۰۱	۲۲	۰/۰۰۱

خاک و بهبود دمای خاک شده است (شکل ۵). بیشترین کاهش دما در هر دو شرایط آب و هوایی خشک‌سالی بسیار شدید و نرمال در تیمار ۱۰۰ درصد سطح مصرف کاه و کلش (به ترتیب برابر با چهار و پنج درصد) نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین افزایش در مقدار رطوبت خاک نیز با افزایش ۲۱ درصدی در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید و با افزایش ۲۵ درصدی در شرایط نرمال در تیمار ۱۰۰ درصد سطح مصرف کاه و کلش مشاهده شد. این نتایج هم‌سو با نتایج سایر محققین می‌باشد (Liu et al., 2017؛ رضایی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به شرایط آب و هوایی و بر اساس نتایج عملکرد می‌توان بیان نمود که استفاده از مالچ کاه و کلش به عنوان یک راهکار مدیریتی خاک مناسب می‌باشد. بیشترین مقدار افزایش رطوبت و تعدیل دما در شرایط آب و هوایی نرمال اتفاق افتاد اما کارایی بیشتر این مدیریت در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید که تبخیر-تغرق و دمای بالا وجود دارد، با افزایش ذخیره رطوبتی و بهبود دمای خاک موجب بهبود عملکرد گیاه در شرایط دیم می‌شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مقدار بارندگی طی دوره دو ساله مورد بررسی (۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷) نسبت به میانگین دراز مدت (از ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵) در سال آبی، ۳۴ درصد و در دوره کشت گندم دیم ۲۴ درصد کاهش داشت. بررسی شاخص‌های خشک‌سالی نشان داد که مقدار بارندگی در دوره رشد گندم در سال اول (۱۳۹۶-۱۳۹۵) ۵۰ درصد کاهش و در سال دوم (۱۳۹۷-۱۳۹۶)، ۱۲ درصد کاهش نسبت به دوره بلند مدت داشت. مقادیر درجه حرارت متوسط و نیز تبخیر-تغرق طی دوره رشد در سال اول به ترتیب ۲۶/۴ و ۱۳/۴ درصد و در سال دوم به ترتیب ۳۹/۲ و ۱۰ درصد بیش‌تر مقدار بلند مدت آن‌ها بود. طی دوره کشت گندم دیم بر اساس شاخص‌های SPI و RDI در سال اول خشک‌سالی بسیار شدید و در سال دوم شرایط نرمال حاکم شد. مقایسه عملکرد گندم در دو سال دوره کشت نشان داد که کاربرد کاه و کلش گندم اثر مثبت و معنی‌دار بر افزایش عملکرد زیست توده و دانه داشت ($p < 0.05$). سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ و کلش (معادل ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین افزایش را در مقدار زیست توده و عملکرد دانه نشان داد. در این تیمار در سال اول کشت (خشک‌سالی بسیار شدید) افزایش حدود ۲/۵ برابر عملکرد زیست توده و ۳/۵ برابر عملکرد دانه گندم نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و در سال

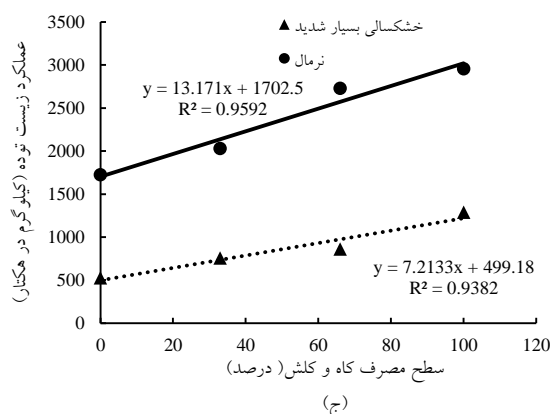
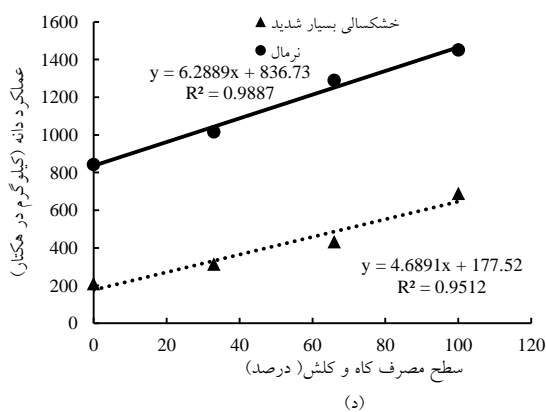
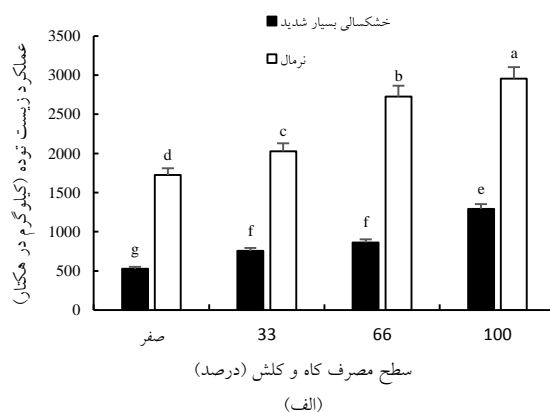
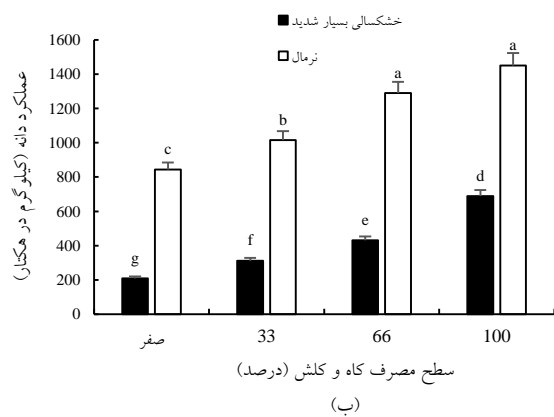
نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده در هر دو شرایط آب و هوایی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش و بیشترین مقدار عملکرد دانه در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش و در شرایط نرمال نیز مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش بود. لیو و همکاران نیز نشان دادند که استفاده از کاه و کلش در خاک سبب کاهش دمای خاک و افزایش ذخیره رطوبت خاک می‌شود که موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه گندم زمستانی خواهد شد (Liu et al., 2017). بررسی عملکرد زیست توده در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید نشان‌دهنده کارآمد بودن استفاده از کاه و کلش است. با توجه به شرایط آب و هوایی نامساعد در این دوره، عملکرد زیست توده در تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش (میانگین ۱۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲/۵ برابر بیشتر از تیمار مالچ صفر درصد (میانگین ۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) (شاهد) بود (شکل ۴-ب). عملکرد دانه گندم نیز در تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش (میانگین ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار) حدود ۳/۵ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-الف). بررسی شرایط نرمال نیز نشان‌دهنده کارآمد بودن تیمار مالچ کاه کلش است. در شرایط نرمال بیشترین عملکرد زیست توده (میانگین ۲۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) و دانه گندم (میانگین ۱۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش بود که افزایش حدود ۲ برابری نسبت به تیمار شاهد (به ترتیب با میانگین ۱۷۲۴ و ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار) داشت (شکل ۴).

در هر دو شرایط آب و هوایی (خشک‌سالی بسیار شدید و نرمال) تفاوت معنی‌دار میان مقادیر مختلف مصرف کاه و کلش از نظر عملکرد دانه وجود داشت. عملکرد دانه در شرایط نرمال در سطح ۶۶ درصد مصرف کاه و کلش تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش نداشت. این دو سطح مصرف کاه و کلش تفاوت معنی‌دار با سطوح کم‌تر مصرف کاه و کلش از نظر عملکرد داشتند (شکل ۴). همچنین بررسی رابطه خطی عملکرد زیست توده و دانه گندم با سطح مصرف مالچ کاه و کلش نشان داد که همبستگی معنی‌داری در هر دو شرایط متفاوت آب و هوایی وجود دارد (شکل ۴). در شرایط آب و هوایی نرمال به دلیل مساعد بودن شرایط رطوبتی در خاک، مقدار افزایش عملکرد زیست توده و دانه گندم با افزایش سطح مصرف کاه و کلش با شیب تندتری اتفاق افتاد.

بررسی وضعیت رطوبت و دمای خاک نشان داد که استفاده از مالچ کاه و کلش به عنوای یک روش مؤثر موجب افزایش رطوبت

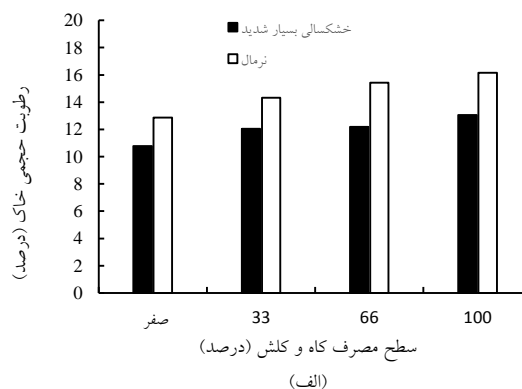
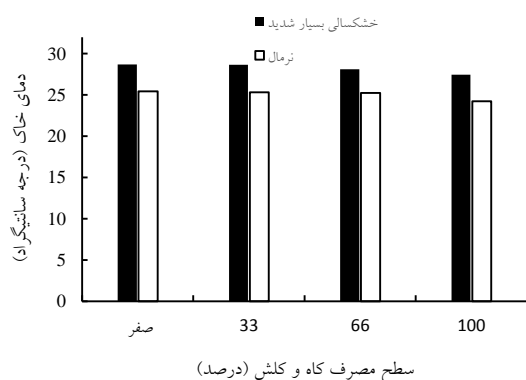
توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که استفاده از کاه و کلش گندم در هر دو شرایط آب و هوایی به‌ویژه در شرایط خشک‌سالی بسیار شدید، راه‌کاری اساسی در حفظ رطوبت خاک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول در کشتزار دیم گندم است.

دوم کشت نرمال (شرایط آب و هوایی نرمال) نیز عملکرد زیست‌توده و عملکرد گندم حدود ۲ برابر افزایش یافت. بیشترین مقدار افزایش رطوبت خاک و تعدیل دمای خاک نیز برای هر دو شرایط آب و هوایی در تیمار سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش مشاهده شد. با



شکل ۴- میانگین و رابطه عملکرد گندم تحت تأثیر مصرف مالچ در دوره کشت، عملکرد زیست توده (الف)، عملکرد دانه (ب)، رابطه عملکرد زیست توده (ج) و رابطه عملکرد دانه (د).

میانگین‌های با حروف غیرمشابه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ۵- میانگین مقادیر رطوبت (الف) و دمای خاک (ب) در شرایط متفاوت آب و هوایی در کرت‌های تحت کشت گندم

منابع

- احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.ا.، عبادزاده، ح.ر.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ.، رفیعی، م. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴.
- باقری، م.، واعظی، ع.ر. ۱۳۹۶. عملکرد دانه گندم و محتوای رطوبتی خاک تحت تأثیر فاصله ردیف و جهت شخم در کشتزار دیم. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴: ۵: ۲۱۱-۲۲۶.
- حسینی، س.ب.، دین‌پژوه، ی.، نیکبخت، ج. ۱۳۹۴. تحلیل خشک-سالی‌های شمالغرب ایران با روش شاخص اکتشاف خشک سالی. نشریه آب و خاک. ۲۹: ۲: ۲۹۵-۳۱۰.
- رضایی‌پور، س.، واعظی، ع.ر.، باباکبری، م. ۱۳۹۷. مطالعه تأثیر مالچ کاه و کلش گندم بر نگهداشت رطوبتی خاک در شرایط دیم. تحقیقات خاک و آب ایران. ۴۹: ۵: ۹۵۵-۹۶۴.
- زارع ایبانه، ج.، قبائی سوق، م.، مساعدی، ا. ۲۰۱۵. پایش خشک‌سالی بر مبنای شاخص بارش-بخیروتعرق استاندارد شده (SPEI) تحت تأثیر تغییر اقلیم. مجله آب و خاک. ۲۹: ۲: ۳۷۴-۳۹۲.
- زرعکائی، ف.، کمالی، غ.و.، چیدری، ا. ۱۳۹۳. اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی خراسان شمالی). بوم‌شناسی کشاورزی، ۲: ۳۱۰-۳۰۱.
- سبزی‌پرور، ع.ا.، ترکمان، م.، مریانجی، ز. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر شاخص‌ها و متغیرهای هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه گندم (مطالعه موردی: استان همدان). مجله آب و خاک. ۲۶: ۶: ۱۶۵۴-۱۶۶۷.
- شکوهی، ع. ۱۳۹۱. مقایسه شاخص‌های RDI و SPI برای تحلیل در مقیاس ایستگاهی با تکیه بر خشک‌سالی کشاورزی (مطالعه موردی قزوین: تاکستان). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آب و آبیاری. ۳: ۹: ۱۱۱-۱۲۱.
- فرج زاده اصل، م.، کاشکی، ع.، شایان، س. ۱۳۸۸. تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی). برنامه‌ریزی و آمایش فضا. ۱۳: ۲: ۲۲۷-۲۵۷.
- صفری، ا.، آسودار، م.ا.، قاسمی‌نژاد، م.، ابدالی مشهدی، ع.ر. ۱۳۹۲. تأثیر حفظ بقایا، روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و کاشت بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳: ۲: ۴۹-۵۹.
- مساعدی، ا.، محمدی مقدم، س.، قبائی سوق، م. ۱۳۹۴. مدل‌سازی عملکرد گندم و جو دیم بر اساس شاخص‌های خشک‌سالی و متغیرهای هواشناسی. مجله آب و خاک. ۲۹: ۳: ۷۳۰-۷۴۹.
- مساعدی، ا.، کاهه، م. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر بارندگی بر عملکرد گندم و جو در استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵: ۴: ۲۰۶-۲۱۸.
- مظلوم علی‌آبادی، ی.، واعظی، ع.ر.، نیکبخت، ج. ۱۳۹۷. تغییرات زمانی رطوبت خاک تحت تأثیر بارندگی و دما در شرایط آیش و کشت در کشتزار دیم. ۸: ۲: ۱۳۵-۱۴۸.
- میرزایی، ع. ا و سبغه، غ. ۱۳۹۰. نرم افزار های تخصصی مهندسی آب. انتشارات کیان رایانه سبز. چاپ اول.
- Awe, G.O., Reichert, J.M., Timm, L.C and Wendroth, O.O. 2014. Temporal processes of soil water status in a sugarcane field under residue management. *Plant Soil*. 387:395-411.
- Brady, N.C and Weil, R. R. 2002. The nature and properties of soils, 13th. Pearson education (Singapore) Pte. Ltd. Indian Branch. 482:621-624.
- Fogarasi, J., Kemény, G., Molnár, A., Keményné Horváth, Z., Nemes, A and Kiss, A. 2016. Modelling climate effects on Hungarian winter wheat and maize yields. *Studies in Agricultural Economics*. 118. 2:85-90.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A and Vanyarkho. O.V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 80.3:429- 437.
- Jalota, S.K., Khera, R and Chahal, S.S. 2001. Straw management and tillage effects on soil water storage under field conditions. *Soil Use and Management*. 17.4:282-287.
- Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A., Onishi, T and Ito, K. 2017. Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (*Glycine max*) cultivation. *Paddy and Water Environment*. 15.3:359-368.
- Khan, M.J., Monke, E.J and Foster, G.R. 1988. Mulch cover and canopy effect on soil loss. *Transactions of the ASAE*. 31.3:706-0711.
- Landau S., Mitchell R.A.C., Barnett V., Colls J.J., Craighon J., Moore K.L and Payne R.W. 2000. A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. *Agricultural and Forest Meteorology*. 101:151-166.
- Liu, X., Ren, Y., Gao, C., Yan, Z and Li, Q. 2017. Compensation effect of winter wheat grain yield

- Subarctic Region of the United States. *Arctic Journal*. 56.3:219–226.
- Sinkevičiene, A., Jodaugiene, D., Pupaliene, R., Urboniene, M. 2009. The influence of organic mulches on soil properties and crop yield. *Agronomy Research*. 7.1:485-491.
- Tigkas, D and Tsakiris, G. 2015. Early estimation of drought impacts on rainfed wheat yield in Mediterranean climate. *Environmental Processes*. 2.1:97-114.
- Tsakiris, G and Vangelis, H. 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *Journal of European Water*. 9.10:3-11.
- Tsakiris, G., Pangalou, D and Vangelis, H. 2007. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Journal of Water Resources Management*. 21.5:821-833.
- Vangelis, H., Tigkas, D and Tsakiris, G. 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation. *Journal of Arid Environments*. 88:130–140.
- Xiao G., Zhang Q., Li Y., Wang R., Yao Y., Zhao H and Bai, H. 2010. Impact of temperature increase on the yield of winter wheat low and high altitudes in semiarid northwestern china. *Agricultural Water Management*. 97:1360–1364.
- Yu, H., Zhang, Q., Sun, P and Song, C. 2018. Impact of droughts on Winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in eastern China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9.3: 376-391.
- Zhang, G.S., Hu, X.B., Zhang, X.X. and Li, J. 2015. Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid-Yunnan plateau, China. *Soil and Tillage Research*. 145:111-117.
- reduction under straw mulching in wide-precision planting in the North China Plain. *Scientific Reports*. 7.1:213-223.
- Mahitha, B., Ramulu, V., Kumar, K.A and Devi, M.U. 2014. Effect of land configurations and mulches on soil moisture conservation, growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under rainfed conditions. *The Journal of Research PJTSAU*. 42:3.87-91.
- McKee T.B and Doesken N.J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eight Conference on Applied Climatology*. Anaheim, CA, American Meteorological Society. 179-185.
- Mohammed, S.A.A. 2013. Contribution of weed control and tillage systems on soil moisture content, growth and forage quality of (*Clitoria* and *Siratro*) mixture under-rainfed conditions at Zalingei – western Darfur state – Sudan. *ARPJN Journal Science Technol*, 3:80-95.
- Morid, S., Smakhtinb, V and Bagherzadehc, K. 2007. Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *International Journal of Climatology*. 27:2103–2111.
- Norwood, C. 2000. A dry land winter wheat as affected by previous crops, *Agronomy Journal*. 92.1:119-127.
- Sabău, N.C., Man, T.E., Armaş, A., Balaj, C and Giru, M., 2015. Characterization of agricultural droughts using standardized precipitation index (spi) and bhalme-mooley drought index (bdmi). *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)*. 14.6:1441-1454.
- Schlegel, A.J., Assefa, Y., Haag, L.A., Thompson, C.R., Holman, J.D and Stone, L.R. 2017. Yield and soil water in three dryland wheat and grain sorghum rotations. *Agronomy Journal*. 109.1:227-238.
- Sharatt B.S., Knight C.W. and Wooding, F. 2003. Climatic impact on small grain production in the

The Role of Soil Management Using Straw Mulch Application in Rainfed Wheat Production under Various Climatic Condition in a Semi-arid Area

Uones Mazllom Aliabadi¹, Ali Reza Vaezi^{2*} and Jafar Nikbakht³

Recived: Des.15, 2018

Accepted: Apri.15, 2019

Abstract

Negative effects of sever climate conditions can be controlled by suitable soil management. Toward, this study was conducted to determine the role of wheat straw mulch in wheat yield in rainfed land in semi-arid region under different climate conditions. Four wheat straw mulches consist of 0, 33, 66, 100 % of surface cover (About 0, 2, 4 and 6 ton per hectar) were applied in crop plots with a dimension of 2m×5m during two growth year from 2016 to 2018. Climatic condition was assumed by Standardized Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI) for the wheat growth period and hydrological year both during a 2-year study period and long period from 1956 to 2016. Significant increases were observed with straw mulch applied in two study growth years ($P \leq 0.001$). Wheat grain yields increased about 3.5 and 2 times in 100 % straw mulch level applied (equivalent with 6 tha^{-1}) as compared with counter treatment (0 %) in the first and second year, respectively. This result revealed that the application of straw mulch is a sustainable strategy to decline water deficit especially during extremely dry years in rainfed lands.

Keyword: Evapotranspiration, Wheat straw, Soil moisture, crop Yield

1- Ph.D. Student., Department. of Soil Science, University of Zanjan, Iran

2- Professor., Department. of Soil Science, University of Zanjan, Iran

3- Associate Prof., Department. of Water Engineering, University of Zanjan, Iran

(*- Corresponding Author email: vaezi.alireza@gmail.com)