

تأثیر تنش کم آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب سورگوم و ارزن علوفه‌ای

سید غلامرضا موسوی^۱، محمدجواد میرهادی^۲، سید عطاالله سیادت^۳، قربان نورمحمدی^۲ و فرخ درویش^۲

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب سورگوم و ارزن علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی بیرجند، آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۴ انجام شد. اثر آبیاری در سه سطح (تأمین ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کود نیتروژن در سه سطح (۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در دو گیاه سورگوم و ارزن علوفه‌ای بر صفات مذکور مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که اثر آبیاری، کود نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد تر و خشک کل علوفه و راندمان مصرف آب معنی‌دار بود، به طوری که کاهش میزان آبیاری تا حد اعمال تنش شدید (تأمین ۳۳٪ نیاز آبی) و تنش متوسط (تأمین ۶۷٪ نیاز آبی)، عملکرد علوفه خشک را به ترتیب ۶۲/۶ و ۱۵/۵ درصد نسبت به تیمار بدون تنش کاهش داد. آبیاری کم تا حد اعمال تنش متوسط باعث افزایش معنی‌دار راندمان مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش و تنش شدید گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که ارزن نوتریفید در مقایسه با سورگوم اسپیدفید از نظر عملکرد علوفه تر، عملکرد ماده خشک کل و راندمان مصرف آب از برتری معنی‌داری برخوردار بود. هم‌چنین اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر این صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار و افزایش مصرف نیتروژن در همه سطوح آبیاری عملکرد علوفه تر، عملکرد ماده خشک کل و راندمان مصرف آب را به طور معنی‌داری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم علوفه‌ای، ارزن علوفه‌ای، تنش کم آبی، نیتروژن، عملکرد، اجزای عملکرد، راندمان مصرف آب.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱/۲۵

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات Email: s_reza1350@yahoo.com

۲- استاد دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات

۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، واحد علوم و تحقیقات

مقدمه و بررسی منابع

کمبود منابع آب، افزایش غیر منطقی کاربرد کودهای شیمیایی، تأمین علوفه مورد نیاز برای دام‌ها و جلوگیری از تخریب مراتع از جمله دلایلی هستند که ایجاب می‌کنند تا تغییراتی در استراتژی کشت گیاهان علوفه‌ای و مدیریت کاربرد آب و کود شیمیایی به وجود آید. این تغییرات باید با هدف افزایش راندمان مصرف این دو نهاده با ارزش و جایگزین کردن محصولات علوفه‌ای با پتانسیل عملکرد زیاد و سازگار با شرایط آب و هوایی کشور صورت گیرد. سورگوم و ارزن از جمله گیاهان علوفه‌ای C₄ می‌باشند که به دلیل سازگاری به شرایط گرم و خشک، مقاومت نسبی به کم‌آبی و گرما، رشد سریع، قدرت پنجه‌زنی زیاد و عملکرد مطلوب مورد توجه کشاورزان قرار گرفته‌اند. ارزن نوتریفید از نظر خصوصیات زراعی از جمله طول دوره رشد و نیاز آبی شباهت زیادی به ارقام اصلاح شده سورگوم دارد (۲۵).

مطالعات زیادی در مورد تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای در مناطق مختلف انجام شده است. در همین رابطه کهن‌مو و مظاهری (۱۳۸۲) در بررسی تأثیر فواصل آبیاری بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای به این نتیجه رسیدند که فواصل آبیاری ۷ و ۱۲ روز نسبت به فواصل آبیاری ۱۷ و ۲۲ روز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد می‌گردد (۹). مهرانی (۱۳۷۶) در بررسی اثر دور آبیاری بر عملکرد ارزن علوفه‌ای نوتریفید، گزارش نمود که اثر دور آبیاری بر عملکرد علوفه ارزن معنی‌دار است و با افزایش دور آبیاری از ۵ به ۲۰ روز عملکرد علوفه خشک ۳۵/۷٪ کاهش داشته است (۱۰). ناخدا و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی اثر چهار تیمار آبیاری بر

ارزن نوتریفید به این نتیجه رسیدند که عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفته و بین شدت تنش اعمال شده با کلیه صفات مذکور همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (۱۱). جاکوبز^۱ و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی تأثیر کم‌آبیاری و سطوح نیتروژن در چچم، ارزن و دو گونه کلزای علوفه‌ای نتیجه‌گیری نمودند که هر چند بالاترین ماده خشک گونه‌های مورد مطالعه در تیمار آبیاری کامل به دست آمد، اما راندمان مصرف آب در شرایط بدون آبیاری در همه گونه‌ها از برتری معنی‌داری نسبت به تیمارهای مختلف آبیاری برخوردار بود و با افزایش آبیاری، راندمان مصرف آب کاهش یافت. این محققین هم‌چنین اظهار داشتند که در این گیاهان، بالاترین سطح نیتروژن مصرفی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص داد (۱۷).

بیارت و روی^۲ (۲۰۰۵) پس از مطالعه تأثیر مقادیر صفر تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای اظهار داشتند که عملکرد و کارایی مطلوب نیتروژن با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (۱۳). شاهوردی (۱۳۶۶) نشان داد که مصرف کود نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد علوفه تر سورگوم را افزایش می‌دهد ولی مقادیر بیشتر نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر افزایش این صفت ندارد (۶). در حالی که بزرگوار (۱۳۷۵) در مطالعه دو سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سورگوم اسپیدفید به این نتیجه رسید که افزایش کود اوره باعث افزایش عملکرد سورگوم می‌گردد (۲).

1. Jacobs
2. Beyaert and Roy

مدت حداقل و حداکثر دما در بیرجند به ترتیب ۴/۶ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی سالانه ۱۶۹ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۲۳/۵ و ۵۹/۶ درصد است و اقلیم منطقه بیابانی گرم و خشک می‌باشد (۳).

در این تحقیق سطوح آبیاری شامل ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان فاکتور اصلی، سطوح نیتروژن شامل ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان فاکتور فرعی و نوع گیاه شامل سورگوم اسپیدفید و ارزن نوتریفید به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. سطوح آبیاری ۱۰۰، ۶۷ و ۳۳ درصد نیاز آبی به ترتیب بیانگر تیمارهای بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید بود. هرکرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول هشت متر بود. فاصله بین دو کرت اصلی مجاور و نیز فاصله بین دو تکرار مجاور از هم، دو متر در نظر گرفته شد.

با توجه به آزمون خاک، قبل از کاشت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل در زمین پخش شد. تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت ماه بود و عمل تنک کردن با در نظر گرفتن فاصله دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، در مرحله سه تا چهار برگی انجام شد. نیاز آبی به کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه تعیین شد (۱۴).

تبخیر از تشتک (میلی‌متر) × ضریب تشتک (۰/۷) =
تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر)
تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) × ضریب گیاهی =
تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)

در این روش برای تعیین ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد از دستورالعمل‌های FAO استفاده

اسپیرینگر^۱ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر علوفه بوفالوگراس نتیجه‌گیری نمودند که افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک علوفه را باعث می‌گردد (۲۵).

ساسانی^۲ و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثرات کم آبیاری بر راندمان مصرف آب ارزن علوفه‌ای، نتیجه‌گیری نمودند که راندمان مصرف آب با اعمال تنش کم آبی افزایش پیدا کرد (۲۲).

اونکن و وندت^۳ (۱۹۹۲) افزایش معنی‌داری را در کارایی مصرف آب سورگوم با توجه به رقم، سطح فسفر و تنش آب مشاهده کردند (۱۸).

با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک و کمبود آب در منطقه بیرجند، این تحقیق با هدف بررسی واکنش دو گیاه علوفه‌ای سورگوم اسپیدفید و ارزن نوتریفید به سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۴-۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۷۰ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی، pH آن برابر هشت، هدایت الکتریکی ۴/۴۹ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میزان کربن آلی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک ۰/۳۲ درصد بود. میانگین بلند

1. Springer
2. Sasani
3. Onken and Wendt

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و راندمان مصرف آب دو گیاه علوفه‌ای سورگوم و ارزن تحت تأثیر تیمارهای تنش کم‌آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن و اثرات متقابل مربوطه در جدول ۱ آورده شده است.

عملکرد ماده خشک و علوفه تر

همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود اثر آبیاری بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در سطح احتمال ۱٪ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار بدون تنش از نظر عملکرد علوفه تر و خشک در گروه برتر جای گرفت و این بدان معناست که اعمال تنش کم‌آبی تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در این دو گیاه داشته است (جدول ۲). این موضوع در اکثر مطالعات مربوط به بررسی تنش کم‌آبی در گیاهان علوفه‌ای از جمله پژوهش‌های ناخدا و همکاران (۱۳۷۹)، توکلی و همکاران (۱۳۶۸)، پناهی (۱۳۸۲) و سعید و النادی^۱ (۱۹۹۸) گزارش شده است و یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌نمایند (۱۱، ۵، ۴، ۲۰). تیمار بدون تنش با میانگین ۴۴/۴۱ تن در هکتار بیشترین و تیمار تنش شدید با میانگین ۱۷/۴۲ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد علوفه تر را به خود اختصاص داد. با کاهش مقدار آبیاری تا حد اعمال تنش متوسط تنها ۱۲/۸ درصد ولی با اعمال تنش شدید ۶۰/۷ درصد افت تولید علوفه تر مشاهده شد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری این دو گیاه علوفه‌ای با شرایط تنش متوسط کم‌آبی باشد.

مقایسه میانگین‌های عملکرد علوفه خشک کل در سطوح مختلف تنش کم‌آبی نشان داد که اعمال

گردید (۱۴). آبیاری با کمک سیستم تحت فشار و با استفاده از شیلنگ و کتور در هر کرت آزمایشی در فواصل زمانی ۸ تا ۱۰ روز انجام گرفت. کود نیتروژن نیز به صورت کود اوره در دو نوبت ($\frac{1}{4}$ پس از عملیات تنک و $\frac{1}{4}$ پس از برداشت چین اول) به کرت‌های آزمایشی داده شد (۱، ۶).

برای تعیین عملکرد علوفه تر و اجزای آن، قبل از گلدهی سورگوم و ارزن علوفه‌ای، برداشت از دو خط میانی هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای و حذف یک متر ابتدا و انتهای هر کرت از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین انجام گرفت. در هر کرت وزن علوفه تر کل بلافاصله با ترازو اندازه‌گیری و پس از جداسازی اجزای عملکرد (برگ و ساقه) و توزین آن‌ها، به منظور تعیین وزن خشک کل علوفه و اجزای عملکرد، یک نمونه نیم کیلویی به صورت تصادفی از هر یک از اجزای عملکرد انتخاب و به آزمایشگاه ارسال گردید و در آن به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. راندمان مصرف آب نیز از تقسیم عملکرد علوفه خشک تولید شده (کیلوگرم) بر آب مصرف شده (متر مکعب) به دست آمد. لازم به ذکر است که در این آزمایش دو چین علوفه برداشت گردید و عملکرد مجموع دو چین و کل آب مصرفی در محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات جمع‌آوری شده برای هر یک از صفات با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

نوتریفید با تولید ۳۶/۲۵ تن در هکتار علوفه تر نسبت به سورگوم اسپیدفید با تولیدی معادل ۳۰/۷۹ تن در هکتار علوفه تر برتری داشت. از نظر عملکرد ماده خشک کل، ارزن نوتریفید با تولید ۷/۶۸ تن در هکتار از برتری معنی‌داری نسبت به سورگوم اسپیدفید با میانگین ۶/۶۲ تن در هکتار برخوردار بود.

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد علوفه تر کل مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش و مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که در شرایط تنش متوسط کم‌آبی، افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار عملکرد علوفه تر گردد و عملکردی بیشتر از تیمار بدون تنش و مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید نماید. علت این امر را احتمالاً می‌توان به جذب بیشتر نیتروژن و تولید بیوماس بیشتر به علت نقش نیتروژن در گیاه نسبت داد. تیمار بدون تنش با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین و تیمار تنش شدید با مصرف ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کمترین عملکرد علوفه خشک کل را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آب و نوع گیاه بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار بدون تنش در ارزن علوفه‌ای با میانگین ۴۸/۶۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را به خود اختصاص داد. در این آزمایش ارزن نوتریفید در تیمار تنش متوسط از لحاظ آماری عملکردی مشابه عملکرد سورگوم در تیمار بدون تنش را داشت. لازم به ذکر است که در شرایط تنش شدید از نظر این

تیمار تنش شدید باعث کاهش ۶۲/۷ درصدی عملکرد خشک کل نسبت به تیمار بدون تنش شد. تیمار بدون تنش با تولید ماده خشک معادل ۹/۶۵ تن در هکتار در گروه برتر قرار گرفت (جدول ۲). ناخدا (۱۳۷۹) و سومی^۱ (۱۹۸۹) نیز در آزمایش‌های خود نشان دادند که مقدار ماده خشک با افزایش مقدار آب قابل مصرف گیاه افزایش می‌یابد (۱۱، ۲۴). همچنین ولدآبادی (۱۳۷۸) در بررسی اثرات تنش خشکی در سورگوم، ارزن و ذرت علوفه‌ای گزارش نمود که اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه تر و خشک این گیاهان شده است که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند (۱۲).

اثر نیتروژن نیز بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی میانگین صفات در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد که به طور کلی افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار این صفات می‌شود و متناسب با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد ماده خشک و علوفه تر نیز افزایش می‌یابد (جدول ۲). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد گیاهان علوفه‌ای می‌شود (۲، ۸، ۱۷). علت این امر را می‌توان به نقش نیتروژن در رشد سبزینه‌ای گیاهان به‌خصوص در شرایط تعادل با رطوبت خاک نسبت داد. بالاترین عملکرد خشک علوفه از تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ۸/۶۰ تن علوفه خشک در هکتار حاصل شد (جدول ۲).

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تأثیر نوع گیاه بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر معنی‌دار بود. به طوری که در شرایط این آزمایش ارزن

1. Sumi

برگ و ساقه دو گیاه علوفه‌ای ارزن و سورگوم به طور جداگانه نیز انجام گرفت. نتایج نشان داد که اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد خشک برگ و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱) و کاهش آبیاری تا حد اعمال تنش شدید، عملکرد ماده خشک برگ‌ها را نسبت به تیمار بدون تنش ۶۱/۸ درصد کاهش داد. تیمار بدون تنش با تولید ۶/۲۸ تن در هکتار ماده خشک در برگ‌ها بیشترین و تیمار تنش شدید با میانگین ۲/۴۰ تن در هکتار کمترین عملکرد خشک برگ را به خود اختصاص دادند. همچنین از نظر عملکرد خشک ساقه نیز سطوح مختلف تنش در گروه‌های آماری جداگانه قرار گرفتند (جدول ۲). کاهش ماده خشک برگ و ساقه و در نتیجه ماده خشک کل ذرت علوفه‌ای در اثر تنش کم‌آبی توسط توکلی و همکاران (۱۳۶۸) نیز گزارش شده است (۵).

اثر نیتروژن بر عملکرد خشک برگ و ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). کاهش مصرف نیتروژن از ۱۳۸ به ۹۲ و ۴۶ کیلوگرم در هکتار، تولید ماده خشک در برگ‌ها را به ترتیب ۱۴/۹۵ و ۳۲/۷۹ درصد کاهش داد (جدول ۲). عملکرد خشک ساقه نیز به طور معنی‌داری با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت به طوری که تیمار مصرف ۱۳۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۳/۰۵ تن در هکتار بیشترین مقدار تولید ماده خشک ساقه را به خود اختصاص داد. از نظر عملکرد خشک ساقه اختلاف معنی‌داری بین این دو گیاه علوفه‌ای مشاهده نشد. با توجه به این مطلب و مقایسه عملکرد خشک برگ سورگوم و ارزن علوفه‌ای (جدول ۲) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که علت اصلی اختلاف این دو گیاه از لحاظ تولید ماده خشک، بالاتر بودن تجمع ماده خشک در برگ‌های ارزن نوتریفید می‌باشد.

صفت بین دو گیاه مذکور اختلاف آماری مشاهده نشد (جدول ۳). روند مشابهی در مورد اثر متقابل آب و نوع گیاه در مورد عملکرد ماده خشک کل مشاهده شد و تیمار بدون تنش در ارزن علوفه‌ای با ۱۰/۵۹ تن در هکتار ماده خشک در گروه آماری برتر و تیمارهای بدون تنش در سورگوم علوفه‌ای و تنش متوسط در ارزن علوفه‌ای به ترتیب با ۱۷/۶ و ۱۶ درصد کاهش تولید ماده خشک نسبت به تیمار برتر، در گروه آماری بعدی قرار گرفت (جدول ۴). اینادا^۱ و همکاران (۱۹۹۲) و سوبرامانیان و ماهسورای^۲ (۱۹۸۹) در مطالعه مکانیسم‌های تحمل خشکی و تأثیر تنش کم‌آبی بر روابط آبی و رشد سورگوم و ارزن مرواریدی مشاهده نمودند که تنش باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی در هر دو گیاه گردید اما شدت این اثرات در ارزن مرواریدی به مراتب کمتر از سورگوم بود (۱۶، ۲۶). اینادا و همکاران (۱۹۹۲) نتیجه‌گیری کردند که ارزن مرواریدی به دلیل قدرت زیاد نگهداری آب دارای تحمل بالایی در برابر کم‌آبی می‌باشد (۱۶). مجموعه این تحقیقات نتایج این آزمایش را تأیید می‌کند.

اثر متقابل سه عامل تنش کم‌آبی، کود نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد تر و خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار بدون تنش با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن نوتریفید با میانگین ۵۷/۲۸ و ۱۲/۴۳ تن در هکتار به ترتیب بیشترین تولید علوفه تر و ماده خشک کل را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

عملکرد خشک برگ و ساقه

با توجه به اهمیت کیفی برگ‌ها در گیاهان علوفه‌ای، بررسی مقدار ماده خشک تولید شده در

1. Inada
2. Subramanian and Maheswari

راندمان مصرف آب در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، راندمان مصرف آب به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین راندمان مصرف آب را نشان داد و سطوح مختلف نیتروژن به کار رفته از نظر این صفت در گروه‌های آماری جداگانه قرار گرفتند. کاهش مصرف نیتروژن از ۱۳۸ به ۹۲ و ۴۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کاهش ۱۵/۶ و ۳۱/۱ درصدی راندمان مصرف آب را به دنبال داشت. سیوان کومار و سلام^۱ (۱۹۹۹) نیز گزارش نمودند که با مصرف کود نیتروژن، راندمان مصرف آب در ارزن مروریدی افزایش یافت. دلیل آن را می‌توان به رشد اولیه سریع برگ‌ها و کاهش تبخیر از سطح خاک نسبت داد (۲۳).

اختلاف معنی‌داری بین دو گیاه سورگوم و ارزن علوفه‌ای از نظر راندمان مصرف آب مشاهده شد (جدول ۱). مقایسه میانگین راندمان مصرف آب در این گیاهان نشان داد که ارزن نوتریفید بر سورگوم اسپیدفید برتری داشته است. به عبارت دیگر توانایی ارزن در بهره برداری از آب مصرفی جهت تولید ماده خشک بیشتر از سورگوم بوده است (جدول ۲). علت بیشتر بودن راندمان مصرف آب در ارزن ممکن است به علت سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر این گیاه باشد که راندمان مصرف و جذب آب را در آن زیاد می‌نماید. ولدآبادی (۱۳۷۸) نیز برتری ارزن نوتریفید را نسبت به سورگوم اسپیدفید در مورد راندمان مصرف آب گزارش داده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۲). در حالی که گزارش سینک و سینک^۲

اثر متقابل نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار ولی بر عملکرد خشک ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۱).

راندمان مصرف آب

سطوح آبیاری تأثیر معنی‌داری بر راندمان مصرف آب داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش نشان داد که تیمار تنش متوسط نسبت به تیمار بدون تنش سبب افزایش معنی‌دار راندمان مصرف آب در تولید علوفه شده است. در این آزمایش تیمار تنش متوسط با تولید ۰/۹۹۱ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی بیشترین و تیمار تنش شدید با تولید ۰/۶۵۸ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی کمترین راندمان مصرف آب را به خود اختصاص دادند. با توجه به میانگین راندمان مصرف آب در سطوح مختلف تنش می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در مقایسه با آبیاری مطلوب، کاهش متعادل آبیاری (اعمال تنش متوسط) می‌تواند منجر به بهبود راندمان مصرف آب گردد اما اعمال تنش شدید تأثیر منفی در راندمان مصرف آب داشته و کاهش معنی‌دار آن را سبب می‌شود (جدول ۲). این نتیجه بیانگر آن است که اگر چه تنش رطوبت در خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها راندمان مصرف آب را افزایش دهد، اما باید توجه داشت که تنش بیش از حد می‌تواند از طریق کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک تأثیر معکوس بر راندمان مصرف آب بگذارد. طباطبایی (۱۳۷۹) نیز در بررسی‌های خود اظهار داشته است که تنش متوسط باعث افزایش معنی‌دار راندمان مصرف آب در گیاهان علوفه‌ای مورد مطالعه می‌شود (۷).

تأثیر کود نیتروژن بر راندمان مصرف آب در این تحقیق معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین

1. Sivankumar and Salaam
2. Singh and Singh

هر متر مکعب آب مصرفی ضمن ۴۰ درصد کاهش نسبت به تیمار برتر، پائین‌ترین بازده مصرف آب را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

اثر متقابل کود نیتروژن و نوع گیاه بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین راندمان مصرف آب با میانگین ۱/۰۲۳ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در تیمار ارزن علوفه‌ای با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین راندمان مصرف آب با ۰/۶۱۲ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در تیمار سورگوم علوفه‌ای با مصرف ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۳).

اثر متقابل سه عامل تنش کم‌آبی، کود نیتروژن و نوع گیاه بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار تنش متوسط با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن بالاترین و تیمار تنش شدید با مصرف ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن پایین‌ترین راندمان مصرف آب را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

از آن‌جا که عملکرد ماده خشک در گیاهان علوفه‌ای ارتباط زیادی به میزان علوفه تر تولید شده دارد، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد علوفه تر با عملکرد ماده خشک کل و عملکردهای خشک برگ و ساقه مشاهده شد. همچنین راندمان مصرف آب با عملکرد علوفه تر و خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۵). بنابراین می‌توان با افزایش تولید علوفه راندمان مصرف آب را افزایش داد.

(۱۹۹۵) حاکی از آن است که سورگوم راندمان مصرف آب بیشتری نسبت به ارزن دارد (۲۱).

اثر متقابل سطوح مختلف تنش و نیتروژن بر راندمان مصرف آب در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار تنش متوسط و مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ۱/۲۱۴ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی بیشترین راندمان مصرف آب را داشت و در گروه آماری برتر قرار گرفت در حالی که تیمار بدون تنش با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ۰/۹۸۸ کیلوگرم ماده خشک به ازای مصرف هر متر مکعب آب در گروه آماری بعدی قرار گرفت. آن‌کن و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی اثر سطوح آبیاری و کود نیتروژن در سورگوم دریافتند که در تمامی سطوح آبیاری، کاربرد کود موجب افزایش عملکرد و راندمان مصرف آب گردید (۱۸). پراسرتساک و فوکای^۱ (۱۹۹۷) توصیه نمودند که حتی در زمان تنش شدید آب، بایستی نیتروژن خاک را افزایش داد (۱۹). مجموعه این گزارش‌ها با نتایج این تحقیق مطابقت می‌کند. البته باید یادآور شد که افزایش همزمان رطوبت خاک و نیتروژن احتمالاً به دلیل جذب بیشتر نیتروژن توسط گیاه تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد علوفه تر و خشک داشته است.

اثر متقابل بین سطوح آبیاری و نوع گیاه علوفه‌ای روی راندمان مصرف آب نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین راندمان مصرف آب مربوط به تیمار تنش متوسط در ارزن بود که در این تیمار مقدار ماده خشک تولیدی به ازای مصرف هر متر مکعب آب ۱/۰۶۱ کیلوگرم بود. تیمار تنش شدید در ارزن با بازده مصرف آب ۰/۶۳۷ کیلوگرم ماده خشک به ازای

1. Prasertsak and Fukai

نتیجه گیری کلی

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که افزایش همزمان رطوبت و نیتروژن خاک تأثیر بسزایی در افزایش مقدار تولید علوفه در سورگوم و ارزن علوفه‌ای دارد و افزایش مصرف نیتروژن تا میزان ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تمامی سطوح آبیاری افزایش معنی‌دار عملکرد را به دنبال دارد. همچنین ارزن نوتریفید از پتانسیل بالاتری برای استفاده از آب و نیتروژن نسبت به سورگوم اسپیدفید برخوردار بود، به طوری که در تنش متوسط و شرایط مطلوب آبیاری و نیز در همه سطوح نیتروژن نسبت

به سورگوم برتری معنی‌داری نشان داد. همچنین اعمال تنش متوسط کم‌آبی نسبت به تیمار بدون تنش راندمان مصرف آب را در ارزن و سورگوم به ترتیب ۱۸/۵ و ۲۰/۷ درصد افزایش داد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا با توجه به مشکل کم‌آبی در منطقه بیرجند و بالاتر بودن راندمان مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ارزن نوتریفید، این گیاه علوفه‌ای با اعمال تنش‌های جزئی تا متوسط کم‌آبی و کاربرد حداقل ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار جهت کشت و کار مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۱- میانگین مربعات عملکرد، اجزای عملکرد ارزن و سورگوم و راندمان مصرف آب

میانگین مربعات					درجه	منابع
راندمان	عملکرد	عملکرد	عملکرد	عملکرد	آزادی	تغییرات
مصرف آب	خشک ساقه	خشک برگ	خشک کل	علوفه تر		
۰/۰۰۵ ^{n.s}	۰/۱۸۶ ^{n.s}	۰/۱۴۱ ^{n.s}	۰/۵۵۱ ^{n.s}	۱۳/۵۶۷ ^{n.s}	۲	تکرار
۰/۴۹۹ ^{**}	۲۳/۳۶۸ ^{**}	۷۳/۳۴۳ ^{**}	۱۸۵/۱۱۳ ^{**}	۳۶۳/۲۹۹ ^{**}	۲	آبیاری
۰/۰۰۵	۰/۲۷۱	۰/۱۰۲	۰/۵۸۴	۱۲۱/۹۱	۴	خطا
۰/۵۳۷ ^{**}	۵/۶۹۳ ^{**}	۱۵/۰۳۹ ^{**}	۴۰/۰۷۲ ^{**}	۸۵۶/۵۷۷ ^{**}	۲	نیتروژن
۰/۰۱۸ ^{**}	۰/۶۰۶ ^{**}	۱/۰۱۹ ^{**}	۲/۸۲۴ ^{**}	۵۶/۱۲ ^{**}	۴	آبیاری × نیتروژن
۰/۰۰۲	۰/۰۷۹	۰/۰۶۷	۰/۱۲	۳/۰۷۸	۱۲	خطا
۰/۰۷۹ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{n.s}	۱۴/۷۷۷ ^{**}	۹/۳۹۷ ^{**}	۴۰۲/۳۴۷ ^{**}	۱	نوع گیاه
۰/۰۴۷ ^{**}	۰/۱۵۵ ^{n.s}	۳/۰۵ ^{**}	۳/۶۶۷ ^{**}	۱۰۵/۶۱۱ ^{**}	۲	آبیاری × گیاه
۰/۰۰۰۱ ^{**}	۰/۵۷ ^{n.s}	۰/۲۴۷ [*]	۰/۰۴۱ ^{n.s}	۱/۵۶۴ ^{n.s}	۲	نیتروژن × گیاه
۰/۰۰۳ ^{**}	۰/۰۳۹ ^{n.s}	۰/۱۲۵ ^{n.s}	۰/۱۷۸ ^{**}	۵/۳۰۹ ^{**}	۴	آبیاری × نیتروژن × گیاه
۰/۰۰۱	۰/۰۷۸	۰/۰۴۹	۰/۰۳۸	۰/۹۶۵	۱۸	خطای کل
۲/۹۲	۱۱/۲۵	۴/۷۵	۲/۶۷	۲/۹۳	-	ضریب تغییرات (%CV)

** : معنی‌دار در سطح ۱٪

* : معنی‌دار در سطح ۵٪

n.s : غیر معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب تیمارهای اصلی

تیمار	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک کل (تن در هکتار)	عملکرد خشک برگ (تن در هکتار)	عملکرد خشک ساقه (تن در هکتار)	راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
سطوح آبیاری					
بدون تنش	۴۴/۴۱ a	۹/۶۵ a	۶/۲۸ a	۳/۳۷ a	۰/۸۲۹ b
تنش متوسط	۳۸/۷۲b	۸/۲۱ b	۵/۳۲ b	۲/۸۹ b	۰/۹۹۱ a
تنش شدید	۱۷/۴۲c	۳/۶۰ c	۲/۴۰ c	۱/۲۰ c	۰/۶۵۸ c
سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
۴۶	۲۶/۴۴ c	۵/۶۶c	۳/۷۳c	۱/۹۳c	۰/۶۸۴c
۹۲	۳۳/۸۹ b	۷/۲۰b	۴/۷۲b	۲/۴۸b	۰/۸۳۸b
۱۳۸	۴۰/۲۲ a	۸/۶۰a	۵/۵۵a	۳/۰۵a	۰/۹۹۳ a
گیاه					
ارزن نوتریفید	۳۶/۲۴a	۷/۶۸a	۵/۱۹a	۲/۴۹a	۰/۸۶۴a
سورگوم اسپیدفید	۳۰/۷۹ b	۶/۶۲b	۴/۱۴b	۲/۴۸a	۰/۷۸۸b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۰.۵٪ دارای اختلاف آماری معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن، سطوح آبیاری و نوع گیاه و سطوح نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب

راندمان	عملکرد	عملکرد	عملکرد ماده	عملکرد	اثرات متقابل	
مصرف آب	خشک ساقه	خشک برگ	خشک کل	علوفه تر		
(کیلوگرم بر متر مکعب)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)		
					آبیاری × نیتروژن	
۰/۶۷۷ d	۲/۷۹ c	۵/۱۳ c	۷/۹۲c	۳۶/۲۲ c	۴۶	بدون تنش
۰/۸۲۲c	۳/۱۶ bc	۶/۳۷ b	۹/۵۳ b	۴۴/۱۶b	۹۲	
۰/۹۸۸ b	۴/۱۷ a	۷/۳۴ a	۱۱/۵۱a	۵۲/۸۵ a	۱۳۸	
۰/۷۴۹d	۲/۰۵d	۴/۱۵d	۶/۲۰d	۲۹/۴۵d	۴۶	تنش متوسط
۱/۰۰۹b	۳/۰۹bc	۵/۲۸c	۸/۳۷c	۳۹/۳۸c	۹۲	
۱/۲۱۴ a	۳/۵۲b	۶/۵۳b	۱۰/۰۵b	۴۷/۳۳b	۱۳۸	
۰/۵۱۶ e	۰/۹۴ e	۱/۹۱f	۲/۸۵ f	۱۳/۶۵ f	۴۶	تنش شدید
۰/۶۸۲ d	۱/۲ e	۲/۵۰e	۳/۷۰e	۱۸/۱۳ e	۹۲	
۰/۷۷۵ c	۱/۴۶ e	۲/۸۰e	۴/۲۶e	۲۰/۴۸ e	۱۳۸	
					آبیاری × گیاه	
۰/۸۹۵ b	۳/۴۷ a	۷/۱۲ a	۱۰/۵۸ a	۴۸/۶۹ a	ارزن	بدون تنش
۰/۷۶۳ c	۳/۲۸ ab	۵/۴۵ c	۸/۷۳ b	۴۰/۱۳ b	سورگوم	
۱/۰۶۱ a	۲/۸۹ b	۵/۹۹ b	۸/۸۸ b	۴۲/۶۹ b	ارزن	تنش متوسط
۰/۹۲۱b	۲/۸۸ b	۴/۶۴ d	۷/۵۲ c	۳۴/۷۵ c	سورگوم	
۰/۶۳۷ d	۱/۱۲c	۲/۴۶ e	۳/۵۸ d	۱۷/۳۶ d	ارزن	تنش شدید
۰/۶۷۹d	۱/۲۹c	۲/۳۵ e	۳/۶۴ d	۱۷/۴۸ d	سورگوم	
					نیتروژن × گیاه	
۰/۶۸۳e	۱/۹۹ c	۴/۱۲ d	۶/۱۱ e	۲۸/۸۶ d	ارزن	۴۶
۰/۶۱۲f	۱/۷۵ c	۳/۶۳ e	۵/۳۸ f	۲۴/۰۲ e	سورگوم	
۰/۸۷۸ c	۲/۴۷ b	۵/۳۰b	۷/۷۷ c	۳۶/۶۵ b	ارزن	۹۲
۰/۷۹۷ d	۲/۵۰b	۴/۱۳ d	۶/۶۳ d	۳۱/۱۳ c	سورگوم	
۱/۰۳۲a	۳/۰۱a	۶/۱۵ a	۹/۱۶ a	۴۳/۲۳ a	ارزن	۱۳۸
۰/۹۵۳ b	۳/۰۹a	۴/۹۶ c	۸/۰۵ b	۳۷/۲۱ b	سورگوم	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۰.۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری، کود نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب

راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	عملکرد خشک ساقه (تن در هکتار)	عملکرد خشک برگ (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک کل (تن در هکتار)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	نوع گیاه	سطوح نیتروژن	سطوح آبیاری
۰/۷۴۴ efg	۲/۹۸ cd	۵/۸۲ cd	۸/۸۰de	۴۰/۵۵de	ارزن	۴۶	بدون تنش
۰/۶۱۰ gh	۲/۵۹ cde	۴/۴۴e	۷/۰۳ f	۳۱/۸۸fg	سورگوم		
۰/۸۸۹ de	۳/۲۴ abc	۷/۲۸ b	۱۰/۵۲ bc	۴۸/۲۲ bc	ارزن	۹۲	
۰/۷۵۵ efg	۳/۰۹ abcd	۵/۴۶d	۸/۵۵ de	۴۰/۱ de	سورگوم		
۱/۰۵۱ bc	۴/۱۹a	۸/۲۴a	۱۲/۴۳ a	۵۷/۲۸a	ارزن	۱۳۸	
۰/۹۲۵ cd	۴/۱۵ab	۶/۴۴ c	۱۰/۵۹ b	۴۸/۴۱ bc	سورگوم		
۰/۷۸۸def	۲/۰۸ def	۴/۵۳e	۶/۶۱ fg	۳۱/۹۴fg	ارزن	۴۶	تنش متوسط
۰/۷۱۱ fg	۲/۰۲ def	۳/۷۶ e	۵/۷۸ g	۲۶/۹۶g	سورگوم		
۱/۰۸۹ b	۳/۰۱bcd	۶/۱۰ cd	۹/۱۱d	۴۳/۷۳ cd	ارزن	۹۲	
۰/۹۳ cd	۳/۱۶ abcd	۴/۴۵ e	۷/۶۱ ef	۳۵/۰۳ ef	سورگوم		
۱/۳۰۵ a	۳/۵۸ abc	۷/۳۵ b	۱۰/۹۳ b	۵۲/۴۰ab	ارزن	۱۳۸	
۱/۱۲۲ b	۳/۴۶ abc	۶/۰ cd	۹/۴۶ cd	۴۲/۲۶cd	سورگوم		
۰/۵۱۶ h	۰/۹۲ f	۲/۰ gh	۲/۹۲ i	۱۴/۰۸ ij	ارزن	۴۶	تنش شدید
۰/۵۱۷ h	۰/۹۶ f	۱/۸۲ h	۲/۷۸ i	۱۳/۲۱ j	سورگوم		
۰/۶۵۸ fgh	۱/۱۶ f	۲/۵۲ fgh	۳/۶۸ hi	۱۷/۹۹ hij	ارزن	۹۲	
۰/۷۰۶ fg	۱/۲۵ f	۲/۴۹ fgh	۳/۷۴ hi	۱۸/۲۶ hij	سورگوم		
۰/۷۳۸ efg	۱/۲۶ f	۲/۸۶ f	۴/۱۲ hi	۲۰/۰ hi	ارزن	۱۳۸	
۰/۸۱۳ def	۱/۶۶ df	۲/۷۴ fg	۴/۴۰ h	۲۰/۹۷ h	سورگوم		

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵- همبستگی بین صفات

راندمان مصرف آب	عملکرد خشک ساقه	عملکرد خشک برگ	عملکرد ماده خشک کل	عملکرد علوفه تر	صفات
				۱	عملکرد علوفه تر
			۱	۰/۹۷۷**	عملکرد ماده خشک کل
		۱	۰/۹۸۳**	۰/۹۸۹**	عملکرد خشک برگ
	۱	۰/۹۰۷**	۰/۹۶۷**	۰/۹۵۵**	عملکرد خشک ساقه
۱	۰/۷۶۵**	۰/۷۷۰**	۰/۷۷۵**	۰/۸۰۲**	راندمان مصرف آب

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪

منابع

- ۱- آقاعلیخانی، م. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر مقادیر مختلف و شیوه توزیع کود نیتروژن بر منحنی رشد و خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۴۴ صفحه.
- ۲- بزرگوار، ن. ۱۳۷۵. تعیین مناسب ترین رقم و سطح کود ازت در سورگوم علوفه‌ای بر اساس ارزش سیلویی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۵ صفحه.
- ۳- بی نام. ۱۳۸۶. آمار هواشناسی استان خراسان جنوبی. سازمان هواشناسی استان خراسان جنوبی، ۲۲ صفحه.
- ۴- پناهی، م. ۱۳۸۲. تأثیر رژیم های آبیاری بر عملکرد ارزن علوفه‌ای در منطقه یزد. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، شماره طرح ۱۴-۷۹۰۱۵-۱۲۴، ۴۹ صفحه.
- ۵- توکلی، ح.، م. کریمی و س. ف. موسوی. ۱۳۶۸. اثر رژیم های مختلف آبیاری بر رشد رویشی و زایشی ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۰، شماره ۳ و ۴، ص. ۹-۱.
- ۶- شاهوردی، خ. ۱۳۶۶. بررسی اثر چهار میزان مختلف کود ازته بر خواص کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای و دو رقم سورگوم علوفه‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۳۱ صفحه.
- ۷- طباطبایی، س. ع. ۱۳۷۹. بررسی اختلاف ژنوتیپ های سورگوم و ارزن علوفه‌ای از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب در مدیریت های مختلف زراعی. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۲۴۷ صفحه.
- ۸- کاظمی اربط، ح.، ف. رحیمزاده خوی، م. مقدم و ا. بنایی خسرقی. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر و دوره های آبیاری بر روی بیوماس تولیدی سورگوم علوفه‌ای واریته اسپیدفید. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱ شماره ۳، ص. ۷۲۳-۷۱۳.
- ۹- کهن مو، م. ا. و د. مظاهری. ۱۳۸۲. اثر فواصل آبیاری و نحوه تقسیط کود ازت بر برخی صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۵ شماره ۲، ص. ۸۴-۷۵.
- ۱۰- مهرانی، ا. ۱۳۷۶. بررسی اثرات فواصل مختلف دور آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، شماره طرح ۰۵-۷۳۰-۱۲-۱۰۷، ۵۸ صفحه.
- ۱۱- ناخدا، ب. ا. هاشمی دزفولی و ن. بنی صدر. ۱۳۷۹. بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید. مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۳۱، شماره ۴، ص. ۷۱۲-۷۰۱.
- ۱۲- ولد آبادی، س. ع. ۱۳۷۸. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک تنش خشکی در ذرت، سورگوم و ارزن. رساله دکتری رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۰۱ صفحه.

13- Beyaert, R. P., and Roy, R. C. 2005. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum-sudangrass yield and nitrogen use. *Agronomy Journal* 97: 1493-1501.

14. Conover, D. G., and Sovonick, S. A. 1989. Influence of water deficits on the water relations and growth of *Echinochloa turneriana*, *Echinochloa crus-gali* and *Pennisetum americanum*. *Australian Journal of Plant Physiology* 16(3): 291-304.

15. Hellen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, No. 56. Pp: 125-132.
16. Inada, K., Matsuura, A., and Amane, M. 1992. Interspecific differences in mechanism of drought tolerance among four cereal crops. Japanese Journal of Crop Science 61(1): 87-95.
- 17- Jacobs, J., Ward, G., and McKenzie, F. 2004. Effects of irrigation strategies on dry matter yields and water use efficiency of a range of forage species. Available at: <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/1/5/533>.
18. Onken, A. B., Wendt, C. W., Payne, W. A., and Drew, M. C. 1992. Soil phosphorus availability and pearl millet water use efficiency. Crop Science 32: 1010-1015.
19. Prasertsak, A., and Fukai, S. 1997. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. Field Crops Research 52 :249-26.
20. Saeed, I. A. M., and El-Nadi, A. H. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Science 18: 67- 71.
21. Singh, B. R., and Singh, D. P. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. Field Crops Research 42: 57- 67.
- 22- Sasani, S., Jahansooz, M. R., and Ahmadi, A. 2004. The effects of deficit irrigation on water- use efficiency, yield and quality of forage pearl millet. Proceedings of the 4th international crop science congress. Brisbane, Australia, 26 sep–1 oct.
23. Sivankumar, M. V. K., and Salaam, S. A. 1999. Effect of year and fertilizer on water- use efficiency of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in Niger. Journal of Agricultural Science 132: 139- 148.
24. Sumi, A. 1989. Some relationships between plant growth and soil moisture variations. Kagoshima University, Japan, 25: 39-51 .
25. Springer, T. L., Taliaferro, C. M., and Hattey, J. A. 2005. Nitrogen source and rate effects on production of Buffalograss forage growth with irrigation. Crop Science 45: 668-672.
26. Subramanian, V. B., and Maheswari, M. 1989. Comparison of physiological responses of pearl millet and sorghum to water stress. Plant Science 99(6): 517-522.
27. Towne, G., Fjell, D., and Fritz, J. 2002. Summer Annual Forages. Department of Agronomy, Kansas State University, USA, Pp: 6-8.