

## بررسی توزیع رطوبت خاک و عملکرد چند گیاه زمستانه در تناوب با گندم

علیرضا کیانی<sup>۱\*</sup> و عباسعلی نوری نیا<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۹

### چکیده

آزمایشی شامل شش نوع تناوب به همراه شش رقم گندم با استفاده از کرت‌های نواری در سه تکرار بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۰ به اجرا در آمد. مقاله حاضر بخشی از نتایج طرح فوق بوده که به بررسی تغییرات عملکرد و توزیع رطوبت نیم‌رخ خاک در چند گیاه زمستانه می‌پردازد. نتایج نشان داده است که کشت کلزا و باقلا به جای گندم از مزیت نسبی بالاتری برخوردار بوده و کشت جو مزیتی نسبت به گندم ندارد. گندم در شرایط آبی و دیم، در انتهای فصل عمده رطوبت موجود در خاک را تخلیه نموده و شرایط رطوبتی در خاک مناسب کشت بعدی نخواهد بود. باقلا و کلزا به دلیل اینکه زودتر از گندم کاشته می‌شوند و هم‌چنین زودتر هم برداشت می‌شوند، نسبت به کشت مداوم گندم مزیت نسبی بالاتری دارند. به طوری که در سال دوم، سوم و چهارم در زمین تحت کشت باقلای آبی در انتهای فصل به ترتیب در حدود ۰.۷۳، ۳۰ و ۱۸ میلی‌متر رطوبت در خاک بیش‌تر از زمین تحت کشت گندم باقی مانده و قابل استفاده برای کشت تابستانه است.

واژه‌های کلیدی: آب سبز، آبیاری تکمیلی، گلستان، گندم

### مقدمه

دنیا بازی می‌کند، به طوری که این روش هم‌اکنون ۸۰ درصد مناطق تحت کشت دنیا و ۶۰ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص داده است (Harris., 1991). بعضی از گیاهان پاییزه مانند ماش، عدس، کلزا ... دوره رشد کوتاهی دارند و زودتر از گندم برداشت شده و در نتیجه مقداری از رطوبت را برای کشت بعدی در خاک باقی می‌گذارند. لگوم‌ها در تناوب غلات می‌توانند باعث بهبود مواد آلی و خواص فیزیکی شوند (Aslam and Mahmood., 2003). بررسی ویس نشان داده است که تناوب گندم - کلزا در مقایسه با کشت مداوم گندم باعث افزایش نیتروژن معدنی و در نتیجه عملکرد گندم شد. در همین پژوهش گزارش شده است که گیاه علوفه‌ای چچن به- دلیل اینکه زودتر از گندم برداشت می‌شود، در انتهای فصل رطوبت بیش‌تری نسبت به گندم در خاک باقی می‌گذارد (Wiese., 2013). گزارش شده است که در رژیم‌های مرطوب نرخ کاهش رطوبت در خاک به مراتب بیش‌تر از رژیم‌های خشک است (Odindi and Kakembo., 2011). نتایج بررسی ۹ ساله در منطقه تل‌هادیای سوریه نشان داده است که کشت نخود و عدس نسبت به شرایط آیش رطوبت بیش‌تری در خاک برای گیاهان بعدی ذخیره نموده است. حداکثر عملکرد گندم مربوط به تناوب با هندوانه و آیش و معادل ۲۳۹۰ kg/ha و حداقل عملکرد گندم مربوط به تناوب گندم بعد از گندم و برابر با ۱۰۸۹ kg/ha بود (Pala., 1996). عارف و مالک ۱۰ الگوی کشت در شرایط دیم را در سه منطقه با بارش‌های مختلف از

رعایت تناوب و تدوین الگوی بهینه کشت بر اساس منابع محدود (خصوصاً آب) مهم‌ترین عملیاتی است که کشاورزان می‌توانند شرایط موجود را به نفع حفظ پایداری تولید تغییر دهند. عمده‌ی سیاست‌گذاری‌های مربوط به آب در بخش کشاورزی تمرکز روی استخراج بیش‌تر، تخصیص و مدیریت آب‌های جاری مانند جریان آب رودخانه‌ها و جریان آب زیرزمینی (آب آبی) بوده و بحران جهانی آب نیز در این دامنه قرار دارد و کم‌تر به مدیریت ذخایر موجود آب در نیم‌رخ خاک (آب سبز) پرداخته شده است (Rockström and Barron., 2007). به همین دلیل مطالعات دانشمندان روی اهمیت آب سبز در تأمین امنیت غذایی خصوصاً پایداری تولید در اراضی دیم گرایش پیدا کرده است (Rockström et al., 2007). سهم آب سبز در کل آب مجازی روی گیاهان گندم، ذرت و سویا در آمریکا نشان داده است که سهم آب سبز نسبت به آب آبی در تولید گیاهان فوق به ترتیب معادل ۱/۵، ۴/۹ و ۳/۷ برابر می‌باشد (Aldaya et al., 2008). آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف

۱- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان  
۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان  
(\*) - نویسنده مسئول: (Email: akiani71@yahoo.com)

نیاز گیاهان و هم در تولید، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. این پژوهش نیز با هدف بررسی تغییرات رطوبت خاک تحت تناوب‌های مختلف کشت با گندم انجام شد.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر نظام‌های تناوب زراعی بر توزیع رطوبت خاک و عملکرد ارقام گندم به مدت چهار سال (۹۰-۱۳۸۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا شد. در این آزمایشه عامل تناوب، رقم و آبیاری با استفاده از طرح کرت‌های نواری (Strip Plot) بر مبنای طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شدند. در کرت‌های افقی شش نظام تناوبی شامل: ۱- گندم / سویا، ۲- گندم / ذرت، ۳- گندم / شخم تابستانه - کلزا / سویا - کلزا / ذرت - جو / ذرت، ۴- گندم / ذرت - کلزا / پنبه - ماشک / ماش - کلزا / سویا، ۵- گندم / شخم تابستانه - کود سبز / آیش - کلزا / سویا - باقلا / پنبه و ۶- گندم / کودسبز - جو / پنبه - باقلا / ذرت - کلزا / سویا و در کرت‌های عمودی نیز شش ژنوتیپ گندم شامل ارقام ۱- تجن، ۲- مروارید، ۳- مغان، ۴- آرتا، ۵- دریا و ۶- N-80-19 در دو شرایط آبیاری تک‌میلی و بدون آبیاری با یکدیگر مقایسه شدند. ابعاد کرت‌ها ۷/۵ در ۱۵ متر در نظر گرفته شدند. بعضی مشخصات فیزیکی خاک قطعه زمین محل اجرای آزمایش در جدول (۱) خلاصه شده است. در سال‌های اول، دوم، سوم و چهارم آزمایش گندم به ترتیب در تاریخ‌های ۸۶/۹/۲۹، ۸۷/۱۰/۲۲، ۸۸/۱۰/۱ و ۸۹/۱۰/۳ کاشته شده و در تاریخ‌های ۸۷/۳/۲۰، ۸۸/۳/۲۲، ۸۹/۳/۱۷ و ۹۰/۳/۲۵ برداشت شد.

نظر ذخیره رطوبت در خاک و بازده اقتصادی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داده است که بالاترین رطوبت ذخیره شده در خاک مربوط به گیاهان بادام زمینی و کلزا و به ترتیب در حدود ۱۳/۶ و ۱۳/۴ درصد حجمی بود. آن‌ها برای مناطق با بارش زیاد (حدود ۷۰۰ میلی‌متر در سال) پیشنهاد کردند که در تابستان به جای آیش بهتر است آفتابگردان و ماش به صورت مخلوط کشت گردند تا بالاترین سود اقتصادی حاصل گردد (Arif and malik., 2008). دیوید و همکاران گزارش کردند که کشت مداوم گندم و یا حذف آیش از الگوی کشت، رطوبت خاک را کاهش می‌دهد و در شرایط خشک تنها گزینه برای بهبود عملکرد گندم در نظر گرفتن آیش بعد از گندم است (David et al., 2002). بهبود ساختمان خاک در تناوب گندم - پنبه در اثر کم‌خاک‌ورزی تقویت می‌گردد. این فرآیند توانایی استخراج آب توسط ریشه از خاک را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش کارایی مصرف آب پنبه کاشته شده بعد از گندم شد (Hulugalle and Entwistle., 1997). بررسی روی خاک‌های ورتی‌سول و در شرایط دیم، نشان داده است که کاشت پنبه بعد از گندم، می‌تواند نفوذپذیری خاک، عملکرد و کارایی مصرف آب پنبه را در سال‌های مرطوب افزایش دهد. همچنین، در سال‌های خشک به دلیل تخلیه رطوبت خاک توسط گندم و عدم رشد پنبه در این شرایط، باعث کاهش عملکرد پنبه شده است. (Baumhardt and Lascano., 1999). ونگ و همکاران نشان دادند که نرخ کاهش رطوبت خاک بستگی به نوع پوشش گیاهی (مرتع، جنگل و زراعت) در توانایی گیاه در تخلیه رطوبت خاک و همچنین میزان رطوبت اولیه خاک دارد (Wang et al., 2011). همان‌طور که توضیح داده شد حفظ و مدیریت آب سبز (رطوبت خاک) به دلیل نقش و اهمیت آن هم در تأمین آب مورد

جدول ۱- بعضی خواص فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	% وزنی رطوبت در حد FC	% وزنی رطوبت در حد PWP	جرم مخصوص ظاهری $g.cm^{-3}$	بافت
۰-۳۰	۲۵/۵	۱۴	۱/۳۸	SCL
۳۰-۶۰	۲۵	۱۳/۲	۱/۴۲	SL

جدول ۲- تعداد و مقادیر آب دریافتی در دو شرایط دیم و آبی در فصل رشد گیاهان در الگوی کشت

گیاه	سال‌های مطالعه و مقادیر آب دریافتی (mm)							
	۸۹-۹۰		۸۸-۸۹		۸۷-۸۸		۸۶-۸۷	
	آبیاری	باران	آبیاری	باران	آبیاری	باران	آبیاری	باران
گندم	تعداد	۳	-	۲	-	۲	-	۴
	مقدار	۲۷۵	۱۲۰	۲۵۵	۹۰	۲۲۰	۷۰	۱۸۰
کلزا	تعداد	۲	-	-	-	۱	-	-
	مقدار	۲۷۰	۸۰	۳۱۰	-	۲۷۳	۴۰	-
باقلا	تعداد	۱	-	۲	-	۱	-	-
	مقدار	۲۵۸	۴۰	۲۵۵	۶۰	۲۶۴	۴۰	-
جو	تعداد	۲	-	-	-	-	-	-
	مقدار	۲۶۹	۸۰	-	-	-	-	-

ارائه شده و از تکرار آن‌ها در این نوشتار خودداری می‌گردد (کیانی و نوری نیا، ۱۳۹۱). در این مقاله ضمن بررسی کمی عملکردهای ارقام گندم به تفکیک هر سال و تحلیل تغییرات آن‌ها در اثر شرایط آب و هوایی مختلف، عمدتاً به کنکاش توزیع رطوبت نیم‌رخ خاک در الگوهای کشت تعریف شده طی چهار سال پرداخته می‌شود. نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه ارقام گندم طی چهار سال اجرای آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است.

### نتایج سال زراعی ۸۷-۸۶

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، نتایج به‌دست آمده در سال زراعی (۸۷-۸۶) نشان می‌دهند گندم آبی نسبت به گندم دیم عملکرد دانه بیش‌تری تولید نموده است، به‌طوری‌که میانگین عملکرد گندم آبی حدود ۶۹ درصد نسبت به عملکرد گندم دیم افزایش داشته است (جدول ۳). در سال زراعی ۸۷-۸۶ روند تغییرات میزان بارش و رطوبت نسبی به جز اوایل رشد (آبان و آذر) کاهش و درجه حرارت و تبخیر نسبت به طولانی مدت افزایشی بود. بارش در ۳ ماهه فروردین، اردیبهشت و خرداد ماه به ترتیب معادل ۱۵، ۵۲ و ۷۵ درصد مقدار طولانی مدت بوده است. سهم باران در مجموع آب کاربردی (مجموع باران و آبیاری) حدود ۴۰ درصد می‌باشد. در سه ماهه زمستان (مراحل رشد رویشی) ۶۲ درصد کل بارش (۱۱۲ میلی‌متر) اتفاق افتاد که نیاز آبی گندم در این دوره تأمین شده است. در دوره رشد زایشی در مجموع ۳۳ میلی‌متر یعنی ۱۸ درصد از کل بارش اتفاق افتاده بود و البته این مقدار باران برای تأمین نیاز آبی گیاه کافی نبود. روند تغییرات بارندگی و تبخیر در سه ماهه زمستان مقادیر آن‌ها نزدیک به هم و حتی در بهمن ماه مقدار بارش بیش‌تر از تبخیر است، اما در ماه‌هایی که گندم دوره گل‌دهی و دانه بستن را سپری می‌کند، مقدار تبخیر به مراتب بیش‌تر از مقدار ریزش باران است. این مقایسه به-وضوح تفاوت عملکرد گندم در دو شرایط آبیاری و دیم را نشان می‌دهد.

رطوبت خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در زمان‌های کاشت، هر مرحله آبیاری و در زمان برداشت به طریق وزنی اندازه‌گیری شد. مقدار آب آبیاری در هر مرحله براساس اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه کمبود آن از حد FC برآورد گردید. آبیاری در سال اول با روش شیاری و در سال‌های بعد با روش بارانی انجام گرفت. جدول ۲ تعداد و مقادیر آب آبیاری و باران در طی فصل رشد هر گیاه در طی چهار سال آزمایش در الگوهای کشت را ارائه می‌کند.

با استفاده از این داده‌های اقلیمی و مدل CropWat پارامترهای مورد نیاز و توزیع روزانه رطوبت خاک در طی فصل رشد هر گیاه در هر سال از روش موازنه آبی به شرح زیر به‌دست آمد (Smith, 1992):

$$\theta_i = \theta_{i-1} + I + P - ET_c - D_p \quad (1)$$

در این معادله:  $\theta_i$  و  $\theta_{i-1}$  به ترتیب رطوبت خاک در روز جاری و روز قبل بر حسب  $I, P$  و  $(mm)$  = به ترتیب مقدار آبیاری و باران اضافه شده به مزرعه از روز قبل  $ET_c, (mm)$  = تبخیر - تعرق گیاه  $(mm)$  و  $D_p$  = مقدار نفوذ عمقی  $(mm)$ . تبخیر - تعرق گیاه  $ET_c$  بر حسب  $mm/d$  از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \quad (2)$$

$K_s$  ضریب خشکی مربوط به خاک،  $K_c$  ضریب گیاهی و  $ET_o$

تبخیر - تعرق پتانسیل می‌باشد.

در سال‌های اجرای آزمایش تغییرات عملکرد دانه گندم تعیین شده، هم‌چنین توزیع رطوبت نیم‌رخ خاک در شرایط آبیاری تک‌میلی و بدون آبیاری برای نظام‌های تناوبی که در آن‌ها گیاهان زراعی زمستانه مانند کلزا، باقلا و جو که در توالی گیاه گندم کشت شده‌اند، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند.

### نتایج و بحث

#### عملکرد دانه

نتایج چهار ساله ارقام و تناوب مختلف گندم از نظر عملکرد ارقام و تناوب، آنالیز آماری، کارایی مصرف آب حاصل از این پژوهش قبلاً

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکردهای دانه ارقام گندم در دو شرایط دیم و آبی در طی چهار سال

ارقام	* ۸۶-۸۷		۸۷-۸۸		۸۸-۸۹		۸۹-۹۰	
	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
۱	۴۸۰۳ c	۲۷۰۰ f	۴۷۵۸ a	۴۴۲۱ b	۴۰۹۵ bc	۳۳۵۵ e	۵۳۷۲ c	۲۸۲۵ f
۲	۵۹۸۳ a	۳۴۹۱ d	۴۱۹۷ bc	۴۰۳۱ cd	۴۴۴۸ ab	۳۷۰۵ d	۶۲۳۳ b	۳۲۵۸ e
۳	۴۸۵۲ bc	۲۹۸۶ ef	۴۱۵۳ bc	۳۹۰۴ cde	۴۶۷۴ a	۳۸۰۲ cd	۷۱۴۴ a	۳۳۷۰ e
۴	۴۷۵۸ c	۲۷۱۹ f	۴۱۶۲ bc	۳۸۱۹ de	۴۱۰۹ bc	۳۲۹۶ e	۴۸۲۵ d	۲۸۱۵ f
۵	۵۲۵۷ b	۳۲۹۷ de	۳۹۴۰ cde	۳۷۶۸ de	۳۹۶۹ bcd	۳۲۹۸ e	۵۳۳۵ c	۲۸۰۵ f
۶	۵۱۰۸ bc	۲۹۷۳ ef	۳۹۱۲ cde	۳۷۱۵ e	۴۱۹۹ b	۳۶۸۵ d	۵۴۲۱ c	۳۱۹۳ e

\* اعداد با حروف مشابه در ستون‌های هر سال به مفهوم غیرمعنی‌دار بودن آن‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

**نتایج سال زراعی ۸۸-۸۷**

رشد زایشی اتفاق افتاد. هوای ابری و کاهش ساعات آفتابی در سه ماه دوره رویشی نسبت به میانگین دراز مدت آن، تقاضای گندم به آب را مرتفع نموده است. بخشی از تبخیر یا کاهش نزولات در اردیبهشت با آبیاری جبران شده است اما عدم پایداری دیگر پارامترهای اقلیمی شامل درجه حرارت هوا و ساعات آفتابی شرایط مناسب برای کنترل تولید را خصوصاً در شرایط آب و هوایی استان گلستان ایجاد نمی‌کند.

**نتایج سال زراعی ۹۰-۸۹**

در سال چهارم همانند سال اول پتانسیل عملکرد گندم بالا بوده و متوسط عملکرد گندم آبی نسبت به دیم در حدود ۸۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳). در پاییز سال چهارم میزان بارندگی و شرایط آب و هوایی وضعیت مناسبی نداشت، به طوری که میزان بارش دریافتی در سه ماهه پاییز در حدود ۳۰ درصد میانگین طولانی مدت آن بود و همچنین دمای هوا به طور میانگین ۲ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از حالت نرمال بود. تبخیر در بخش عمده‌ای از سال خصوصاً در سه ماهه پاییز که عمدتاً در منطقه بارش‌های مناسبی می‌بارد، بیش‌تر از بارندگی بود. در دی ماه زمان کشت گندم حدود ۵۱ میلی‌متر بارش شرایط را برای سبز یکنواخت گندم فراهم آورده است. مقدار بارش و همچنین کاهش میزان تبخیر در اسفند ماه تقریباً نیاز آبی گندم را مرتفع نموده است. اما در فروردین ماه که گیاه گندم با توجه به دوره رویش (گلدی) نیاز به آب بیش‌تری دارد، میزان بارش در سال جاری در این ماه به شدت کاهش یافته است. سهم باران در مجموع آب کاربردی حدود ۶۹ درصد بود (جدول ۲). بررسی اویس نشان داد که در اثر آبیاری تکمیلی گندم در منطقه با باران متوسط (۳۱۵ میلی‌متر در دوره رویش گندم) و آبیاری به میزان ۱۵۰ میلی‌متر، عملکرد گندم به میزان ۱۴۰ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داشت (Oweis, 1997).

**توزیع رطوبت خاک****نتایج سال زراعی ۸۷-۸۶**

در سال اول تمام کرت‌ها، گندم کاشته شده بود. توزیع روزانه رطوبت در نیم‌رخ خاک و روند تغییرات آن به صورت کمبود رطوبت خاک (SMD) و همچنین تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) جهت مقایسه در شکل ۱ ارائه شده است. تغییرات رطوبت خاک نشان می‌دهد که دو تیمار آبی و دیم در دوران رشد رویشی روند مشابه داشته و کمبود رطوبت خاک مشاهده نمی‌شود (شکل ۱). منحنی کمبود رطوبت خاک در شرایط دیم و در دوران رشد زایشی بالاتر از منحنی تخلیه مجاز رطوبتی خاک قرار دارد. بنابراین در این مرحله که گیاه به

نتایج مقایسه میانگین عملکرد گندم نشان می‌دهد که اختلاف بین شرایط آبی و دیم بسیار اندک و در حد ۶ درصد است. در سال زراعی ۸۸-۸۷ بخش قابل توجه‌ای از آب مورد نیاز گیاه توسط باران تأمین شد و تنها ۲۵ درصد از کل آب کاربردی سهم آبیاری بود (جدول ۲). گزارش شده است که در منطقه شمال سوریه با افزایش سهم بارش از کل آب کاربردی، میزان افزایش عملکرد گندم آبی نسبت به دیم کاهش می‌یابد. در سه منطقه مورد بررسی که سهم بارش در طی دوره رویش گندم در حدود ۵۲، ۶۸ و ۸۷ درصد از کل آب کاربردی بود، میزان افزایش تولید گندم آبی نسبت به دیم به ترتیب ۳۵۰، ۱۴۰ و ۳۰ درصد به دست آمد (Oweis, 1997). در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی و اوایل گل‌دهی گندم، باران نسبتاً مناسبی (حدود ۱۳۰ میلی‌متر) در منطقه ریزش کرده است. در فروردین نیز میزان بارش در حدود ۱/۱۵ برابر میانگین دراز مدت بود. اما در اردیبهشت ماه که گیاه به آب بیش‌تری نیاز دارد، میزان بارش کفایت نیاز آبی را نمود و بهمین دلیل در این مدت گیاه دو بار آبیاری شد (جدول ۲). توزیع بارش نیز نشان می‌دهد که ۱۲۷ میلی‌متر از کل بارش در مرحله رشد رویشی و ۹۳ میلی‌متر در مرحله رشد زایشی اتفاق افتاد. در بعضی از ماه‌ها مانند بهمن، فروردین و اردیبهشت مقدار باران بیش‌تر از تبخیر بود. این نتیجه نشان از هوای ابری و کاهش تقاضای گندم به آب در سال جاری را دارد. مجموعه شرایط آب و هوایی اشاره شده باعث شده است تا هم‌پتانسیل عملکرد گندم در این سال کم‌تر و هم تفاوت عملکرد گندم آبی و دیم نیز تنها در حد ۶ درصد باشد.

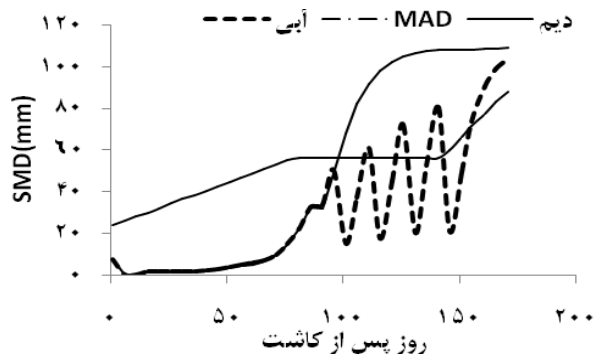
**نتایج سال زراعی ۸۹-۸۸**

در سال سوم پتانسیل عملکرد گندم نسبت به سال قبل به دلیل ایجاد شرایط غرقابی در اثر بارندگی‌های مداوم و شدید در دوره رویشی گندم پایین بود (جدول ۳). داده‌های بارندگی نشان می‌دهد که فقط در دو ماهه بهمن و اسفند ۱۶۱ میلی‌متر باران نازل شد که نسبت به میانگین دراز مدت آن ۴۳ درصد بیش‌تر بود. بخش قابل توجه‌ای از آب مورد نیاز گیاه در این سال نیز توسط باران تأمین شد و تنها ۲۶ درصد از کل آب کاربردی سهم آبیاری بود. میزان بارش در دی ماه از متوسط درازمدت کم‌تر ولی در دو ماهه بهمن و اسفند به ترتیب ۱/۴۵ و ۱/۳۸ برابر متوسط طولانی مدت آن بود. کاهش نزولات در فروردین و همچنین حساسیت گیاه در این دوره‌ی رشد به کم‌آبی باعث شده است تا دو آبیاری در ماه‌های فروردین و اردیبهشت انجام گیرد و همین مقدار آب باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد آبی نسبت به دیم گردید (جدول ۳). توزیع بارش نیز نشان می‌دهد که حدود ۱۸۳ میلی‌متر از کل بارش در مرحله رشد رویشی و ۶۰ میلی‌متر در مرحله

1- Soil Moisture Deficit

2- Maximum Allowed Depletion

آبی حدود ۷۳ میلی‌متر اختلاف وجود دارد. یکی از مشکلات کشت‌های تابستانه در این منطقه، عدم سبز مناسب به دلیل کمبود رطوبت خاک در زمان کاشت است. ملاحظه شد که گندم عمده رطوبت خاک را در زمان کاشت تخلیه می‌کند.



شکل ۱- تغییرات روزانه کمبود و تخلیه مجاز رطوبتی در زمین تحت کشت گندم سال ۸۶-۸۷

### نتایج سال زراعی ۸۸-۸۹

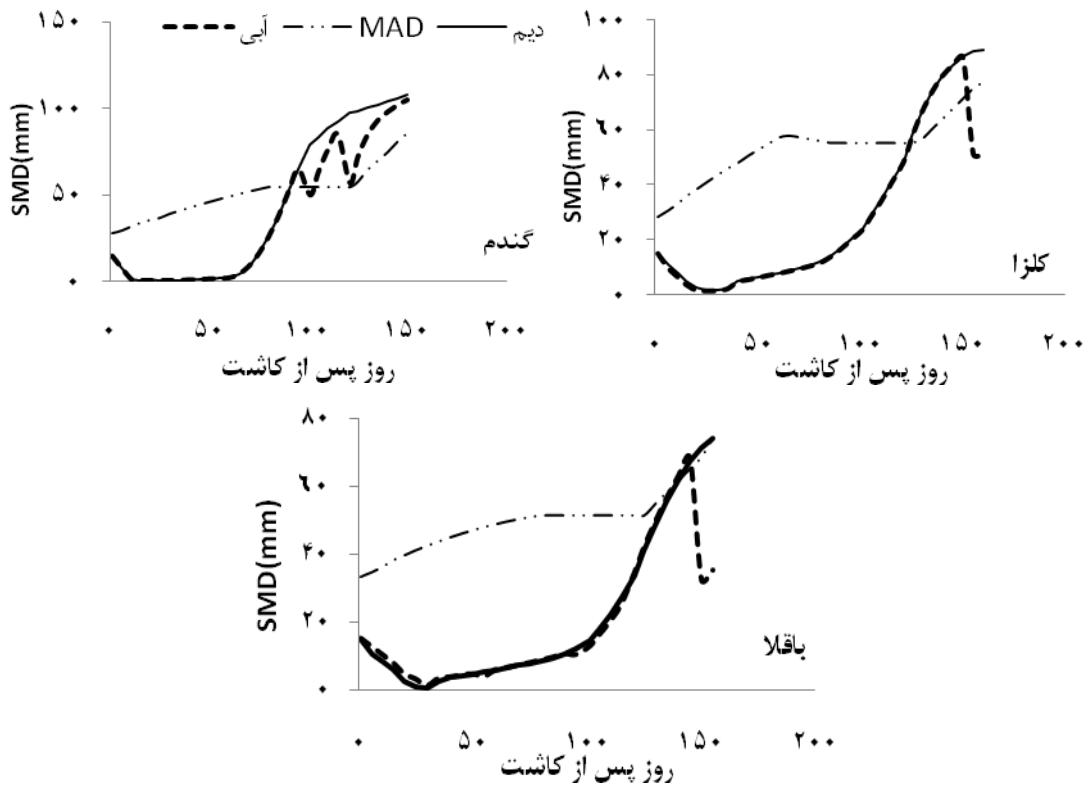
تغییرات روزانه رطوبت خاک طی سال زراعی ۸۸-۸۹ برای گیاهان مختلف کاشته شده در تناوب، در شکل ۳ برای گندم، کلزا، باقلا و ماشک علوفه‌ای ارائه شده است. در بخش زیادی از اوایل رشد گندم دو تیمار دیم و آبی مسیر رطوبتی مشابه را طی نموده و نیاز گیاه در این مرحله توسط بارش تأمین شده است. تفاوت تغییرات رطوبت خاک در گندم نشان می‌دهد که شیب کاهش رطوبت در دو زمین آبی و دیم یکسان نیست (شکل ۳). همانند نتایج سال‌های قبل، گندم عمده رطوبت در نیمرخ خاک را تخلیه نموده و برای کشت بعدی که رطوبت موجود در خاک از اهمیت زیادی برای سبز شدن برخوردار است، رطوبت کافی باقی نمی‌گذارد. بررسی محققین دیگر نیز نشان داده است که در سال‌های خشک به دلیل تخلیه رطوبت خاک توسط گندم، پنبه که بعد از آن کشت می‌گردد رشد مناسبی نداشته و در نتیجه عملکرد آن کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (Baumhardt and Lascano, 1999). کلزا در این سال حدود ۳۹ روز زودتر از گندم کاشته شده و ۳۲ روز هم زودتر از گندم برداشت شده است. برای گیاه کلزا در سال جاری آبیاری انجام نشده است. توزیع رطوبت در نیمرخ خاک در زمین تحت کشت کلزا حکایت از این نکته دارد که در عمده فصل رویش کلزا، کمبود رطوبت خاک کم‌تر از MAD است و نیازی به آبیاری وجود ندارد. تنها در ۱۰ روز آخر فصل کمبود رطوبت خاک بیش از MAD شده است و البته در این دوره رشد گیاه کلزا نیاز به دما و کاهش نزولات دارد تا به رشد فیزیولوژی خود برسد.

آب نیز حساس‌تر است، در مدت زمان طولانی در معرض تنش آبی بوده و در نتیجه دریافت عملکرد پتانسیل، مورد انتظار نیست. در عمده مرحله رشد زایشی کمبود رطوبت خاک در تیمار آبی کم‌تر از حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی است. در نتیجه در این مرحله، گیاه تنش آبی را به مدت طولانی تجربه نموده است. شکل ۱ نشان می‌دهد که خاک مرطوب نسبت به خاک خشک با آهنگ سریع‌تری رطوبت خود را از دست می‌دهد. گزارش شده است که در رژیم‌های مرطوب نرخ کاهش رطوبت در خاک به مراتب بیش‌تر از رژیم‌های خشک است (Odindi and Kakembo., 2011). علی‌رغم آبیاری در تیمارهای آبی در انتهای فصل رطوبت خاک در دو تیمار آبی و دیم خیلی نزدیک به هم شدند. در این شرایط اگر قبل از کشت تابستانه باران کافی نیارد (که احتمال آن در این موقع از سال زیاد است) باید مبادرت به آبیاری نمود.

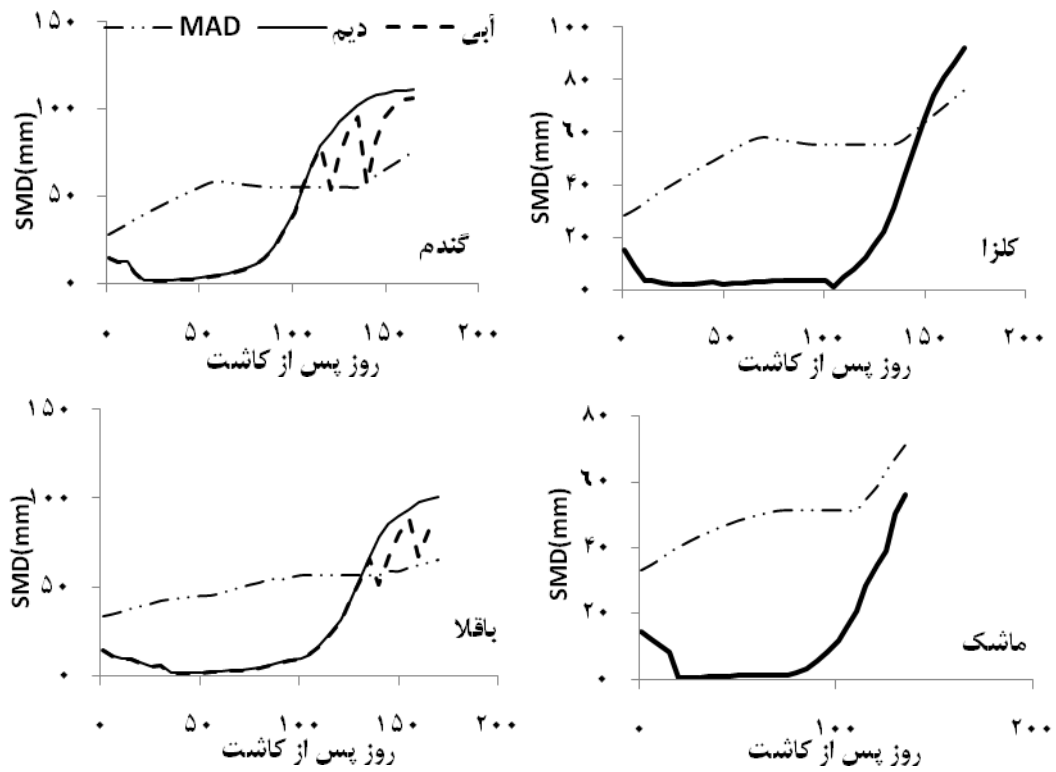
### نتایج سال زراعی ۸۷-۸۸

تغییرات روزانه رطوبت در نیمرخ خاک طی سال زراعی ۸۷-۸۸ برای گیاهان مختلف کاشته شده در تناوب، در شکل ۲ برای گندم، کلزا و باقلا ارائه شده است. روند تغییرات رطوبت خاک نشان می‌دهد که در بخش زیادی از اوایل رشد گندم (حدود ۹۰ روز پس از کاشت) دو تیمار دیم و آبی مسیر رطوبتی مشابه را طی می‌کنند و در عمده موارد کمبود رطوبت خاک به حد MAD نرسیده است. روند تغییرات رطوبت خاک در هر دو تیمار آبی و دیم بیش‌تر از مقدار مجاز کاهش رطوبت است. گندم در اواخر رشد مطابق با کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت هوا، عمده رطوبت موجود در خاک حتی در شرایط آبی را تخلیه می‌کند. اما روند تغییرات رطوبت نیمرخ خاک در دو زمین تحت کشت کلزا و باقلا نشان می‌دهد که مقادیر باقی‌مانده رطوبت خاک در تیمار آبی به مراتب بیش‌تر از تیمار دیم بود. کلزا و باقلا که در تناوب با گندم قرار می‌گیرند، در منطقه زودتر از گندم کاشته می‌شوند (کلزا در اول آذر و باقلا پنجم آذر کاشته شدند) و بنابراین امکان استفاده از باران‌های پاییزه در زمان سبز شدن برای آن‌ها فراهم است و هم‌چنین با توجه به اینکه زودتر از گندم برداشت می‌شوند (اردیبهشت ماه)، در زمین‌های آبی رطوبت در پایان فصل برای استفاده کشت‌های بعدی باقی می‌ماند.

مثلاً تفاوت رطوبت خاک بین دو شرایط آبی و دیم در انتهای فصل در زمین تحت کشت کلزا و باقلا حدود ۴۰ میلی‌متر است. مقدار کمبود رطوبت خاک در زمین تحت کشت گندم، کلزا و باقلا در انتهای فصل و در زمین دیم به ترتیب برابر با ۱۰۷، ۸۹ و ۷۴ میلی‌متر و در زمین آبی به ترتیب برابر با ۱۰۵، ۵۰ و ۳۲ میلی‌متر بود (شکل ۲). ملاحظه می‌گردد که در انتهای فصل دو زمین گندم و باقلا در شرایط



شکل ۲- روند تغییرات روزانه کمبود و تخلیه مجاز رطوبتی در گیاهان مختلف سال ۸۷-۸۸



شکل ۳- روند تغییرات روزانه کمبود و تخلیه مجاز رطوبتی در گیاهان مختلف سال ۸۸-۸۹

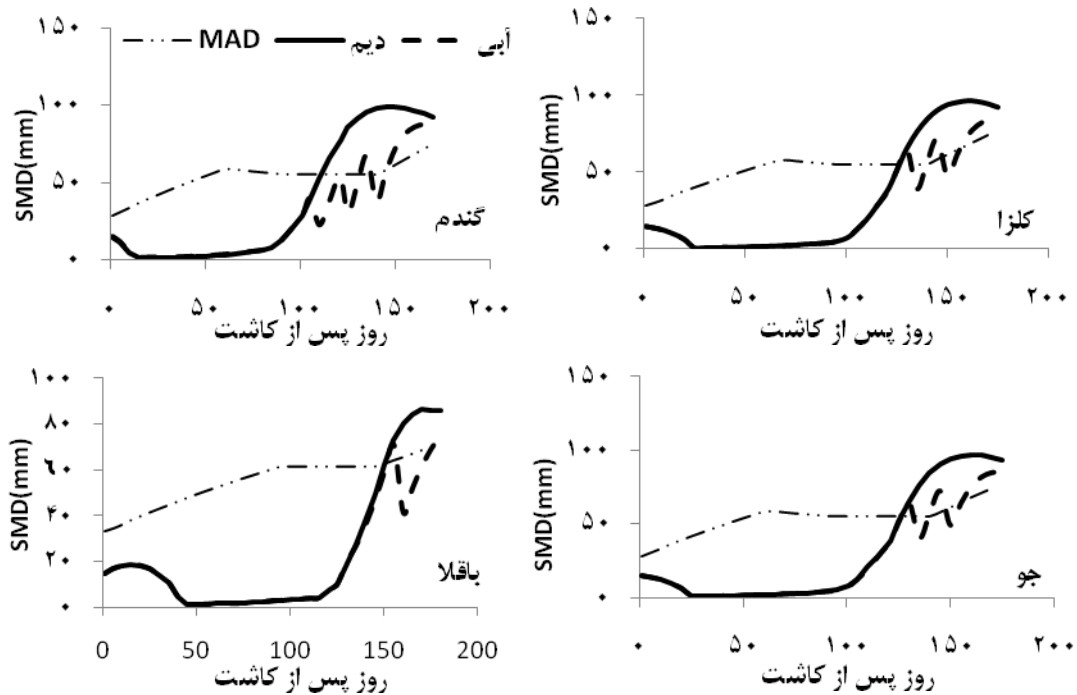
### نتایج سال زراعی ۸۹-۹۰

تغییرات روزانه رطوبت در نیمرخ خاک طی سال زراعی ۸۹-۹۰ برای گیاهان مختلف در الگوی کشت گندم، کلزا، باقلا و جو در شکل ۴ ارائه شده است. توزیع رطوبت نیمرخ خاک حکایت از این نکته دارد که تا حدود ۱۲۰ روز پس از کاشت دو تیمار آبی و دیم روند مشابه را طی نموده و کمبود رطوبت خاک از MAD خاک کم‌تر است (شکل ۴). در تیمار دیم روند کاهش رطوبت خاک در حال افزایش و از نیمه دوم فروردین تا زمان برداشت، کمبود رطوبت خاک در همه موارد بیش از MAD خاک است. حساسیت گندم به تنش آبی در این مرحله از رشد و عدم تأمین نیاز آبی آن در مقایسه با تیماری که آبیاری تکمیلی می‌گردد، گیاه را مواجه با مشکل جدی در تولید خواهد کرد. در تیمار آبی، گیاه در شرایط آب و هوایی گرم با تبخیر زیاد با محدودیت رطوبت خاک مواجه نبوده است. اما همانند سال‌های قبل در زمین تحت کشت گندم در انتهای فصل فاصله کمبود رطوبت خاک بین دو تیمار آبی و دیم به سرعت به هم نزدیک شدند.

کلزا در سال جاری حدود ۱۵ روز زودتر از گندم کاشته شده و حدود ۱۳ روز زودتر از گندم برداشت شده است. برداشت دیرهنگام در سال جاری نسبت به سال قبل باعث شده است که در اواخر فصل به- دلیل گرما و تبخیر بالا عمده رطوبت خاک تخلیه گردد. گیاه کلزا در سال جاری دو آبیاری جمعاً به میزان ۸۰ میلی‌متر انجام شده و در فصل رویش کلزا نیز به میزان ۲۷۰ میلی‌متر باران آمده است. توزیع رطوبت در نیمرخ خاک در زمین تحت کشت کلزا حکایت از این نکته دارد که در عمده فصل رویش کلزا (حدود ۱۳۰ روز) کمبود رطوبت خاک کمتر از MAD است و نیازی به آبیاری در این دوره وجود ندارد. تنها در ۴۵ روز آخر فصل کمبود رطوبت خاک بیش از MAD شده است. مقایسه دو تناوب گندم و کلزا از نظر رطوبت خاک نشان می‌دهد که کلزا در سال جاری به دلیل نزدیکی زمان برداشت دو گیاه در خرداد ماه در انتهای فصل حداکثر کمبود رطوبت خاک در آن‌ها یکسان و تقریباً معادل ۸۵ میلی‌متر است. ذکر این نکته ضروری است که گندم در سال جاری حدود ۱۲۰ میلی‌متر و کلزا معادل ۸۰ میلی‌متر آب آبیاری دریافت کردند. عملکرد دانه کلزا با مصرف ۸۰ میلی‌متر آب آبیاری و ۲۷۰ میلی‌متر باران در حدود ۲۳۰۵ کیلوگرم در هکتار به- دست آمد. پاییز سال زراعی ۸۹-۹۰ همان‌طور که قبلاً تشریح شد، یکی از خشک‌ترین پاییزهای منطقه بوده و در نتیجه تاریخ کاشت کلزا که معمولاً با باران‌های منطقه مصادف است و متعاقب آن تاریخ برداشت، به تاخیر افتاده است.

مقایسه دو تناوب گندم و کلزا از نظر رطوبت خاک نشان می‌دهد که کلزا بدون آبیاری در انتهای فصل حداکثر کمبود رطوبت خاک آن حدود ۹۰ میلی‌متر به دست آمد. بطوریکه در تناوب گندم-گندم میزان کمبود رطوبت در انتهای فصل تیمار دیم برابر ۱۱۰ میلی‌متر بود. عارف و مالک نیز گزارش کردند که بادام زمینی و کلزا نسبت به گندم رطوبت بیشتری را در خاک ذخیره می‌کنند. عملکرد دانه کلزا بدون مصرف آب و در شرایط دیم در حدود ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به- دست آمد (Arif and malik, 2009).

البته شرایط غرقابی در زمین کلزا عملکرد آن را تحت تأثیر قرار داده است. با فرض قبول همین عملکرد برای گندم و کلزا، به دلیل تفاوت قیمت دو محصول درآمد حاصل از این دو متفاوت خواهد بود. درآمد ناخالص کشاورز از گندم دیم با تولید ۳۵۰۰ کیلوگرم در هر هکتار و قیمت ۳۹۵ تومان به ازای هر کیلوگرم، معادل ۱۳۸۲۵۰۰ تومان می‌باشد. با توجه به هزینه تمام شده تولید گندم دیم در هر هکتار (۶۲۰۲۰۰ تومان) درآمد خالص حاصل از هر هکتار گندم دیم برابر ۷۶۲۳۰۰ تومان می‌گردد. در حالی که درآمد ناخالص حاصل از هر هکتار کلزای دیم با تولید ۲۵۰۰ کیلوگرم و قیمت ۷۵۵ به ازای هر کیلوگرم در هکتار معادل ۱۸۸۷۵۰۰ تومان می‌شود. با توجه به هزینه تمام شده برای تولید یک هکتار کلزای دیم (۶۲۰۰۰۰ تومان) درآمد خالص در هر هکتار کلزای دیم برابر با ۱۲۶۷۵۰۰ تومان می‌گردد. به عبارت دیگر اگرچه تولید در هر هکتار گندم دیم بیش‌تر از کلزا است ولی به دلیل ارزش اقتصادی بیش‌تر کلزا نسبت به گندم، درآمد خالص حاصل از کلزا در هر هکتار حدوداً ۵۰۰ هزار تومان بیش‌تر از گندم است. باقلا در سال جاری ۱۵ روز زودتر از گندم کاشته شده و در حدود ۱۲ روز هم زودتر برداشت شده است. در مقایسه با گندم در زمین تحت کشت باقلای آبی حدود ۳۰ میلی‌متر و در زمین دیم حدود ۱۰ میلی‌متر رطوبت در خاک بیش‌تر ذخیره شده است که برای کشت بعدی قابل استفاده است. بنابراین نتایج این سال نیز استفاده از کلزا یا باقلا در تناوب با کشت گندم برای حفظ بیش‌تر رطوبت خاک را تأکید می‌نماید. بالا گزارش کرده است که بعضی از گیاهان پاییزه مانند ماش، عدس، کلزا دوره رشد کوتاهی دارند و زودتر از گندم برداشت شده و در نتیجه مقداری از رطوبت را برای کشت بعدی در خاک باقی می‌گذارند و کشت مداوم گندم-گندم حداقل عملکرد را نتیجه می‌دهد (Pala, 1996). عملکرد باقلا بر مبنای وزن خشک دانه معادل ۷۸۶۰ و بر مبنای وزن غلاف سبز برابر ۲۱۰۰۰ کیلوگرم در هر هکتار به دست آمد. در این سال گیاه ماشک علوفه‌ای در تاریخ ۸۸/۹/۲۲ کاشته و در تاریخ ۸۹/۲/۸ به صورت کود سبز برداشت شده است. توزیع رطوبت خاک در این تیمار نیز نشان می‌دهد که در اواخر فصل ذخیره رطوبتی مناسب در خاک برای استفاده گیاهان کاشته شده بعد از آن وجود دارد.



شکل ۴- روند تغییرات روزانه کمبود و تخلیه مجاز رطوبتی در گیاهان مختلف سال ۹۰-۸۹

ناخالص در هر هکتار معادل ۳۱۸۷۵۰۰ تومان می‌شود. جو در سال جاری در حدود ۱۵ روز زودتر از گندم کاشته شده و در حدود ۱۳ روز هم زودتر برداشت شده است. جو دو بار جمعاً به میزان ۸۰ میلی‌متر آبیاری شده است. میزان بارش در کل دوره رویش جو برابر با ۲۶۹ میلی‌متر بود. توزیع رطوبت خاک در انتهای فصل نشان می‌دهد که همانند زمین تحت کشت گندم و کلزا در انتهای فصل تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر ذخیره رطوبت در خاک در دو تیمار آبی و دیم وجود ندارد (حدود ۷ میلی‌متر). گرما و تبخیر انتهای فصل و همچنین در دسترس بودن رطوبت در خاک در تیمار آبی باعث شده است تا در زمین آبی نسبت به زمین دیم رطوبت با شیب بیشتری کاهش یابد (شکل ۴). اگرچه از نظر رطوبت موجود در خاک در زمین تحت کشت جو نسبت به زمین تحت کشت گندم، مزیت برجسته‌ای مشاهده نشد، ولی برداشت زودتر و مصرف آب کمتر از مزیت‌های کشت جو نسبت به کشت مداوم گندم در منطقه است. دیوید و همکاران گزارش کردند که کشت مداوم گندم و یا حذف آیش از الگوی کشت، رطوبت خاک را کاهش می‌دهد و در شرایط خشک تنها گزینه برای بهبود عملکرد گندم در نظر گرفتن آیش بعد از گندم است (David et al, 2002). شرایط آب و هوایی در منطقه به نحوی است که کشاورزان در هر سال مبادرت به دو کشت می‌نمایند. یکی از معضلات کشت‌های بعد از گندم در منطقه نبود فرصت کافی برای آماده سازی زمین بعد از گندم است. متوسط عملکرد جو بر مبنای وزن

باقلا در سال جاری در حدود ۳۰ روز زودتر از گندم کاشته شده و در حدود ۲۲ روز هم زودتر برداشت شده است. باقلا یک بار به میزان ۴۰ میلی‌متر آبیاری شده است. میزان بارش در کل دوره رویش باقلا برابر با ۲۵۸ میلی‌متر بود. توزیع رطوبت خاک در انتهای فصل نشان می‌دهد که در زمین آبی حدود ۷۲ میلی‌متر و در زمین دیم حدود ۸۸ میلی‌متر کمبود رطوبت وجود دارد. بنابراین در مقایسه با تیمار تناوبی گندم در زمین تحت کشت باقلای آبی حدود ۱۸ میلی‌متر رطوبت در خاک بیش‌تر ذخیره شده است که برای کشت بعدی قابل استفاده است (شکل ۴). بررسی جاکوبز نیز نشان داده است که گیاه علوفه‌ای چچن به دلیل اینکه زودتر از گندم برداشت می‌شود، در انتهای فصل رطوبت بیشتری نسبت به گندم در خاک باقی می‌ماند (Jacobus, 2013). مقایسه دو تناوب در زمین‌های آبیاری نشده نیز نشان می‌دهد که کمبود رطوبت خاک در زمین گندم در انتهای فصل حدود ۹۴ میلی‌متر و در زمین تحت کشت باقلا در حدود ۸۶ میلی‌متر بود. بنابراین در هر دو شرایط دیم و آبی میزان رطوبت باقی‌مانده در زمین تحت کشت باقلا بیش‌تر از زمین تحت کشت گندم است. باید توجه داشت که برای گندم به میزان ۱۲۰ میلی‌متر و برای باقلا به میزان ۴۰ میلی‌متر آبیاری صورت گرفته است. عملکرد باقلا بر مبنای وزن خشک دانه معادل ۷۸۵۰ و بر مبنای وزن غلاف سبز برابر ۲۱۲۵۰ کیلوگرم در هر هکتار به دست آمد. اگر قیمت باقلا به‌طور متوسط ۱۵۰ تومان به ازای هر کیلوگرم فرض شود درآمد



خشک دانه معادل ۳۹۴۵ کیلوگرم در هر هکتار به دست آمد.

بر کارآیی مصرف آب گندم در استان گلستان. گزارش پژوهشی نهایی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، به شماره ۴۱۷۰۹، ۷۰ صفحه.

## نتیجه گیری

نتایج توزیع رطوبت خاک در چهار سال در شرایط استان گلستان، نشان داده است که برای گیاهان زمستانه امکان کشت بدون آبیاری با تولید اقتصادی وجود دارد. در بخش‌هایی از دوره رشد، باران نیاز رطوبتی گیاه را تأمین می‌کند اما در پایان فصل ملاحظه شد که رطوبت خاک با کاهش بارندگی و افزایش تبخیر، تخلیه گشته و مناسب کشت گیاهان تابستانه بدون آبیاری نیست. بنابراین در کشت دیم بهتر است از کشت مداوم گندم - گندم پرهیز شود و به ازای هر چند سال یک بار زمین را برای حفظ رطوبت خاک آیش گذاشت یا از کشت‌های جایگزین (کلزا و باقلا) استفاده نموده تا از رطوبت موجود در خاک برای گیاهان بعدی استفاده شود. کشت گندم، چه در شرایط آبی و چه در شرایط دیم، نشان داده است که در انتهای فصل، عمده رطوبت موجود در خاک تخلیه شده و مناسب کشت بعدی برای شرایط بدون آبیاری نیست. باقلا و کلزا که در تناوب گندم کاشته شده‌اند، به دلیل اینکه زودتر از گندم کاشته می‌شوند و هم‌چنین زودتر هم برداشت می‌شوند، نسبت به کشت مداوم گندم مزیت نسبی بالاتری دارند. به دلیل اینکه زودتر کاشته می‌شوند از باران اول فصل می‌توانند استفاده مفید ببرند، و از آنجا که در انتهای فصل نیز زودتر برداشت می‌گردند، یعنی قبل از شروع گرمای خرداد ماه، هنوز رطوبت در خاک وجود داشته و پس از برداشت، گیاهان بعدی می‌توانند از رطوبت باقی مانده در نیم‌رخ خاک استفاده کنند. نتایج نشان داده است که در سال دوم، سوم و چهارم مثلاً برای باقلا در انتهای فصل در زمین آبی به ترتیب در حدود ۷۳، ۳۰ و ۱۸ میلی‌متر رطوبت در خاک بیش‌تر از زمین تحت کشت گندم باقی مانده است. ضمن اینکه در هر سه سال حجم آب به‌کار برده شده در زمین باقلا کم‌تر از حجم آب آبیاری در زمین تحت کشت گندم بود. در الگوی تحت کشت کلزا نیز تقریباً همین روند حاکم بود. کشت کلزا و باقلا در تناوب گندم علاوه بر اینکه مزایای نام برده شده در بالا را دارد، مقدار درآمد حاصل از این نوع کشت‌ها نیز بالاتر از گندم است. اگرچه تولید دیم گندم ممکن است بیش‌تر از کلزا باشد، ولی درآمد حاصل از کلزا به دلیل ارزش بالاتر آن از نظر اقتصادی، بیش‌تر از گندم است. بنابراین به استناد نتایج این پژوهش، کشت کلزا به‌جای گندم و یا در تناوب با آن در صورتی که عملکرد متعادلی با گندم داشته باشد، از مزیت نسبی بالاتری برخوردار بوده و کشت جو مزیتی نسبت به گندم ندارد.

## منابع

- Aldaya, M.M., Hoekstra, A.Y and Allan, J.A. 2008. Strategic importance of green water in international crop trade. Value of Water Research Report Series, No. 25, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands. 36.
- Arif, M and Malik, M.A. 2009. Economic Feasibility of proposed cropping patterns under different soil moisture regimes of Pothwar plateau. International Journal of Agriculture and Biology. 11: 27-32.
- Aslam, M and Mehmood, G. 2003. Economic feasibility of crop rotations under different rainfall zones. Journal of Agriculture. 35: 23-27.
- Baumhardt, R.L and Lascano, R.J. 1999. Water budget and yield of dry land cotton intercropped with terminated winter wheat. Journal of Agronomy. 91: 922-927.
- David, C.N., Merie, F.V., Randy, L.A., Rudy, A.B., Joseph, G.B and Halvorson, A.D. 2002. Cropping systems, water content and yield of winter wheat. Journal of Agronomy. 94: 962-967.
- Harris, H.C. 1991. Implications of climate variability. In: Harris, H.C. Cooper, P.J.M. and Pala, M. (Eds) Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in rain-fed areas. Proceedings of an international workshop 1989, Ankara, Turkey. ICARDA, Aleppo, Syria. 21-35.
- Hulugalle, N.R and Entwistle, P.C. 1997. Soil properties and crop growth in an irrigated Vertisol after nine years of minimum tillage. Journal of Soil Tillage Research 42: 15-32.
- Odindi, J.O and Kakembo, V. 2011. The hydrological response of Pteroniaincana-invaded areas in the Eastern Cape Province, South Africa, Journal of Ecohydrology, 4: 832-840.
- Oweis, T. 1997. Supplemental irrigation: a highly efficient water- use practice. ICARDA, Aleppo, Syria. 16.
- Pala, M. 1996. Water relations and WUE in relation to crop rotation and tillage. Training course on agronomy of production systems. ICARDA, Aleppo, Syria March 11-21.
- Rockström, J and Barron, J. 2007. Water productivity in rain-fed systems: Overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs. Irrigation Science. 25: 299-311.
- Rockström, J., Lannerstad, M and Falkenmark, M. 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS). 104: 15. 6253-6260.
- Smith, M. 1992. Cropwat: A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 46. 126 p.
- Wang, S., Fu, B.J., Gao, G.Y., Yao, X.L and Zhou, J. 2011. Soil moisture and evapotranspiration of

کیانی، ع.ر و نوری نیا، ع.ع. ۱۳۹۱. تأثیر نظام‌های مختلف تناوب زراعی

growth, development, yield and quality of wheat produced in the Swartland area of South Africa. M. S. Thesis, Faculty of Agriculture at Stellenbosch University, South Africa, 94 P.

different land cover types in the Loess Plateau, China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16:2883–2892.

Wiese, J.D. 2013. The effect of crop rotation and tillage practice on soil Moisture, nitrogen mineralization,

## An Investigation of Soil Moisture Distribution and Yield of some Winter Crops in Wheat Rotation

A.R. Kiani<sup>1\*</sup>, A. A. Nourinia<sup>2</sup>

Received: Mar. 14, 2014

Accepted: Oct. 1, 2014

### Abstract

A field experiment including of six rotations, six cultivars of wheat and two irrigation regimes (rain-fed and supplementary irrigation) treatments with three replications was carried out over four years (2007-2012). This article is part of the mentioned project result that focuses on soil moisture distribution in some winter crops. Results show that bean and canola have a higher comparative advantage than the continuous cultivation of wheat because they are planted earlier and also harvested earlier than the wheat. The most of the moisture were depleted in the soil at the end of the wheat season, both in supplementary and in rainfed conditions, as a result soil moisture conditions would be in appropriate in the next planting. For example, the results shown in the second, third and fourth year sat the end growth stage of the bean cultivation was remained about 73,30 and 18 mm of soil moisture higher than the land under wheat cultivation which is available for the next summer crop.

**Keywords:** Golestan, Green Water, Supplemental irrigation, Wheat

---

1-Associate Research Professor, Department of Agricultural Engineering, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan Province, Gorgan, Iran

2- Assistant Research Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan Province, Gorgan, Iran

(\*- Corresponding Author :Email: [Akiani71@Yahoo.com](mailto:Akiani71@Yahoo.com))