تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۳۸۷-۳۹۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2238.1568

مقاله پژوهشی

تاثیر محدودیت آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه گندم و شبدر ایرانی در کشت مخلوط

حمداله اسکندری، اشرف عالی زاده امرایی، عبداله جوانمرد،

۱. دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
۲. مربی گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
۳. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۰۵

چکیده

یک پژوهش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان سلسله اجرا گردید تا اثر آبیاری محدود ناشی از آبیاری جزئی ریشه بر عملکرد و کیفیت علوفه و بهره‌وری آب گندم و شبدر ایرانی در کشت خالص و مخلوط مورد بررسی قرار گیرد. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول روش آبیاری (آبیاری کامل و آبیاری جزئی سیستم ریشه‌ای) و عامل دوم الگوی کاشت (کشت خالص گندم، کشت خالص شبدرایرانی، کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه و کشت مخلوط روی یک ردیف) بود. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه در تمامی الگوهای کاشت به طور منفی تحت تأثیر آبیاری جزئی ریشه قرار گرفت. با اعمال آبیاری جزئی ریشه، تولید ماده خشک در کشت خالص گندم، کشت خالص شبدر ایرانی، کشت مخلوط روی یک ردیف و کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه به ترتیب ۱۶، ۱۵، ۹ و ۸ درصد کاهش پیدا کرد. آبیاری جزئی ریشه باعث بهبود بهره‌وری آب برای تولید علوفه در کلیه الگوهای کاشت شد. کشت‌های مخلوط دارای بیشترین درصد افزایش بهره‌وری آب (برای کشت مخلوط روی یک ردیف و روی ردیف‌های جداگانه به ترتیب ۸۳ و ۷۷ درصد) بودند. آبیاری جزئی ریشه کیفیت علوفه در کشت مخلوط را کاهش داد به طوری که ADF و NDF به ترتیب ۶ و ۴ درصد افزایش و پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم به ترتیب ۱۵ و ۷ درصد کاهش پیدا کردند. با این حال، کیفیت علوفه در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص گندم بود. نسبت برابری زمین تنها در شرایط آبیاری جزئی ریشه بیشتر از یک بدست آمد (۱/۰۲۴) که ۸/۸ درصد بیشتر از مقدار آن در شرایط آبیاری کامل ریشه بود. به عبارت دیگر برای تولید علوفه، کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی تنها در شرایط آبیاری جزئی ریشه دارای مزیت است.

***واژه‌های کلیدی*: بهره‌وری آب، تنش خشکی، تولید علوفه، نسبت برابری زمین**

مقدمه

گیاهان خانواده غلات به دلیل هزینه کم فرایند تولید و همچنین تولید مقدار زیادی ماده خشک، به طور گسترده‌ای برای تولید علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، به دلیل کم بودن محتوای پروتئین، غلات دارای کیفیت علوفه و ارزش تغذیه‌ای پایینی هستند. از آنجا که علوفه با کیفیت بالا برای رشد و تولید شیر مطلوب دام‌ها ضروری است، اضافه کردن مکمل‌هایی نظیر پروتئین برای افزایش کیفیت علوفه غلات لازم است (Eskandari et al, 2009). با توجه به اینکه میزان پروتئین علوفه لگوم‌ها بالاست، یکی از معمول‌ترین راه‌ها برای افزایش کیفیت علوفه غلات، مخلوط کردن آنها با گیاهان خانواده لگومینوز است. کاشت گیاهان تیره‌ی غلات به صورت ترکیب شده با لگوم‌ها –که کشت مخلوط نامیده می‌شود- می‌تواند باعث بهبود کیفیت علوفه در رژیم غذایی دام‌ها شود (Ghanbari-Bonjar, 2000).

کشت مخلوط، به عنوان یک فعالیت زراعی که در آن دو یا چند گونه گیاهی به طور همزمان و در یک قطعه زمین

* نگارنده پاسخگو: حمداله اسکندری. پست الکترونیک: ehamdollah@gmail.com

کشت می‌شوند (Eskandari and Ghanbari, 2010) در مقایسه با کشت خالص دارای مزیت‌های مختلفی است که از جمله آنها می‌توان به بهره‌برداری بهتر از منابع محیطی، کاهش خسارت آفات، افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد و کیفیت علوفه (Javanmard et al., 2009; Eskandari and Javanmard., 2013; Mikic et al., 2013) اشاره کرد. در مطالعه‌ای مشاهده شد که کشت مخلوط ذرت با باقلا سبب بهبود کیفیت علوفه آن از لحاظ محتوی پروتئین می‌شود (Stoltz and Nadeau, 2014). در پژوهش دیگری گزارش شد که چنانچه در تولید علوفه هم کیفیت و هم کمیت مدنظر باشد، کشت مخلوط جو با یونجه یکساله جایگزین بهتری از کشت خالص جو می‌باشد (Sadeghpour et al., 2013).

کمبود منابع آب، محدودیت اصلی در تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. همزمانی رشد گیاهان مختلف، حداقل در بخشی از چرخه زندگی (Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2017)، محدودیت‌های طبیعی در فراهمی آب و محدودیت در ظرفیت ذخیره آب (Kenan et al., 2017) نمونه‌هایی هستند که ضرورت مدیریت منابع آب برای آبیاری گیاهان زراعی را نشان می‌دهند. چندین الگو برای دستیابی به این هدف و کاهش مصرف آب در سیستم‌های زراعی ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به آبیاری محدود و افزایش سرعت آبیاری اشاره کرد (Yang et al., 2011). با این حال، روش آبیاری جزئی ریشه[1] در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این روش آبیاری، نیمی از سیستم ریشه‌ای آبیاری می‌شود و نیم دیگر در معرض خاک خشک قرار می‌گیرد. در این‌صورت، مصرف آب بسیار کمتر از روش آبیاری معمول خواهد شد (Li et al., 2010). افزایش کارآیی مصرف آب یکی از مهمترین مزیت‌های آبیاری جزئی ریشه است، به طوری که نسبت کاهش مصرف آب بیشتر از کاهش عملکرد می‌باشد (Hu et al., 2009). در کشت مخلوط ذرت و ماش در شرایط آبیاری جزئی ریشه گزارش شد که حدود ۵۰ درصد از مصرف آب کاهش پیدا می‌کند در حالی که عملکرد دانه ذرت و ماش به ترتیب تنها ۲۷/۵ و ۲۱/۷ درصد کاهش پیدا کرد (Eskandari et al., 2019). در پژوهشی که اثر آبیاری جزئی ریشه بر تولید علوفه یونجه بررسی شد، نتیجه گرفته شد که آبیاری جزئی ریشه ضمن اینکه عملکرد علوفه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد باعث افزایش کیفیت علوفه یونجه می‌شود (Xiao et al., 2015).

اثر کاهش فراهمی آب بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاهان زراعی مختلف در مطالعات قبلی (Nielsen, 2011; Jahanzad et al., 2013; Yang et al., 2012; Wei et al., 2016) به خوبی بررسی شده است. با این حال، مطالعات کافی در مورد تولید علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط در شرایط تنش خشکی ناشی از آبیاری جزئی ریشه وجود ندارد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی کمیت و کیفیت علوفه در کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی اجرا گردید تا امکان ارائه یک روش علمی برای کاهش مصرف آب همراه با تولید رضایت‌بخش علوفه ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان سلسله در استان لرستان با عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش از نوع لوم-رسی با اسیدیته ۷/۹۷ و هدایت الکتریکی ۱/۴ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر و غیرآلوده به فلزات سنگین (غلظت عناصر کادمیوم، نیکل و روی در خاک به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۱۴ و ۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. برخی داده‌های هواشناسی (بارندگی و دما) در طول اجرای آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک-های تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول تیمارهای آبیاری بود که بعد از پایان نزولات آسمانی و در هفت مرحله انجام شد. 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 پشته‌ها به صورت یک در میان و ثابت (بدون تغییر در جوی و پشته‌های آبیاری شده) 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

[1] Partial root zone irrigation

ایرانی، کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی روی یک ردیف و کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی روی ردیف‌های جداگانه بود.

کشت گندم (رقم چمران) و شبدرایرانی (رقم محلی الشتر) به صورت همزمان در اول آذرماه و به صورت دستی در کرت‌هایی که شامل ۶ ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول ۴ متر بود، انجام شد. قبل از کاشت و بر اساس توصیه-های ترویجی منطقه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به خاک اضافه شد. میزان بذر مورد نیاز برای گندم و شبدر به ترتیب بر اساس تراکم ۴۰۰ و ۸۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه، ردیف‌ها به صورت یک در میان به گندم و شبدر اختصاص یافت، به طوری که هر کرت شامل ۳ ردیف گندم و ۳ ردیف شبدر بود. در کشت مخلوط روی یک ردیف که بر اساس نسبت جایگزینی ۲:۱ گندم به شبدرایرانی 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 شبدرایرانی جایگزین آن شد.

جدول ۱. برخی داده‌های هواشناسی (دما و بارندگی) منطقه محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴.

Table 1. Some meteorological data (temperature and precipitation) of the experimental site during 2016-17 growing season.

Month	ماه	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دما Temperature (°C)
September	مهر	0.0	20.3
October	آبان	0.0	13.8
November	آذر	11.8	8.2
December	دی	158.5	4.3
January	بهمن	80.8	2.6
February	اسفند	51.9	5.2
March	فروردین	79.9	7.9
April	اردیبهشت	48.7	10.9
May	خرداد	0.0	17.0
June	تیر	0.0	21.5
July	مرداد	0.0	24.6
August	شهریور	0.0	25.3

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 ۷ مرحله انجام گردید.

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 (۱) تعیین شد (Eskandari and Alizadeh-Amraie 2018):

$$WP = [Y / I_g] \qquad [۱]$$

در این رابطه WP بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، Y عملکرد علوفه (ماده خشک) بر حسب کیلوگرم در هکتار و I_g مصرف آب در طول مرحله رشد زایشی (مترمکعب در هکتار) هستند.

برداشت بر اساس مرحله رشد شبدرایرانی (اوایل دانه-بندی) انجام شد. گندم در این زمان در مرحله تکمیل دانه-بندی قرار داشت. عملکرد نهایی علوفه بر اساس برداشت کل اندام‌های گیاه (ساقه، برگ و دانه) در سطح کرت (بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای) بدست آمد.

کیفیت علوفه تولید شده در هر تیمار با اندازه‌گیری ماده خشک قابل هضم (DDM) (گرم بر کیلوگرم)، پروتئین خام (CP) (درصد)، کربوهیدرات‌های قابل حل در آب (WSC)

(درصد) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی (ADF[2] و NDF[3]) (گرم بر کیلوگرم) تعیین شد. یک نمونه خشک (در آون با دمای ۷۵ درجه‌سانتی گراد به مدت ۴۲ ساعت) و آسیاب شده یک کیلوگرمی برای تعیین صفات کیفی علوفه مورد استفاده قرار گرفت. میزان نیتروژن نمونه‌ها با روش کجلدال تعیین و میزان پروتئین خام با ضرب میزان نیتروژن در عدد ۶/۲۵ مشخص گردید (Lithorgidis et al., 2006). مقادیر ADF و NDF با روش ارائه شده توسط Goering and Van Soet (1970) و کربوهیدرات‌های قابل حل در آب با روش اسیدسولفوریک-فنول اندازه‌گیری شد (Buysse and Merckx, 1993). برای محاسبه ماده خشک قابل هضم، رابطه (۲) بکار رفت (Lithorgidis et al., 2006):

$$DDM = 88.9 - (0.779 \times \%ADF) \quad [۲]$$

برای ارزیابی سودمندی بهره‌برداری از زمین در کشت مخلوط، از شاخص نسبت برابری زمین[4] (LER) (Eskandari and Ghanbari, 2010) استفاده گردید:

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

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

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد (برای صفات ADF و عملکرد علوفه) در سطح پنج درصد) استفاده شد.

نتایج

عملکرد علوفه و شاخص نسبت برابری زمین (LER)

نتایج نشان داد که تولید علوفه به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر سطوح آبیاری و الگوی کاشت و اثر متقابل آبیاری× الگوی کاشت قرار گرفت. عملکرد علوفه در تمامی الگوهای کاشت به طور منفی تحت تأثیر آبیاری جزئی ریشه قرار گرفت (جدول ۲). با این حال کاهش عملکرد علوفه در الگوهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص گندم و شبدرایرانی بود. به طوری که با اعمال آبیاری جزئی ریشه، تولید ماده خشک در کشت خالص گندم، کشت خالص شبدرایرانی، کشت مخلوط روی یک ردیف و کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه به ترتیب ۱۶، ۱۵، ۹ و ۸ درصد کاهش پیدا کرد (شکل ۱).

اثر آبیاری بر نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر الگوی کاشت و اثر متقابل آبیاری × الگوی کاشت بر نسبت برابری زمین معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان داد که از نظر تولید علوفه، کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی نسبت به کشت خالص مزیت نداشت چرا که میانگین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط کمتر از یک (۰/۹۸۳) بدست آمد. با این حال، در شرایط آبیاری جزئی ریشه، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بدست آمد (۱/۰۲۴) که ۸/۸ درصد بیشتر از مقدار آن در شرایط آبیاری کامل ریشه بود (شکل ۲). به عبارت دیگر برای تولید علوفه، کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی تنها در شرایط آبیاری جزئی ریشه دارای مزیت است.

کیفیت علوفه

بجز در مورد کربوهیدارت‌های محلول در آب (WSC)، اثر اصلی آبیاری و الگوی کاشت و اثر متقابل آبیاری × الگوی کاشت بر کلیه صفات کیفی علوفه معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که کیفیت علوفه با اعمال آبیاری جزئی ریشه کاهش پیدا کرد. با اعمال آبیاری جزئی ریشه، ماده خشک قابل هضم علوفه تولید شده در کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی به‌طور میانگین، ۷ درصد کاهش پیدا کرد. بیشترین پروتئین خام (۲۱۹/۷ گرم بر کیلوگرم) در کشت خالص شبدر در شرایط آبیاری معمول ثبت شد (جدول ۴). با این حال، آبیاری جزئی ریشه میزان پروتئین خام علوفه در کشت خالص شبدر، کشت مخلوط روی یک ردیف و کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه را به ترتیب ۱۵، ۱۴ و ۱۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). میزان الیاف نامحلول (ADF و NDF) در کشت خالص گندم (در هر دو شرایط آبیاری) بیشترین مقدار را داشت. آبیاری جزئی ریشه مقادیر ADF و NDF علوفه در کشت مخلوط را افزایش داد. میزان ADF در کشت مخلوط روی یک ردیف و ردیف‌های جداگانه به ترتیب ۶ و ۷ درصد افزایش پیدا کرد. میزان NDF نیز با اعمال آبیاری جزئی ریشه در کشت‌های مخلوط روی یک ردیف و

[2] Acid Detergent Fiber
[3] Neutral Detergent Fiber
[4] Land Equivalent Ratio

روی ردیف‌های جداگانه به ترتیب ۳ و ۵ درصد افزایش داشت (جدول ۴).

اثر روش آبیاری و اثر متقابل آبیاری× الگوی کاشت بر کربوهیدرات‌های قابل حل در آب (WSC) معنی‌دار نبود ولی اثر الگوی کاشت بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کشت خالص شبدرایرانی بیشترین میزان کربوهیدرات‌های قابل حل در آب را دارا بود و بعد از آن کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی روی یک ردیف قرار داشت. کمترین میزان کربوهیدرات‌های قابل حل در آب در کشت خالص گندم بدست آمد (شکل ۳).

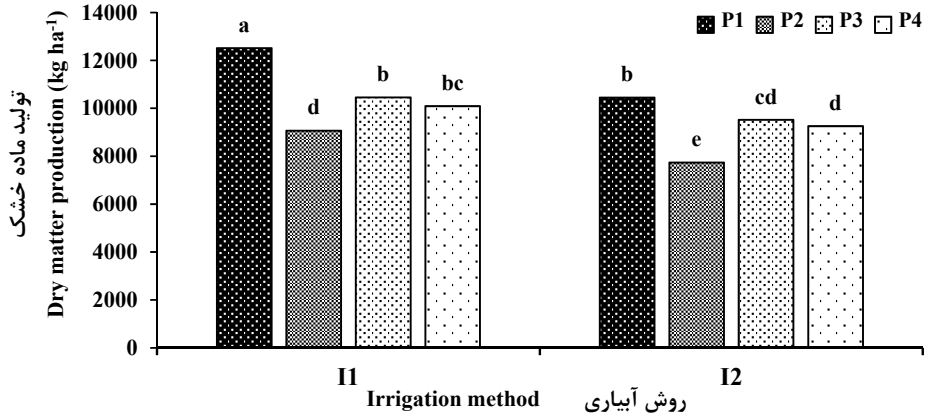
جدول ۲. میانگین مربعات عملکرد و کیفیت علوفه گندم و شبدر ایرانی در الگوهای مختلف کاشت در شرایط آبیاری متفاوت

Table 2. Mean square of forage yield and quality of wheat and Persian clover in different planting patterns under different irrigation conditions.

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	Mean Square / میانگین مربعات					
			DF	DDM	CP	WSC	ADF	NDF
Replication	تکرار	2	2244^{ns}	204^{ns}	6.12^{ns}	2.05^{ns}	125.16^{ns}	28.16^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	1	99975^{**}	2428^{**}	1463^{**}	0.336^{ns}	1266^{**}	256.76^{ns}
Planting patterns (P)	الگوی کاشت	3	95889^{**}	44955^{**}	33196^{**}	34.7^{**}	23879^{**}	89195^{**}
I × P	آبیاری × الگوی کاشت	3	4644^{*}	9524^{**}	295^{**}	4.037^{ns}	378^{*}	3846^{**}
Error	خطا	14	1071	115	13.75	3.056	107.3	78.05
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		3.31	2.34	3.54	14.93	2.49	4.41

DF: علوفه خشک؛ DDM: ماده خشک قابل هضم؛ CP: پروتئین خام؛ WSC: کربوهیدرات‌های قابل حل در آب؛ ADF: الیاف نامحلول محلول در شوینده اسیدی؛ NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

DF: dry forage; DDM: digestible dry matter; CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; ADF: acid detergent fiber; NDF: Neutral detergent fiber; * and ** indicate significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively. ns: not significant



شکل ۱. تولید ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) در الگوهای مختلف کاشت گندم و شبدر ایرانی در آبیاری جزئی و معمول سیستم ریشه‌ای. I_1: آبیاری معمول؛ I_2: آبیاری جزئی ریشه؛ P_1: کشت خالص گندم؛ P_2: کشت خالص شبدر ایرانی؛ P_3: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی یک ردیف؛ P_4: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Fig. 1. Dry matter (kg ha^{-1}) production of different planting pattern of wheat-Persian clover intercropping under conventional and partial root zone irrigation systems. I_1: conventional irrigation; I_2: partial root zone irrigation; P_1: sole wheat; P_2: sole Persian clover; P_3: within-row intercropping of wheat and Persian clover; P_4: alternate-row intercropping of wheat and Persian clover. Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test.

جدول ۳. میانگین مربعات نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف کشت مخلوط در شرایط آبیاری متفاوت

Table 3. Mean square land equivalent ratio in different patterns of intercropping under different irrigation conditions.

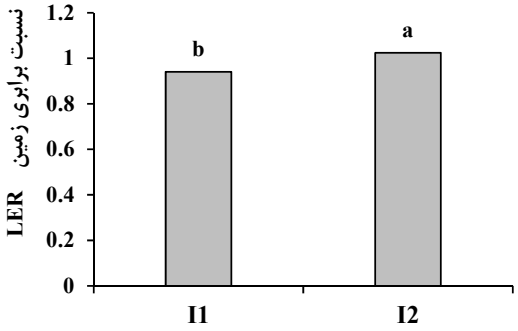
S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square
Replication	تکرار	2	0.0001^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	1	0.021**
Planting pattern (P)	الگوی کاشت	1	0.001^{ns}
I×P	I×C	1	0.001^{ns}
Error	خطا	6	0.001
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		3.80

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

** indicate significant at P≤0.01; ns: not significant

بهره‌وری آب

بیشترین (۱۰۴/۱۶ کیلوگرم) و کمترین (۴۳/۵ کیلوگرم) ماده خشک تولید شده به ازای مصرف هر میلی‌متر مصرف آب به ترتیب در کشت خالص گندم با آبیاری جزئی ریشه و کشت خالص شبدرایرانی در شرایط آبیاری معمول بدست آمد (شکل ۳). آبیاری جزئی ریشه باعث بهبود بهره‌وری آب برای تولید علوفه در کلیه الگوهای کاشت شد. با این حال، با اعمال آبیاری جزئی ریشه،کشت مخلوط روی یک ردیف و کشت مخلوط روی ردیف‌های جداگانه دارای بیشترین میزان افزایش بهره‌وری آب (به ترتیب ۸۳ و ۷۷ درصد) بودند. کمترین میزان بهبود بهره‌وری آب با اعمال آبیاری جزئی ریشه نسبت به آبیاری معمول، در کشت خالص گندم مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۲. نسبت برابری زمین کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی در آبیاری جزئی و معمول سیستم ریشه‌ای. I_1: آبیاری معمول؛ I_2: آبیاری جزئی ریشه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Fig. 2. Land equivalent ratio (LER) of wheat and Persian clover under conventional and partial root zone irrigation systems. I_1: conventional irrigation; I_2: partial root zone irrigation. Different letters in each column indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test

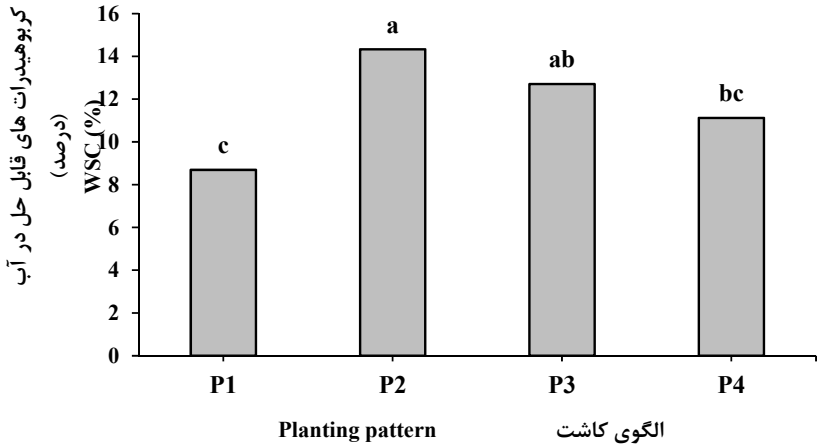
جدول ۴. اثر متقابل آبیاری و الگوی کاشت بر صفات کیفی علوفه گندم و شبدر ایرانی

Table 4. The interaction of irrigation × planting pattern for forage quality traits of wheat and Persian clover

آبیاری Irrigation	الگوی کاشت Planting pattern	DDM (g kg^{-1})	CP (g kg^{-1})	ADF (g kg^{-1})	NDF (g kg^{-1})
I_1	P_1	452.2c	23.83f	474.3a	742.8b
	P_2	629.2a	219.7a	326.7d	454.9f
	P_3	443.3c	110.0c	411.1c	622.0cd
	P_4	429.3cd	98.9d	420.3c	613.9d
I_2	P_1	347.1f	22.33f	482.9a	810.3a
	P_2	543.0b	187.0b	331.3d	500.9e
	P_3	412.6de	105.13c	437.3bc	640.6c
	P_4	400.3e	92.33d	438.8bc	643.0c

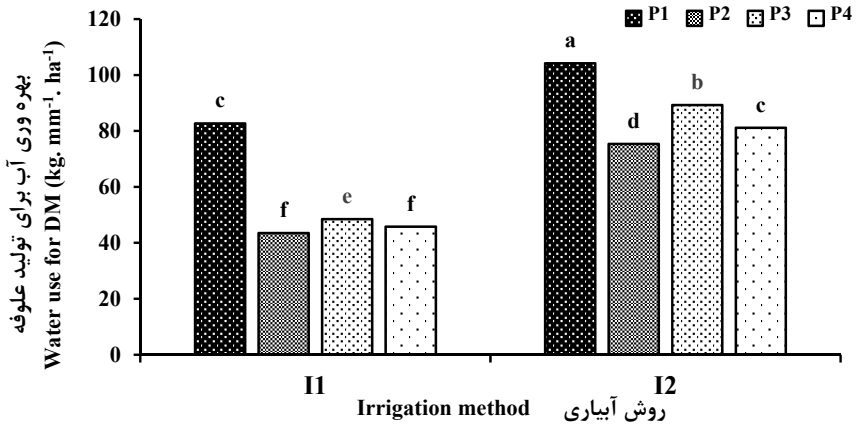
I_1: آبیاری معمول؛ I_2: آبیاری جزئی ریشه؛ P_1: کشت خالص گندم؛ P_2: کشت خالص شبدر ایرانی؛ P_3: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی یک ردیف؛ P_4: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه؛ DF: علوفه خشک؛ DDM: ماده خشک قابل هضم؛ CP: پروتئین خام؛ WSC: کربوهیدرات‌های قابل حل در آب؛ ADF: فیبر محلول در شوینده اسیدی؛ NDF: فیبر محلول در شوینده خنثی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

I_1: conventional irrigation; I_2: partial root zone irrigation; P_1: sole wheat; P_2: sole Persian clover; P_3: within-row intercropping of wheat and Persian clover; P_4: alternate-row intercropping of wheat and Persian clover; DF: dry forage; DDM: digestible dry matter; CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; ADF: acid detergent fiber; NDF: Neutral detergent fiber
Different letters in each column indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test



شکل ۳. اثر الگوی کاشت بر کربوهیدارت‌های قابل حل در آب گندم و شبدرایرانی. P_1: کشت خالص گندم؛ P_2: کشت خالص شبدر ایرانی؛ P_3: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی یک ردیف؛ P_4: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 3. The effect of planting pattern on water soluble carbohydrate (WSC) of wheat and Persian clover forage. P_1: sole wheat; P_2: sole Persian clover; P3: within-row intercropping of wheat and Persian clover; P_4: alternate-row intercropping of wheat and Persian clover. Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test

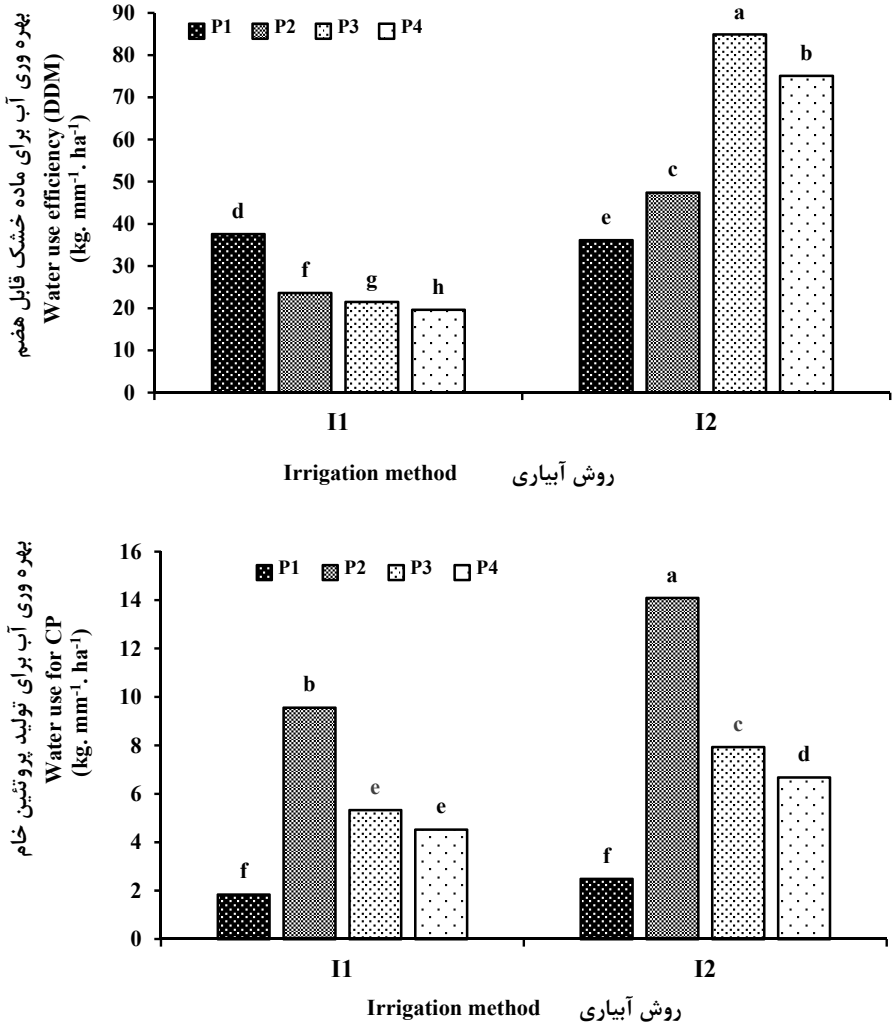


شکل ۴. بهره‌وری آب (کیلوگرم ماده خشک در هکتار بر میلی‌متر)برای تولید علوفه در الگوهای مختلف کاشت گندم و شبدر ایرانی در شرایط آبیاری معمولی و جزئی ریشه.I_1 : آبیاری معمول؛ I_2: آبیاری جزئی ریشه؛ P_1: کشت خالص گندم؛ P_2: کشت خالص شبدر ایرانی؛ P_3: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی یک ردیف؛ P_4: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Fig. 4. Water use efficiency (kg. mm^{-1}. ha^{-1}) for dry matter production in different planting pattern of wheat and Persian clover under conventional and partial root zone irrigation methods. I_1: conventional irrigation; I_2: partial root zone irrigation; P_1: sole wheat; P_2: sole Persian clover; P_3: within-row intercropping of wheat and Persian clover; P_4: alternate-row intercropping of wheat and Persian clover. Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test.

در شرایط آبیاری جزئی ریشه، کشت مخلوط روی یک ردیف گندم و شبدرایرانی دارای بیشترین (۸۴/۹۴ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) بهره‌وری آب برای تولید ماده خشک قابل هضم (DDM) بود که این مقدار سه برابر مقدار بدست آمده از آبیاری معمول بود (شکل ۵). کشت خالص گندم در

شرایط آبیاری جزئی ریشه دارای کمترین مقدار کربوهیدرات-های قابل حل در آب بود. بجز در مورد کشت خالص گندم، بهره‌وری آب برای DDM در دیگر الگوهای کشت با اعمال آبیاری جزئی ریشه بهبود پیدا کرد. در واقع، در شرایط آبیاری جزئی ریشه، بهره‌وری آب در کشت خالص گندم برای DDM کاهش پیدار کرد. با تغییر روش آبیاری از آبیاری معمول به آبیاری جزئی ریشه، کشت خالص شبدرایرانی از بیشترین میزان بهبود بهره‌وری آب برای DDM برخوردار بود (شکل ۵). از نظر میزان پروتئین خام (کیلوگرم در هکتار) نیز کشت خالص شبدرایرانی در شرایط آبیاری جزئی ریشه برتر از سایر الگوهای کشت بود. بجز در مورد کشت خالص گندم، با اعمال آبیاری جزئی ریشه، بهره‌وری آب برای تولید پروتئین خام در سایر الگوهای کاشت حدود ۵۰ درصد بهبود یافت (شکل ۵).



شکل ۵. بهره‌وری آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) برای کیفیت علوفه (ماده خشک قابل هضم و پروتئین خام) در الگوهای مختلف کاشت گندم و شبدر ایرانی در شرایط آبیاری معمولی و جزئی ریشه. I_1: آبیاری معمول؛ I_2: آبیاری جزئی ریشه؛ P_1: کشت خالص گندم؛ P_2: کشت خالص شبدر ایرانی؛ P_3: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی یک ردیف؛ P_4: کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی روی ردیف‌های جداگانه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Fig. 5. Water use efficiency (kg. mm^{-1}. ha^{-1}) for forage quality (digestible dry matter (DDM) and crude protein (CP)) in different planting pattern of wheat and Persian clover under conventional and partial root zone irrigation methods. I_1: conventional irrigation; I_2: partial root zone irrigation; P_1: sole wheat; P_2: sole Persian clover; P_3: within-row intercropping of wheat and Persian clover; P_4: alternate-row intercropping of wheat and Persian clover. Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple range test.

بحث

بیشترین عملکرد علوفه (بر حسب کیلوگرم در هکتار ماده خشک) به کشت خالص گندم تعلق داشت که در آبیاری کامل روی ردیف‌های جداگانه بود. عملکرد کمتر علوفه در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گندم به دلیل تراکم کمتر بود، چرا که تراکم گندم در کشت مخلوط ۵۰ درصد کمتر از کشت خالص آن بود. به علاوه، برخی محققین گزارش کردند که تولید ماده خشک در کشت مخلوط غلات و لگوم حدواسط و یا حتی کمتر از کشت خالص می‌باشد و رقابت بین‌گونه‌ای را به عنوان دلیل اصلی این کاهش ذکر کردند (Lithourgidis et al., 2006; Velaz-quez Beltran et al., 2002). این یافته‌ها یا نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. با این حال، آبیاری جزئی ریشه، تولید علوفه در کلیه الگوهای کشت را کاهش داد.

در شرایط آبیاری جزئی ریشه، وجود برخی علائم شیمیایی (تولید اسید آبسزیک از ریشه) و هیدرولیکی (کاهش پتانسیل آبی برگ) باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توان فتوسنتزی گیاه می‌شود که به کاهش تولید ماده خشک و در نتیجه، عملکرد علوفه منجر می‌شود (Shahnazari et al., 2007; Yang et al., 2011). به علاوه اختلال ایجاد شده توسط کمبود آب در شرایط آبیاری جزئی ریشه در جذب عناصر غذایی توسط ریشه و انتقال یون‌ها از ریشه به ساقه، از دیگر دلایل کاهش عملکرد علوفه در شرایط محدودیت آبیاری ذکر شده است (Kramer and Boyer, 1995). در تحقیق حاضر همچنین مشاهده شد که تولید علوفه در کشت مخلوط کمتر از کشت‌های خالص تحت تأثیر آبیاری محدود ناشی از آبیاری جزئی ریشه قرار گرفت. اثرات مثبت سایه‌اندازی گندم بر شبدرایرانی به این گیاه کمک می‌کند که آب برگ خود را حفظ کند (بیشتر بودن محتوای نسبی آب در برگ شبدر در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص) (Eskandari et al., 2018) و در نتیجه کمتر تحت تأثیر اثرات منفی آبیاری جزئی ریشه قرار گیرد. در این‌صورت قادر است ماده خشک بیشتری تولید نماید که باعث افزایش تولید علوفه در کشت مخلوط می‌شود.

کیفیت، همواره یکی از مهمترین جنبه‌های تولید علوفه است. در این تحقیق، آبیاری جزئی ریشه باعث کاهش کیفیت علوفه شد که با یافته‌های برخی محققین دیگر مطابقت ندارد. به طوری که کیفیت علوفه یونجه با اعمال آبیاری یک درمیان جوی و پشته‌ها (آبیاری جزئی ریشه) بهبود پیدا کرد و دلیل سیستم ریشه‌ای ۲۷، ۱۶ و ۱۹ درصد و در آبیاری جزئی ریشه ۲۶، ۹ و ۱۱ درصد به ترتیب بیشتر از کشت خالص شبدرایرانی، کشت مخلوط روی یک ردیف و کشت مخلوط آن اثر بیشتر آبیاری محدود بر کاهش رشد ساقه در مقایسه با رشد برگ و در نتیجه افزایش نسبت برگ به ساقه ذکر شد (Xiao et al., 2015). با این حال، در کلیه الگوهای کاشت، کیفیت علوفه با اعمال آبیاری جزئی ریشه کاهش یافت که احتمالاً ناشی از تأثیر بیشتر آبیاری محدود بر رشد برگ در مقایسه با ساقه باشد. خشبی شدن بیشتر گیاه در شرایط آبیاری جزئی ریشه (افزایش الیاف نامحلول ADF و NDF) این موضوع را تأیید می‌کند. با این حال، کاهش کیفیت علوفه (بر حسب پروتئین خام و الیاف نامحلول ADF و NDF) در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بود. این موضوع نشان می‌دهد که کشت مخلوط می‌توان اثرات منفی آبیاری محدود بر کیفیت علوفه گندم و شبدر را کاهش دهد.

در کشت مخلوط ریگراس (*Lolium perenne*) و شبدر (Kuusela et al., 2004) و کشت مخلوط شبدر و ریحان (Daneshnia et al., 2015) گزارش شد که پروتئین خام علوفه در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت ندارد. چرا که در این پژوهش، میزان پروتئین خام در کشت خالص شبدرایرانی بیشتر از پروتئین خام علوفه تولید شده در کشت مخلوط بود. ولی پروتئین خام در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص گندم بود. به عبارت دیگر، کشت مخلوط باعث بهبود کیفیت علوفه در مقایسه با کشت خالص گندم شد که با یافته‌های بدست آمده در کشت مخلوط ذرت با برخی لگوم‌ها (Javanmard et al., 2012) مبنی بر بهبود کیفیت علوفه در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص ذرت مطابقت دارد. نتایج مشاهده شده در این تحقیق مبنی بر بهبود کیفیت علوفه در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گندم، تأیید کننده این موضوع است که علوفه غلات باید با لگوم‌ها مخلوط شود تا علاوه بر عملکرد بالا، کیفیت علوفه نیز به سطح رضایت‌بخش برسد (Lithourgidis et al., 2006; Eskandari et al., 2009).

اگر چه عملکرد علوفه با اعمال آبیاری جزئی ریشه کاهش پیدا کرد ولی بهره‌وری آب برای عملکرد و کیفیت علوفه (ماده خشک قابل هضم و پروتئین خام) بهبود پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری محدود، مقدار مطلوبی علوفه به همراه کاهش مصرف آب تولید شد. این یافته‌ها با

نتایج برخی محققین دیگر (Du et al., 2006; Eskandari et al., 2019) مطابقت دارد. در یک مطالعه که پاسخ ذرت به آبیاری جزئی ریشه بررسی شد، نتایج نشان داد که آبیاری جزئی ریشه مصرف آب را ۳۸/۴ درصد کاهش داد و بهره‌وری آب را ۲۴/۳ درصد بهبود بخشید (Li et al., 2007). گزارش شده است که وقتی ریشه با خاک خشک مواجه می‌شود، هورمون اسید آبسزیک در ریشه تولید و به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود. این امر باعث تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه بهبود بهره‌وری آب می‌شود (Zhang and Davis, 1987).

نتیجه‌گیری

در مقایسه با آبیاری معمول، آبیاری جزئی ریشه باعث کاهش تولید علوفه در الگوهای کشت خالص و مخلوط شد. با این حال، مصرف آب توسط گندم و شبدرایرانی را به طور معنی-داری کاهش داد که باعث افزایش بهره‌وری آب بر حسب کمیت و کیفیت علوفه شد. در نهایت، یافته‌های این تحقیق تأییدی بر این فرضیه بود که آبیاری جزئی ریشه می‌تواند به عنوان یک روش مدیریتی مناسب برای کشت مخلوط گندم و شبدرایرانی برای تولید علوفه در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند، مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Buysse, J., Merckx, R., 1993. An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. Journal of Experimental Botany. 44, 1627-1629.

Daneshnia, F., Amini, A., Chaichi, M.R., 2015. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. Agricultural Water Management. 164, 331-339.

Du, T.S., Kang, S.Z., Zhang, J.H., Li, F.S., 2006. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest China. Agricultural Water Management. 84, 41-52.

Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., 2017. Effect of drought stress on germination, growth and fruit yield of Okra. Journal of Water Research in Agriculture. 3(31), 377-378. [In Persian with English Summary].

Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., 2018. Effect of planting pattern and alternate furrow irrigation on productivity of water and land under wheat Persian clover intercropping. Journal of Water Research in Agriculture. 32(2), 179-187. [In Persian with English Summary].

Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., Kazemi, K., 2019. Effect of drought stress caused by partial root zone irrigation on water use efficiency and grain yield of maize (*Zea mays* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) in different intercropping planting patterns. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(1), 29-40. [In Persian with English Summary].

Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., Lalehgani, B., 2018. Antioxidant and yield responses of wheat and clover in intercropping system to late season drought stress induced by partial root-zone irrigation regime. Journal of Plant Process and Function. 6(22), 7-13. [In Persian with English Summary].

Eskandari, H., Ghanbari, A., 2010. Influence of different intercropping of corn and cowpea on light interception, forage yield and weed biomass. Agricultural Science and Sustainable Production. 1(20), 49-57. [In Persian with English Summary].

Eskandari, H., Ghanbari, A., Javanmard, A., 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage production. Notulae Scientia Biologicale. 1, 7-13.

Eskandari, H., Javanmard, A., 2013. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize and cow pea. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 4(23), 101-110. [In Persian with English Summary].

Ghanbari-Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. (Doctoral dissertation), University of London, London

Goering, H.K., Van Soet, P.J., 1970. Forage fiber analysis: Apparatus reagents, procedure and some applications. Government Printing Office, Washington, DC.

Hu, T., Kang, S., Li, F., Zhang, J., 2009. Effects of partial root-zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize. Agricultural Water Management. 96, 208-214.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., Dashtaki, M., 2013. Response of new and commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agricultural Water Management. 117, 62-69.

Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A.., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., 2012. Evaluation of forage quality in intercropping maize with some legumes. Journal of Crop Production. 1(6), 77-96. [In Persian with English Summary].

Javanmard, A., Dabbagh-Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghadam, M., Janmohammadi, H., 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double cropped. Journal of Food Agriculture and Environment. 7(1), 163-166.

Kenan, U., Kill, F., Gencoglan, C., Merdan, H., 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research. 101, 249-254.

Kramer, O.J.K., Boyer, J.S., 1995. Water Relation of Plant and Soils. Academic press. New York.

Kuusela, E., Khalili, H., Nykanen-Kurki, P., 2004. Fertilization, seed mixtures and supplementary feeding for annual legume-grass-cereal pastures in organic milk production systems. Livestock Production Science. 85, 113-127.

Li, F., Liang, J., Kang, S., Zhang, J., 2007. Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. Plant and Soil. 295, 279-291.

Li, F., Wei, C., Zhang, F., Zhang, J., Nong, M., Kang, S., 2010. Water-use efficiency and physiological responses of maize under partial root-zone irrigation. Agricultural Water Management. 97, 1156-1164.

Liang, H., Li, F., Nong, M., 2013. Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. Agricultural Water Management. 116, 242-247.

Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratio. Field Crops Research. 99, 106-113.

Mikic, A., Cupina, B., Mihailovic, V., Krstic, D., Antanasovic, S., Zoric, L., Dordevic, V., Peric, V., Srebric, M., 2013. Intercropping white (*lupines albus*) and andean (*Lupinus mutabilis*) lupins with other annual cool season legumes for forage production. South African Journal of Botany. 89, 296-300.

Nielsen, D.C., 2011. Forage soybean yield and quality response to water use. Field Crops Research. 124, 400-407.

Ofori, F., Stern, W.R., 1987. Cereal-legume intercropping system. Advances in Agronomy. 41, 41-90.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A., Hosseini, M.B., Hashemi, M., 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research. 148, 43–48.

Shahnazari, A., Liu, F., Anderson, M.N., Jacobson, S.E., Jensen, C.R., 2007. Effect of partial root zone drying on yield tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Research. 100, 117-124.

Stoltz, E., Nadeau, E., 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research. 169, 21-29.

Velaz-quez Beltran, L.G., Felipe-Perez, Y.E., Arriaga-Jordan, C.M., 2002. Common vetch for improving the nutrition of working equids in compesino systems on hill slopes in central Tropical Animal Health and Production. 34, 169-179.

Wei, Z., Du, T., Zhang, J., Xu, S., Cambre, P. J., 2016. Carbone isotope discrimination shows a higher water use efficiency under alternate partial root-zone irrigation of field-grown tomato. Agricultural Water Management. 165, 33-43.

Willey, R., 1990. Resource use in intercropping systems. Agricultural Water Management. 17, 215-231.

Xiao, Y., Zhang, J., Jia, T.T., Pan Pang, X., Guo, Z.G., 2015. Effects of alternate furrow irrigation on the biomass and quality of alfalfa (*Medicago sativa*). Agricultural Water Management. 161, 147-154.

Yang, C., Huang, G., Chai, Q., Luo, Z., 2011. Water use and yield of wheat/maize intercropping under alternate irrigation in the oasis field of northwest China. Agricultural Water Management. 124, 426-432.

Yang, L., Qu, H., Zhang, Y., Li, F., 2012. Effect of partial root-zone irrigation on physiology, fruit yield and quality and water use efficiency of tomato under different calcium levels. Agricultural Water Management. 104, 89-94.

Zhang, J.H., Davis, W.J., 1987. Increased synthesis of ABA in partially dehydrated root tips and ABA transport from roots to leaves. Journal of Experimental Botany. 38, 2015-2.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 387-399
Sumer 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2238.1568

Original article

Forage yield and quality of intercropped wheat and Persian clover as affected by partial root zone irrigation

H. Eskandari[1*], A. Alizadeh-Amraie[2], A. Javanmard[3]

1. Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Instructor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

Received 29 January 2019; Accepted 24 February 2019

Abstract

A field experiment was conducted during 2016-17 growing season in Selseleh city to evaluate the effect of deficit irrigation induced by partial root-zone irrigation on yield and quality of forage and water use of wheat and Persian clover in sole and intercropping patterns. The experiment was a two-factor factorial based on complete block design with three replications. The first factor was irrigation method (conventional and partial root-zone irrigation) and the second was planting pattern (sole wheat, sole Persian clover, within-row and alternate-row intercropping). Results showed that the forage yield of all planting patterns was negatively affected by partial root-zone irrigation. Dry matter production of sole wheat, sole Persian clover, within-row intercropping and alternate-row intercropping was reduced 16%, 15%, 9% and 8% by partial root-zone irrigation, respectively. Partial root-zone irrigation improved water use of all planting patterns for forage production. With applying the partial root-zone irrigation method, within-row and alternate-row intercropping of wheat and Persian clover had the highest improvement (83% and 77%, respectively) in water use. Partial root-zone irrigation reduced the quality of forage produced in intercropping patterns, where ADF and NDF increased (about 6% and 4%, respectively) and crude protein and digestible dry matter decreased (about 15% and 7%, respectively) by partial root-zone irrigation. However, intercropping increased forage quality compared to sole wheat. LER of both intercropping patterns was more than 1.0, indicating the advantage of intercropping for forage production. LER was more than one (1.024) only under partial root zone irrigation which was 8.8% more than that of conventional irrigation. In other word, for forage production, intercropping of wheat and Persian clover has advantage only under partial root zone irrigation.

Keywords: Drought stress**,** Forage production, Land equivalent ration, Water use**.**

[*]Correspondent author: Hamdollah Eskandari; E-Mail: ehamdollah@gmail.com