# تأثیر الگوی کشت و آبیاری شیاری یک در میان بر بهره‌وری آب و زمین در کشت مخلوط گندم و شبدر

حمداله اسکندری[۱] * و اشرف عالی‌زاده امرایی

دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
**ehamdollah@gmail.com**
مربی گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
**aalizadehamraee@gmail.com**

## چکیده

**به منظور بررسی اثر الگوی کاشت و آبیاری موضعی ریشه بر بهره‌وری آب و سودمندی بهره‌برداری از زمین در کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی، پژوهشی به صورت مزرعه‌ای در شهرستان سلسله (استان لرستان) در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی در سه تکرار انجام شد. عامل اول مدیریت آبیاری شامل آبیاری کامل ($I_1$) و آبیاری موضعی ($I_2$) بر اساس عمق ریشه بود و عامل دوم الگوی کاشت شامل کشت خالص گندم (W) و شبدر ایرانی (C)، کشت مخلوط گندم-شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه ($WC_1$) و روی یک ردیف ($WC_2$) . در کلیه الگوهای کشت، مصرف آب در آبیاری موضعی ریشه به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) کمتر از آبیاری کامل بود. عملکرد دانه گندم و شبدر ایرانی در آبیاری موضعی کمتر از آبیاری کامل ریشه بود به طوری که به ترتیب با کاهش ۲۷٪ و ۳۶٪ عملکرد دانه در کشت خالص مواجه شدند. با این حال، کاهش میزان مصرف آب از طریق اعمال آبیاری جزئی ریشه باعث افزایش بهره-وری آب در کلیه الگوهای کاشت شد (۳۲ ٪ در کشت خالص گندم، ۹۲ ٪ در کشت خالص شبدر، ۴۴ ٪ در کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه و ۵۱ ٪ در کشت مخلوط روی یک ردیف). نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط در شرایط آبیاری موضعی ریشه ۱۹/۵ ٪ بیشتر از آبیاری کامل ریشه بود که نشان می‌داد کشت مخلوط تا حدودی اثرات منفی کاهش فراهمی آب را جبران نمود. چرا که محتوای نسبی آب برگ گندم و شبدر ایرانی در الگوهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بدست آمد. بر این اساس، آبیاری موضعی ریشه همراه با کشت مخلوط می‌توانند به عنوان راهکاری مناسب برای افزایش بهره‌وری آب در تولید دانه گندم و شبدر ایرانی بکار رود.**

**واژه های کلیدی:** آبیاری موضعی ریشه، عملکرد دانه، محتوای نسبی آب، مصرف آب، نسبت برابری زمین

---

۱- آدرس نویسنده مسئول: تهران، گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور

* - دریافت: آبان ۱۳۹۶ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

**مقدمه**

کشت مخلوط به‌عنوان یک عملیات زراعی است که در آن دو یا تعداد بیشتری از گیاهان زراعی به‌طور هم-زمان در یک قطعه زراعی کشت می‌شوند، هم در مناطق خشک و نیمه‌خشک و هم در مناطق معتدل در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (آوال و همکاران، ۲۰۰٦) در مقایسه با کشت‌های خالص، موجب افزایش کارآیی مصرف آب (ژائو و همکاران، ۲۰۰۹) و کارآیی بهره-برداری از زمین (دهیما و همکاران، ۲۰۰۷) می‌شود. معمول‌ترین سیستم کشت مخلوط، کشت مخلوط غلات–لگوم است که به در آن، وجود لگوم به دلیل اثرات مکملی در مصرف منابع محیطی باعث بهبود رشد غیرلگوم می-شود (اسکندری و قنبری، ۱۳۸۹) که از جمله آنها می‌توان به کشت مخلوط گندم و شبدر اشاره کرد.

گندم (*Triticum aestivum* L.) به دلیل سازگاری بالا و تنوع فرآورده‌های حاصله، مهمترین محصول غذایی جهان بشمار می‌آید (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۳). شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum* L.) نیز یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم در مناطق غرب و جنوب غرب ایران می‌باشد که به دلیل توجه کم کشاورزان به تولید بذر که عمدتاً ناشی از برداشت‌های مکرر علوفه می‌باشد، دارای تولید بذر کمی می‌باشد. از طرف دیگر، تولید بذر در شبدر تحت تأثیر شرایط محیطی ازجمله دمای بالا و در دسترس بودن رطوبت قرار می‌گیرد (باخیت و همکاران، ۲۰۱۲). هر چند مواجه شدن دانه گرده شبدر با شرایط خشکی از مهمترین عوامل کاهش تولید بذر در این گیاه می‌باشد (النبی و همکاران، ۲۰۱۲)، ولی گزارش شده است که اعمال برنامه آبیاری مناسب می‌تواند با تولید بذر مناسب شبدر همراه باشد (سینگ و کانگ، ۲۰۰٤)؛ بنابراین، تعیین برنامه آبیاری برای مزارع تولید بذر شبدر ضروری به نظر می‌رسد.

امروزه تلاش‌های زیادی برای حفاظت از آب در سیستم‌های زراعی صورت می‌گیرد که عمدتاً بر پایه بهبود روش آبیاری استوار است. (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). در این زمینه، الگوهای مناسبی از جمله آبیاری محدود (کانگ و همکاران، ۲۰۰۲)، افزایش سرعت آبیاری (هورست و همکاران، ۲۰۰۷) نیز معرفی شده است. با این حال، در سال‌های اخیر مفاهیم خشکی موضعی منطقه ریشه در برنامه‌های آبیاری مورد توجه قرار گرفته است (دیویس و همکاران، ۲۰۰۰، کانگ و ژانگ، ۲۰۰٤). در این روش، نیمی از سیستم ریشه‌ای آبیاری می‌شود و نیمی دیگر در معرض خاک خشک قرار دارد. ممکن است در طول فصل، با توجه به شرایط رشدی گیاه و همین‌طور وضعیت رطوبتی خاک، بخش‌های مرطوب و خشک به صورت متناوب جایگزین شوند اما آبیاری به‌صورت نیمی خشک–نیمی مرطوب حفظ می‌شود (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). آبیاری به روش خشکی موضعی ریشه در گیاهان مختلف از جمله گوجه‌فرنگی (گو و همکاران،۲۰۰۰) و پنبه (تانگ و همکاران، ۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفته است که در بیشتر موارد، به افزایش بهره‌وری آب منجر شده است. در کشت مخلوط گندم و ذرت گزارش شده است که آبیاری به روش آبیاری موضعی ریشه، مصرف آب را در مقایسه با سیستم‌های کشت مخلوطی که به روش معمول آبیاری شدند و کشت خالص به ترتیب حدود ٤٤ و ۲۰ درصد بهبود بخشید (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

کم آبیاری می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های مدیریتی مناسب جهت صرفه جویی در آب در نظر گرفته شود. ازآنجاکه در بسیاری از مناطق کشور، گیاهان زراعی در طول دوره پر شده دانه با محدودیت آب ناشی از کاهش نزولات آسمانی مواجه می‌شوند، با انجام تحقیقات و مطالعات آبیاری محدود می‌توان حد بهینه کاهش مصرف آب در مناطق خشک و کم‌آب را تعیین نمود و درنتیجه راندمان کاربرد آب را افزایش داد. براین اساس، این پژوهش با هدف تعیین پاسخ عملکرد و بهره‌وری آب گندم و شبدر به کاهش آبیاری در مرحله رشد زایشی از طریق به‌کارگیری روش آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها و الگوهای مختلف کشت مخلوط اجرا شد.

**مواد و روش‌ها**

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان سلسله در استان لرستان با مختصات جغرافیایی عرض جغرافیایی ٤۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱٦۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و مشخصات آب استفاده شده برای آبیاری در جدول ۲ درج شده است.

**جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) | اسیدیته | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر) | بافت خاک | غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | کادمیوم | نیکل | روی |
| ۰-۳۰ | ۷/۹۷ | ۱/۴ | لوم-رسی | ۰/۲۵ | ۰/۱۴ | ۰/۶۵ |

**جدول ۲- برخی خصوصیات آب استفاده شده برای آبیاری گندم و شبدر ایرانی**

| خصوصیت | واحد | مقدار عددی |
|---|---|---|
| اسیدیته | --- | ۶/۹۳ |
| هدایت الکتریکی | $\mu s.cm^{-1}$ | ۳۷۶ |
| غلظت کل نمک‌های محلول | $mg.\ Lit^{-1}$ | ۱۹۰ |
| کلسیم | $mg.\ Lit^{-1}$ | ۷۴/۴ |
| منیزیم | $mg.\ Lit^{-1}$ | ۶/۱ |
| کلر | $mg.\ Lit^{-1}$ | ۱۰/۵ |
| بر | $mg.\ Lit^{-1}$ | <۰/۱ |
| سدیم | $mg.\ Lit^{-1}$ | ۵/۳ |
| سدیم قابل جذب | --- | ۰/۲ |

آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول تیمارهای آبیاری بود که بعد از پایان نزولات آسمانی و از زمان گلدهی اعمال گردید. تیمارهای آبیاری به دو روش آبیاری کامل ریشه ($I_1$) و آبیاری موضعی ریشه ($I_2$) اعمال گردید. در تیمار آبیاری کامل، جوی و پشته‌ها به صورت کامل آبیاری شدند، به طوری که هر دو طرف سیستم ریشه‌ای گیاهان در معرض خاک مرطوب قرار گرفت. در روش آبیاری موضعی ریشه، جوی و پشته‌های به صورت یک در میان ثابت (بدون تغییر در جوی و پشته‌هایی که آبیاری شدند) آبیاری شدند و در نتیجه نیمی از سیستم ریشه در معرض خاک خشک و نیمی دیگر در معرض خاک مرطوب قرار گرفت؛ به عبارت دیگر، میزان آبیاری در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد تیمار آبیاری کامل بود. الگوهای کشت شامل کشت خالص گندم، کشت خالص شبدر ایرانی، کشت مخلوط گندم و شبدر روی یک ردیف و کشت مخلوط گندم و شبدر روی ردیف‌های جداگانه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

کشت گندم (رقم چمران) و شبدرایرانی (رقم محلی الشتر) به صورت همزمان در اول آذرماه در کرت-هایی که شامل شش ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول چهار متر بود، انجام شد. قبل از کاشت و بر اساس توصیه‌های ترویجی منطقه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به خاک اضافه شد. میزان بذر برای گندم و شبدر به ترتیب بر اساس تراکم ٤۰۰ و ۸۰۰ بوته در متر مربع بود. در کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه، ردیف‌ها به صورت یک در میان به گندم و شبدر اختصاص یافت، به طوری که هر کرت شامل سه ردیف گندم و سه ردیف شبدر بود. در کشت مخلوط روی یک ردیف که بر اساس

نسبت جایگزینی ۲:۱ گندم به شبدر اجرا شد، ردیف‌های کشت بر اساس تراکم مطلوب گندم کشت شدند. سپس، بذور گندم به صورت یک در میان حذف شدند و با حذف هر بذر گندم، دو بذر شبدر جایگزین آن شد.

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت پذیرفت. تا قبل از شروع نزولات آسمانی، یک آبیاری دیگر اعمال شد ولی بعد از آن تا ۲۱ اردیبهشت که نزولات آسمانی به پایان رسید، نیاز به آبیاری نبود. در این مرحله که شروع مرحله رشد زایشی گیاهان بود، تیمارهای آبیاری اعمال شدند و تا زمان برداشت (گندم ۲۰ تیرماه و شبدر ۳۱ تیر ماه)، آبیاری در هفت مرحله انجام گردید. مراحل انجام آبیاری و مراحل رشدی گیاهان در سیستم‌های کشت در جدول ۳ درج شده است.

**جدول ۳ - مراحل انجام آبیاری در سیستم‌های کشت خالص و مخلوط گندم و شبدر ایرانی**

| نوبت آبیاری | تاریخ | مرحله رشد گندم | مرحله رشد شبدر |
|---|---|---|---|
| نوبت اول | ۲۱ اردیبهشت ۹۵ | گلدهی | رشد رویش |
| نوبت دوم | ۲۸ اردیبهشت ۹۵ | گلدهی | رشد رویشی |
| نوبت سوم | ۵ خرداد ۹۵ | تکمیل گلدهی | رشد رویشی |
| نوبت چهارم | ۱۳ خرداد ۹۵ | شروع دانه‌بندی | رشد رویشی |
| نوبت پنجم | ۲۱ خرداد ۹۵ | دانه‌بندی | رشد رویشی |
| نوبت ششم | ۲۹ خرداد | دانه‌بندی | گلدهی |
| نوبت هفتم | ۶ تیر ۹۵ | تکمیل دانه‌بندی | دانه‌بندی |

در هر مرحله آبیاری، میزان آب وارد شده به هر کرت با استفاده از کنتور محاسبه گردید و بر اساس آن بهره‌وری آب با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (جوزی و زارع ابیانه، ۱۳۹٤):

$$WP = [Y / I_g] \qquad (۱)$$

در این رابطه WP، بهره‌وری آب، Y عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و$I_g$ مصرف آب در طول مرحله رشد زایشی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

محتوای نسبی آب گندم و شبدر در سیستم‌های مختلف کاشت قبل (۱۲ ساعت) و بعد (۱۲ ساعت) از آبیاری اندازه‌گیری شد. برای این کار، سطحی معادل ۵×۵ سانتی‌متر از سه برگ تازه توسعه یافته از سه بوته گندم و شبدر در هر کرت برداشت شد. در ابتدا وزن تازه نمونه‌ها تعیین و سپس نمونه‌ها در آب مقطر به مدت هفت ساعت و در تاریکی قرار داده شدند. وزن برگ‌های تورژسانس شده نیز ثبت گردید. در مرحل بعد، نمونه‌ها در آون خشک شدند (۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت) و وزن خشک نمونه‌ها گرفته شد. محتوای نسبی آب نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (اسمارت و بینگهام، ۱۹۷٤):

$$RWC\ (\%) = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه RWC محتوای نسبی آب؛ FW وزن تازه نمونه، DW وزن خشک و TW وزن نمونه‌ها بعد از تورژسانس می‌باشد. میانگین محتوای نسبی گرفته شده از سه برگ و سه بوته، به عنوان محتوای نسبی آب برای گندم و شبدر در آن کرت ثبت گردید.

عملکرد نهایی دانه بر اساس برداشت کل سطح کرت (بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای) در مرحله رسیدگی هر گیاه بدست آمد. برای ارزیابی سودمندی بهره‌برداری از زمین در کشت مخلوط، از شاخص نسبت برابری زمین[۲] (LER) (اسکندری و قنبری، ۱۳۸۹) استفاده گردید:

$$LER = [(Y_W / Y_{WW}) + (Y_C / Y_{CC})] \qquad (۳)$$

در این رابطه LER، نسبت برابری زمین، $Y_W$ عملکرد گندم در کشت مخلوط، $Y_{WW}$ عملکرد گندم در کشت خالص، $Y_C$ عملکرد شبدر در کشت مخلوط و $Y_{CC}$ عملکرد شبدر در کشت خالص می‌باشند.

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده

[2] - Land Equivalent Ratio

از نرم افزار MSTATC انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین ها، آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری صفت بکار رفت.

**نتایج و بحث**

نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب برگ گندم و شبدر ایرانی به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و الگوی کاشت قرار گرفت. در مرحله قبل از آبیاری، محتوای نسبی آب برگ هم در گندم و هم در شبدر ایرانی، کمتر از کشت مخلوط بود (جدول ٤). این موضوع در شبدر نمود بیشتری داشت که می‌تواند به دلیل سایه‌اندازی گندم بر شبدر و کاهش میزان تعرق در این گیاه باشد. در کشت مخلوط ذرت و لوبیاچشم‌بلبلی مشاهده شد که به دلیل سایه‌اندازی، دما در الگوهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بود (اسکندری و قنبری، ۱۳۸۹). در کشت مخلوط شنبلیله با ارزن نیز نتیجه گرفته شد که در شرایط تنش خشکی، کشت مخلوط می‌تواند باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شود (یوسفی، ۱۳۹۲) که با نتایج تحقیق حاضر هماهنگی دارد. مددیان (۱۳۹۲) نیز گزارش داد که محتوای نسبی آب برگ ارزن و خلر در شرایط کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که نشان از برتری کشت مخلوط دارد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ شبدر ایرانی در کشت مخلوط روی یک ردیف مشاهده شد که بین دو سیستم آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت. به طور کلی، تیمار آبیاری تأثیری بر محتوای نسبی آب برگ شبدر نداشت ولی کشت مخلوط در این زمینه معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود. بعد از آبیاری، محتوای نسبی آب برگ در گندم و شبدر افزایش پیدا کرد. در این مرحله، در کشت‌های خالص، تفاوت معنی‌داری بین آبیاری کامل و آبیاری موضعی ریشه وجود نداشت. با این حال، محتوای نسبی آب در کشت‌های مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (جدول ٤). هو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که بعد از آبیاری، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری از نظر تأثیر بر محتوای نسبی آب برگ ذرت وجود نداشت که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

**جدول ۴- محتوای نسبی آب گندم و شبدر در الگوهای مختلف کاشت قبل و بعد از آبیاری در تیمارهای آبیاری کامل ($I_1$) و موضعی ($I_2$) سیستم ریشه‌ای**

| تیمار آبیاری | قبل از آبیاری | | | | | | بعد از آبیاری | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | گندم | | | شبدر | | | گندم | | | شبدر | | |
| | W | $WC_1$ | $WC_2$ | C | $WC_1$ | $WC_2$ | W | $WC_1$ | $WC_2$ | C | $WC_1$ | $WC_2$ |
| $I_1$ | ۵۹/۳b | ۶۲/۸a | ۶۴/۳a | ۵۷/۰c | ۶۱/۰b | ۶۲/۳a | ۶۸/۳e | ۷۳/۰c | ۷۸/۳b | ۷۸/۶b | ۸۲/۳a | ۸۴/۳a |
| $I_2$ | ۵۶/۳c | ۵۹/۶b | ۶۱/۳ab | ۵۵/۰c | ۵۹/۶b | ۶۲/۰a | ۶۸/۰e | ۷۱/۳cd | ۷۵/۶bc | ۷۷/۰b | ۸۰/۳ab | ۸۲/۰a |

$I_1$: آبیاری معمولی (آبیاری تمامی جوی و پشته‌ها)؛ $I_2$: آبیاری موضعی جزئی؛ W: کشت خالص گندم؛ C: کشت خالص شبدر ایرانی؛ $WC_1$: کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه؛ $WC_2$: کشت مخلوط روی یک ردیف. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس مرحله آزمایشی (قبل و بعد از آبیاری) و تیمار آبیاری، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

عملکرد دانه گندم و شبدر ایرانی به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر اثر متقابل تیمار آبیاری و الگوی کاشت قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار آبیاری کامل ریشه بدست آمد. در شرایط آبیاری کامل سیستم ریشه، عملکرد گندم در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بود که این امر به دلیل تعداد بوته کمتر گندم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. با این حال، در آبیاری موضعی ریشه، عملکرد گندم در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص نبود (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه شبدر نیز در تیمار آبیاری کامل ریشه بدست آمد. آبیاری موضعی ریشه، عملکرد دانه شبدر ایرانی را به طور معنی‌داری کاهش داد. با توجه به کاهش ۲۷ درصدی عملکرد دانه گندم در برابر کاهش ۳٦ درصدی عملکرد دانه شبدر ایرانی، حساسیت شبدر ایرانی به آبیاری موضعی ریشه نسبت به گندم بیشتر بود (جدول ۵). نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط هم در

شرایط آبیاری کامل و هم آبیاری موضعی ریشه بیشتر از یک بدست آمد که این امر حاکی از مزیت کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی در بهره‌برداری از زمین برای تولید دانه در برابر کشت خالص دو گیاه می‌باشد. سودمندی کشت مخلوط در بهره‌برداری از زمین نسبت به کشت خالص از نظر تولید دانه در سیستم‌های مختلف کشت مخلوط مانند گندم-نخود (ماندل و همکاران، ۱۹۹٦)، ذرت-لوبیا (گرن و همکاران، ۲۰۰۸) و گندم-کلزا (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۳) گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط در شرایط آبیاری موضعی ریشه به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) بیشتر از شرایط آبیاری کامل ریشه بود بود. این امر نشان می‌دهد که کشت مخلوط تا حدودی اثرات منفی کاهش فراهمی آب را جبران نمود. چرا که محتوای نسبی آب برگ گندم و شبدر ایرانی در الگوهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (جدول ٤) که نشان می‌دهد گندم و شبدر در کشت مخلوط کمتر تحت تأثیر تنش خشکی و کاهش رشد ناشی از آن قرار گرفتند؛ بنابراین، با توجه به اینکه کاهش عملکرد دانه گندم و شبدر ایرانی در شرایط آبیاری جزئی در کشت مخلوط کمتر از کاهش عملکرد در کشت خالص این دو گیاه بود، نسبت برابری زمین نیز در شرایط آبیاری جزئی بیشتر از آبیاری کامل بدست آمد. این نتایج با یافته‌های یانگ و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط گندم-ذرت مطابقت دارد.

**جدول ۵- عملکرد دانه، بهره‌وری آب و نسبت برابری زمین در سیستم‌های مختلف کاشت**

| سیستم آبیاری | الگوی کاشت | عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد دانه شبدر (کیلوگرم در هکتار) | مصرف آب (متر مکعب در هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) | LER |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | W | ۶۳۹۳a | --- | ۲۵۱۷ | ۲/۵b | --- |
| | C | --- | ۴۵۳a | ۳۴۷۷ | ۰/۱۳d | --- |
| | $WC_1$ | ۵۳۷۷b | ۴۲۰ab | ۳۶۲۱ | ۱/۶c | ۱/۷۷b |
| | $WC_2$ | ۵۵۴۱b | ۳۹۴b | ۴۱۲۲ | ۱/۴c | ۱/۷۴b |
| $I_2$ | W | ۴۶۴۹d | --- | ۱۴۱۲ | ۳/۳a | --- |
| | C | --- | ۲۹۰d | ۱۷۰۹ | ۱/۷d | --- |
| | $WC_1$ | ۴۹۳۵cd | ۲۹۸d | ۱۷۷۹ | ۲/۹b | ۲/۰۹a |
| | $WC_2$ | ۵۱۳۲bc | ۳۳۷c | ۱۸۶۹ | ۲/۹b | ۲/۲۶a |

$I_1$: آبیاری معمولی (آبیاری تمامی جوی و پشته‌ها)؛ $I_2$: آبیاری موضعی جزئی؛ W: کشت خالص گندم؛ C: کشت خالص شبدر ایرانی؛ $WC_1$: کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه؛ $WC_2$: کشت مخلوط روی یک ردیف. LER: نسبت برابری زمین. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

اگرچه بیشترین بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) به گندم در شرایط آبیاری جزئی ریشه تعلق داشت (جدول ۵)، ولی این گیاه کمترین میزان افزایش بهره‌وری آب را با تغییر تیمار آبیاری به آبیاری موضعی ریشه نشان داد. شبدر در شرایط آبیاری کامل سیستم ریشه‌ای کمترین بهره‌وری آب را داشت. به‌طورکلی، آبیاری موضعی ریشه باعث بهبود بهره‌وری آب در کلیه الگوهای کشت شد. با این حال، با اعمال آبیاری موضعی ریشه، شبدر بیشترین افزایش بهره‌وری آب را نشان داد (جدول ۵). بهره‌وری آب الگوهای کشت مخلوط در آبیاری موضعی ریشه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی از آبیاری کامل بیشتر بودند.

آبیاری متناوب جوی و پشته‌ها (آبیاری موضعی ریشه) به‌عنوان روشی معرفی شده است که می‌تواند علاوه بر کاهش قابل توجه مصرف آب، عملکرد را در سطح قابل قبولی نگه دارد (زگبه و همکاران، ۲۰۰٤؛ تانگ و همکاران، ۲۰۰۵ و دیو و همکاران، ۲۰۰٦). این تیمار آبیاری، نه‌تنها در کشت‌های خالص، بلکه در کشت‌های مخلوط گیاهان مختلف نیز به‌عنوان یک روش کارآمد آبیاری معرفی شده است (کانگ و ژانگ، ۲۰۰٤ و ژانگ و همکاران، ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر، اگر چه آبیاری

موضعی ریشه باعث کاهش عملکرد دانه شد ولی با توجه به کاهش مصرف آب، در مجموع بهره‌وری آب بهبود پیدا کرد که این موضوع در سیستم‌های کشت مخلوط نیز مشهود بود. گزارش شده است که مواجه شدن بخشی از سیستم ریشه‌ای با خشکی، باعث تولید هورمون اسید آبسزیک در ریشه و انتقال آن به اندام‌های هوایی می‌شود که در نهایت به تنظیم باز شدن روزنه‌ها و افزایش بهره-وری آب می‌شود (ژانگ و دیویس، ۱۹۸۷ و دیویس و ژانگ، ۱۹۹۱).

**نتیجه گیری**

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر این فرضیه را که کاهش مصرف آب از طریق آبیاری موضعی ریشه باعث بهبود بهره‌وری آب می‌شود را مورد تأیید قرار داد. به طوری که با اعمال آبیاری موضعی ریشه در کشت خالص، بهره‌وری آب گندم ۳۲ درصد و بهره‌وری آب شبدر بیش از ۱۰ برابر بهبود یافت. با اعمال آبیاری موضعی ریشه در کشت مخلوط، بهره‌وری آب نیز بیش از دو برابر بهبود یافت. به طور میانگین از طرف دیگر، کشت مخلوط می‌تواند تا حدودی اثرات تنش خشکی بر شرایط آبی گیاه را تعدیل نماید. در مجموع کشت مخلوط و آبیاری موضعی ریشه باعث افزایش بهره‌وری آب شد. چرا که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط در شرایط آبیاری موضعی ریشه نسبت به کشت مخلوط در شرایط آبیاری ۲۳ درصد بیشتر بود.

## فهرست منابع


۱. اسکندری، ح و قنبری، ا. ۱۳۸۹. تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر دریافت نور، عملکرد علوفه و بیوماس علف‌های هرز. دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۰. شماره ۱: ۵۷-۴۹.

۲. احمدیوسفی، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی بر کشت مخلوط شنبلیله با دو رقم ارزن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. جوزی، م و زارع‌ابیانه، ح. ۱۳۹٤. شاخص‌های بهره‌وری و کارآیی مصرف آب چغندرقند تحت سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۲۳. شماره ۵: ۱۳۳-۱۱۷.

٤. کوچکی، ع.، فلاح‌پور، ف.، خرم‌دل، س و جعفری، ل. ۱۳۹۳. ارزیابی کشت مخلوط گندم و کلزا بر عملکرد و اجزای عملکرد و تراکم و تنوع علف‌های هرز. بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ٦. شماره ۱: ۲۰-۱۱.

۵. مددیان، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی بر کشت مخلوط خلر با دو رقم ارزن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

6. Awal, M.A., Koshi, H. and Ikeda. T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agric. Forest. Meteorol. 139: 74-83.
7. Bakheit, B.R., Ali, M.A., and Helmy, A.A. 2012. The influence of temperature, genotype and genotype × temperature interaction on seed yield of berseem clover. Asian. J. Crop. Sci. 4: 63-71.
8. Davis, W.J. and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Plant. Molecul. Biol. 42: 55-76.
9. Davis. W.J., Bacon, M.A. and Stuart, D.T. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploitation of the plants chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. J. Exp. Bot. 51 (350): 1617-1627.

10. Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field. Crops. Res. 100: 249-256.
11. Du, T.S., Kang, S.Z., Zhang, J.H. and Li, F.S. 2006. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. Agric. Water. Manage. 84: 41-52.
12. El-Naby, A., Zeinab, M. and Sakr, H.O. 2012. Influence of ecological factors on seed setting of five Egyptian clover. Asian. J. Plant. Sci. Res. 2: 388-395.
13. Gao, Y., Duan, A.W., Sun, J.S., Li, F.S., Liu, Z.G., Liu, H. and Liu, Z.D. 2009. Crop coefficient and water use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field. Crops. Res. 111: 65-73.
14. Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H. and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. African. J. Biotechnol. 7 (22): 4100-4104.
15. Gu, S.L., Davis, Z., Simin, G. and Greg, J. 2000. Effect of partial root zone drying on vine water relations, vegetative growth, mineral nutrition, yield and fruit quality in field grown mature sauvignon blanc grapevines. Research notes. California Agricultural Technology Institute, Publication of California State University.
16. Horst, M.G., Shamutalov, S.S., Goncalves, J.M. and Pereira, L.S. 2007. Assessing impacts of surge-flow irrigation on water saving and productivity of cotton. Agric. Water. Manage. 87: 115-127.
17. Hu, T., Yuan, L., Wang, J., Shaozhong, K. and Fusheng, L. 2010. Antioxidation responses of maize roots and leaves to partial root zone irrigation. Agric. Water. Manage. 98: 164-171.
18. Kang, S.Z. and Zhang, J.H. 2004. Controlled alternate partial root zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. J. Exp. Bot. 55: 2437-2446.
19. Kang, S.Z., Zhang, L., Liang, Y.L., Hu, X.T., Cai, H.J. and Gu, B.J. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the loess plateau of China. Agric. Water. Manage. 55: 203-216.
20. Mandal, B.K., Das, D., Saha, A. and Mohasin, M. 1996. Yield advantage of wheat and chickpea under different spatial arrangements in intercropping. Indian. J. Agron. 41: 17-21.
21. Sing, A. and Kang, J.S. 2004. Effect of agro techniques on seed production potential of new berseem cultivar BL 42. Range. Manage. Agroforest. 25: 80-81.
22. Smart, R.E. and Bingham, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant. Physiol. 53: 258-260.
23. Tang, L.S., Li, Y. and Zhang. J.H. 2005. Physiological and yield responses of cotton under partial root zone irrigation. Field. Crops. Res. 100: 117-124.
24. Yang, C., Huang, G., Chai, Q. and Luo, Z. 2011. Water use and yield of wheat/maize intercropping under alternate irrigation in the oasis field of northwest China. Field. Crops. Res. 124: 426-432.
25. Zegbe, J.A., Behboudian, M.H. and Clothier, B.E. 2004. Partial root zone drying is a ping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. Plant. Soil. 248: 305-312.
26. Zhang, J.H. and Davis, W.J. 1987. Increased synthesis of ABA in partially dehydrated root tips and ABA transport from roots to leaves. J. Exp. Bot. 38: 2015-2023.
27. Zhang, J.H., Jia, W.S. and Kang, S.Z. 2001. Partial root zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. Acta. Botanicae, 21: 191-197.

# Effect of Planting Pattern and Alternate Furrow Irrigation on Productivity of Water and Land under Wheat and Persian Clover Intercropping

**H. Eskandari [1] [*] and A. Alizadeh-Amraie**

Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
**ehamdollah@gmail.com**
Instructor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
**aalizadehamraee@gmail.com**

## Abstract

A field experiment was conducted in Selseleh County, Lorestan Province, during 2015-16 growing season to evaluate the effects of planting pattern and partial root zone irrigation (alternate furrow irrigation**)** on water and land productivity under wheat and Persian clover intercropping system. The experiment was carried out as a two-factor factorial with three replications. The first factor was irrigation management at two levels of conventional ($I_1$) and partial root-zone irrigation ($I_2$) based on root depth, and the second was planting pattern including sole wheat (W), sole Persian clover (C), wheat-Persian clover alternate-row intercropping ($WC_1$) and wheat-Persian clover within-row intercropping ($WC_2$) systems. Water consumption, leaf relative water content, grain yield, water productivity and land equivalent ratio were used to evaluate the treatments. Water consumption of all planting patterns in partial root-zone irrigation system was significantly ($P\leq0.01$) lower than that of conventional irrigation. Grain yield of wheat and Persian clover in partial root-zone irrigation was lower than that of conventional irrigation, where wheat and Persian clover yield decreased by 27% and 36%, respectively. However, grain yield and water consumption reductions resulted in higher water productivity (23%, 92%, 51%, and 44% in sole wheat, sole Persian clover, wheat-Persian clover alternate-row intercropping, and within-row intercropping, respectively). Land equivalent ratio of intercropping in partial root-zone irrigation was 19% more than that of conventional irrigation, suggesting that intercropping reduced the negative effect of lower water supply, because relative water content of wheat and Persian clover was higher in intercropping compared to sole cropping. Therefore, partial root-zone irrigation can be suggested as an effective method for increasing water productivity in grain production of wheat and Persian clover.

**Keywords**: Grain yield, Land equivalent ratio, Partial root-zone irrigation, Relative water content, Water consumption

1- Corresponding author: Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
* - Received: November 2017 and Accepted: May 2018