تأثیر تنش کم‌آبی 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 وکود 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) وکود 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 وکود 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 کم‌آبی، 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 به‌وجود 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 C٤ 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 برعملکرد 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 (۱۳۷٦) 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[1] و همکاران (۲۰۰٤) 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 به‌دست 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 گیلو گرم در هکتار) بیشترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص داد (۱۷).

بیارت و روی[2] (۲۰۰۵) پس از مطالعه تأثیر مقادیر صفر تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای اظهار داشتند که عملکرد و کارآیی مطلوب نیتروژن با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (۱۳). شاهوردی (۱۳٦٦) 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 (٦). در حالی که بزرگوار (۱۳۷۵) در مطالعه دو سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتارکود اوره در سورگوم اسپیدفید به این نتیجه رسید که افزایش کود اوره باعث افزایش عملکرد سورگوم می‌گردد (۲).

1. Jacobs
2. Beyaert and Roy

اسپرینگر[1] و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر علوفه بوفالوگراس نتیجه‌گیری نمودند که افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۱۲۰ کیلو گرم در هکتار افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک علوفه را باعث می‌گردد (۲۵).

ساسانی[2] و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی اثرات کم آبیاری بر راندمان مصرف آب ارزن علوفه‌ای، نتیجه‌گیری نمودند که راندمان مصرف آب با اعمال تنش کم‌آبی افزایش پیدا کرد (۲۲).

اونکن و وندت[3] (۱۹۹۲) افزایش معنی‌داری را در کارآیی 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 ۸٤-۸۳ 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 ۱٤۷۰ 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 ٤/٤۹ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میزان کربن آلی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک ۰/۳۲ درصد بود. میانگین بلند مدت حداقل و حداکثر دما در بیرجند به‌ترتیب ٤/٦ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی سالانه ۱٦۹ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۲۳/۵ و ۵۹/٦ درصد است و اقلیم منطقه بیابانی گرم و خشک می‌باشد (۳).

در این تحقیق سطوح آبیاری شامل ۳۳، ٦۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان فاکتور اصلی، سطوح نیتروژن شامل ٤٦، 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، ٦۷ 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 (۱٤).

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

1. Springer
2. Sasani
3. Onken and Wendt

گردید (١٤). آبیاری با کمک سیستم تحت فشار و با استفاده از شیلنگ و کنتور در هر کرت آزمایشی در فواصل زمانی ۸ تا ۱۰ روز انجام گرفت. کود نیتروژن نیز به صورت کود اوره در دو نوبت ($\frac{1}{2}$ پس از عملیات تنک و $\frac{1}{2}$ پس از برداشت چین اول) به کرت‌های آزمایشی داده شد (۱، ٦).

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 آون به مدت ٤٨ تا ٧٢ 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) به‌دست 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.

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

همان طور 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 (جدول۲). این موضوع در اکثر مطالعات مربوط به بررسی تنش کم‌آبی در گیاهان علوفه‌ای از جمله پژوهش‌های ناخدا و همکاران (۱۳۷۹)، توکلی و همکاران (١٣٦٨)، پناهی (۱۳۸۲) و سعید و النادی[1] (۱۹۹۸) گزارش شده است و یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌نمایند (۱۱، ٥، ٤، ۲۰). تیمار بدون تنش با میانگین ٤٤/٤١ تن در هکتار بیشترین و تیمار تنش شدید با میانگین ۱۷/٤۲ 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 ٦۰/۷ 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

1. Saeed and El-Nadi

تیمار تنش شدید باعث کاهش ٦٢/٧ درصدی عملکرد خشک کل نسبت به تیمار بدون تنش شد. تیمار بدون تنش با تولید ماده خشک معادل ٩/٦٥ تن در هکتار در گروه برتر قرار گرفت (جدول٢). ناخدا (١٣٧٩) و سومی[1] (١٩٨٩) نیز در آزمایش‌های خود نشان دادند که مقدار ماده خشک با افزایش مقدار آب قابل مصرف گیاه افزایش می‌یابد (١١، ٢٤). هم‌چنین ولدآبادی (١٣٧٨) 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 (١٢).

اثر نیتروژن نیز بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بود (جدول١). 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 (جدول٢). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد گیاهان علوفه‌ای می‌شود (٢، ٨، ١٧). 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 ١٣٨ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ٨/٦٠ تن علوفه خشک در هکتار حاصل شد (جدول٢).

همان‌گونه که در جدول ١ مشاهده می‌شود تأثیر نوع گیاه بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر معنی‌دار بود. به طوری که در شرایط این آزمایش ارزن نوتریفید با تولید ٣٦/٢٥ تن در هکتار علوفه تر نسبت به سورگوم اسپیدفید با تولیدی معادل ٣٠/٧٩ تن در هکتار علوفه تر برتری داشت. از نظر عملکرد ماده خشک کل، ارزن نوتریفید با تولید ٧/٦٨ تن در هکتار از برتری معنی‌داری نسبت به سورگوم اسپیدفید با میانگین ٦/٦٢ تن در هکتار برخوردار بود.

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و علوفه تر در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بود (جدول١). بیشترین عملکرد علوفه تر کل مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش و مصرف ١٣٨ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول٣). نتایج نشان داد که در شرایط تنش متوسط کم‌آبی، افزایش مصرف نیتروژن تا ١٣٨ کیلوگرم در هکتار می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار عملکرد علوفه تر گردد و عملکردی بیشتر از تیمار بدون تنش و مصرف ٩٢ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید نماید. علت این امر را احتمالا می‌توان به جذب بیشتر نیتروژن و تولید بیوماس بیشتر به علت نقش نیتروژن در گیاه نسبت داد. تیمار بدون تنش با مصرف ١٣٨ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین و تیمار تنش شدید با مصرف ٤٦ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کمترین عملکرد علوفه خشک کل را به خود اختصاص داد (جدول٣).

تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آب و نوع گیاه بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول١). تیمار بدون تنش در ارزن علوفه‌ای با میانگین ٤٨/٦٩ 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

1. Sumi

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 به‌ترتیب با ۱۷/٦ و ۱٦ درصد کاهش تولید ماده خشک نسبت به تیمار برتر، در گروه آماری بعدی قرار گرفت (جدول٤). اینادا[1] و همکاران (۱۹۹۲) و سوبرامانیان و ماهسواری[2] (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 (۱٦، ۲٦). اینادا و همکاران (۱۹۹۲) نتیجه‌گیری کردند که ارزن مرواریدی به دلیل قدرت زیاد نگهداری آب دارای تحمل بالایی در برابر کم‌آبی می‌باشد (۱٦). 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 (جدول۱). تیمار بدون تنش با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن نوتریفید با میانگین ۵۷/۲۸ و ۱۲/٤۳ تن در هکتار به ترتیب بیشترین تولید علوفه تر و ماده خشک کل را به خود اختصاص داد (جدول٤).

عملکرد خشک برگ و ساقه

با توجه به اهمیت کیفی برگ‌ها در گیاهان علوفه‌ای، بررسی مقدار ماده خشک تولید شده در 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 (جدول۱) و کاهش آبیاری تا حد اعمال تنش شدید، عملکرد ماده خشک برگ‌ها را نسبت به تیمار بدون تنش ٦۱/۸ درصد کاهش داد. تیمار بدون تنش با تولید ٦/۲۸ تن در هکتار ماده خشک در برگ‌ها بیشترین و تیمار تنش شدید با میانگین ۲/٤۰ 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 (جدول۲). کاهش ماده خشک برگ و ساقه و در نتیجه ماده خشک کل ذرت علوفه‌ای در اثر تنش کم‌آبی توسط توکلی و همکاران (۱۳٦۸) نیز گزارش شده است (۵).

اثر نیتروژن بر عملکرد خشک برگ و ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۱). کاهش مصرف نیتروژن از ۱۳۸ به ۹۲ و ٤٦ کیلوگرم در هکتار، تولید ماده خشک در برگ‌ها را به ترتیب ۱٤/۹۵ و ۳۲/۷۹ درصد کاهش داد (جدول۲). عملکرد خشک ساقه نیز به طور معنی‌داری با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت به طوری که تیمار مصرف ۱۳٦ 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 (جدول۲) 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.

1. Inada
2. Subramanian and Maheswari

اثر متقابل نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار ولی بر عملکرد خشک ساقه معنی‌دار نبود (جدول۱).

راندمان مصرف آب

سطوح آبیاری تأثیر معنی‌داری بر راندمان مصرف آب داشت (جدول۱). 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 ۰/٦٥٨ 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 (جدول۲). 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 (جدول۱). مقایسه میانگین راندمان مصرف آب در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، راندمان مصرف آب به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۲). بر اساس نتایج به‌دست 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 ٤٦ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کاهش ۱۵/٦ و ۳۱/۱ درصدی راندمان مصرف آب را به دنبال داشت. سیوان‌کومار و سالام[1] (۱۹۹۹) نیز گزارش نمودند که با مصرف کود نیتروژن، راندمان مصرف آب در ارزن مرواریدی 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 (جدول۱). 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 (جدول۲). 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[2]

1. Sivankumar and Salaam
2. Singh and Singh

(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 (جدول۱). تیمار تنش متوسط و مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ۱/۲۱٤ 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[1] (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 احتمالا 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 (جدول۱). 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 ۱/۰٦۱ کیلوگرم بود. تیمار تنش شدید در ارزن با بازده مصرف آب ۰/٦۳۷ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی ضمن ٤۰ درصد کاهش نسبت به تیمار برتر، پائین‌ترین بازده مصرف آب را به خود اختصاص داد (جدول۳).

اثر متقابل کود نیتروژن و نوع گیاه بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول۱). 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 ۰/٦۱۲ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در تیمار سورگوم علوفه‌ای با مصرف ٤٦ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول۳).

اثر متقابل سه عامل تنش کم‌آبی، کود نیتروژن و نوع گیاه بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول۱). تیمار تنش متوسط با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن بالاترین و تیمار تنش شدید با مصرف ٤٦ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن پایین‌ترین راندمان مصرف آب را به خود اختصاص دادند (جدول٤).

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 (جدول۵). بنابراین می‌توان با افزایش تولید علوفه راندمان مصرف آب را افزایش داد.

1. Prasertsak and Fukai

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست 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 وسورگوم و راندمان مصرف آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد علوفه تر	عملکرد خشک کل	عملکرد خشک برگ	عملکرد خشک ساقه	راندمان مصرف آب
تکرار	۲	۱۳/۵٦۷ n.s	۰/۵۵۱ n.s	۰/۱٤۱ n.s	۰/۱۸٦ n.s	۰/۰۰۵ n.s
آبیاری	۲	۳٦۳/۲۹۹**	۱۸۵/۱۱۳**	۷۳/۳٤۳ **	۲۳/۳٦۸**	۰/٤۹۹ **
خطا	٤	۱۲۱/۹۱	۰/۵۸٤	۰/۱۰۲	۰/۲۷۱	۰/۰۰۵
نیتروژن	۲	۸۵٦/۵۷۷**	٤۰/۰۷۲ **	۱۵/۰۳۹ **	۵/٦۹۳ **	۰/۵۳۷**
آبیاری × نیتروژن	٤	۵٦/۱۲ **	۲/۸۲٤ **	۱/۰۱۹ **	۰/٦۰٦**	۰/۰۱۸ **
خطا	۱۲	۳/۰۷۸	۰/۱۲	۰/۰٦۷	۰/۰۷۹	۰/۰۰۲
نوع گیاه	۱	٤۰۲/۳٤۷**	۹/۳۹۷ **	۱٤/۷۷۷**	۰/۰۰۲n.s	۰/۰۷۹ **
آبیاری × گیاه	۲	۱۰۵/٦۱۱ **	۳/٦٦۷ **	۳/۰۵**	۰/۱۵۵n.s	۰/۰٤۷ **
نیتروژن × گیاه	۲	۱/۵٦٤n.s	۰/۰٤۱ n.s	۰/۲٤۷*	۰/۵۷ n.s	۰/۰۰۰۱ **
آبیاری× نیتروژن× گیاه	٤	۵/۳۰۹ **	۰/۱۷۸ **	۰/۱۲۵ n. s	۰/۰۳۹ n.s	۰/۰۰۳ **
خطای کل	۱۸	۰/۹٦۵	۰/۰۳۸	۰/۰٤۹	۰/۰۷۸	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات(%CV)	–	۲/۹۳	۲/٦۷	٤/۷۵	۱۱/۲۵	۲/۹۲

n.s : غیر معنی‌دار * : معنی‌دار در سطح ۵٪ ** : معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول۲- 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	٤٤/٤١ a	٩/٦٥ a	٦/٢٨ a	٣/٣٧ a	٠/٨٢٩ b
تنش متوسط	٣٨/٧٢b	٨/٢١ b	٥/٣٢ b	٢/٨٩ b	٠/٩٩١ a
تنش شدید	١٧/٤٢c	٣/٦٠ c	٢/٤٠ c	١/٢٠ c	٠/٦٥٨ c
سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
٤٦	٢٦/٤٤ c	٥/٦٦c	٣/٧٣c	١/٩٣c	٠/٦٨٤c
٩٢	٣٣/٨٩ b	٧/٢٠b	٤/٧٢b	٢/٤٨b	٠/٨٣٨b
١٣٨	٤٠/٢٢ a	٨/٦٠a	٥/٥٥a	٣/٠٥a	٠/٩٩٣ a
گیاه					
ارزن نوتریفید	٣٦/٢٤a	٧/٦٨a	٥/١٩a	٢/٤٩a	٠/٨٦٤a
سورگوم اسپیدفید	٣٠/٧٩ b	٦/٦٢b	٤/١٤b	٢/٤٨a	٠/٧٨٨b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال 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

اثرات متقابل		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)
آبیاری × نیتروژن						
بدون تنش	٤٦	٣٦/٢٢ c	٧/٩٢c	٥/١٣ c	٢/٧٩ c	٠/٦٧٧ d
	٩٢	٤٤/١٦b	٩/٥٣ b	٦/٣٧ b	٣/١٦ bc	٠/٨٢٢c
	١٣٨	٥٢/٨٥ a	١١/٥١a	٧/٣٤ a	٤/١٧ a	٠/٩٨٨ b
تنش متوسط	٤٦	٢٩/٤٥d	٦/٢٠d	٤/١٥d	٢/٠٥d	٠/٧٤٩d
	٩٢	٣٩/٣٨c	٨/٣٧c	٥/٢٨c	٣/٠٩bc	١/٠٠٩b
	١٣٨	٤٧/٣٣b	١٠/٠٥b	٦/٥٣b	٣/٥٢b	١/٢١٤ a
تنش شدید	٤٦	١٣/٦٥ f	٢/٨٥ f	١/٩١f	٠/٩٤ e	٠/٥١٦ e
	٩٢	١٨/١٣ e	٣/٧٠e	٢/٥٠e	١/٢ e	٠/٦٨٢ d
	١٣٨	٢٠/٤٨ e	٤/٢٦e	٢/٨٠e	١/٤٦ e	٠/٧٧٥ c
آبیاری × گیاه						
بدون تنش	ارزن	٤٨/٦٩ a	١٠/٥٨ a	٧/١٢ a	٣ /٤٧ a	٠/ ٨٩٥ b
	سورگوم	٤٠/١٣ b	٨/٧٣ b	٥/٤٥ c	٣/٢٨ ab	٠/٧٦٣ c
تنش متوسط	ارزن	٤٢/٦٩ b	٨/٨٨ b	٥/٩٩ b	٢/٨٩ b	١/٠٦١ a
	سورگوم	٣٤/٧٥ c	٧/٥٢ c	٤/٦٤ d	٢/٨٨ b	٠/٩٢١b
تنش شدید	ارزن	١٧/٣٦ d	٣/٥٨ d	٢/٤٦ e	١/١٢c	٠/٦٣٧ d
	سورگوم	١٧/٤٨ d	٣/٦٤ d	٢/٣٥ e	١/٢٩c	٠/ ٦٧٩d
نیتروژن × گیاه						
٤٦	ارزن	٢٨/٨٦ d	٦/١١ e	٤/١٢ d	١/٩٩ c	٠/٦٨٣e
	سورگوم	٢٤/٠٢ e	٥/٣٨ f	٣/٦٣ e	١/٧٥ c	٠/٦١٢f
٩٢	ارزن	٣٦/٦٥ b	٧/٧٧ c	٥/٣٠b	٢/٤٧ b	٠/٨٧٨ c
	سورگوم	٣١/١٣ c	٦/٦٣ d	٤/١٣ d	٢/٥٠b	٠/٧٩٧ d
١٣٨	ارزن	٤٣/٢٣ a	٩/١٦ a	٦/١٥ a	٣/٠١a	١/٠٣٢a
	سورگوم	٣٧/٢١ b	٨/٠٥ b	٤/٩٦ c	٣/٠٩a	٠/٩٥٣ b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری، کود نیتروژن و نوع گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب

سطوح آبیاری	سطوح نیتروژن	نوع گیاه	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک کل (تن در هکتار)	عملکرد خشک برگ (تن درهکتار)	عملکرد خشک ساقه (تن در هکتار)	راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
بدون تنش	٤٦	ارزن	٤٠/٥٥de	٨/٨٠de	٥/٨٢ cd	٢/٩٨ cd	٠/٧٤٤ efg
		سورگوم	٣١/٨٨fg	٧/٠٣ f	٤/٤٤e	٢/٥٩ cde	٠/٦١٠ gh
	٩٢	ارزن	٤٨/٢٢ bc	١٠/٥٢ bc	٧/٢٨ b	٣/٢٤ abc	٠/٨٨٩ de
		سورگوم	٤٠/١ de	٨/٥٥ de	٥/٤٦d	٣/٠٩ abcd	٠/٧٥٥ efg
	١٣٨	ارزن	٥٧/٢٨a	١٢/٤٣ a	٨/٢٤a	٤/١٩a	١/٠٥١ bc
		سورگوم	٤٨/٤١ bc	١٠/٥٩ b	٦/٤٤ c	٤/١٥ab	٠/٩٢٥ cd
تنش متوسط	٤٦	ارزن	٣١/٩٤fg	٦/٦١ fg	٤/٥٣e	٢/٠٨ def	٠/٧٨٨def
		سورگوم	٢٦/٩٦g	٥/٧٨ g	٣/٧٦ e	٢/٠٢ def	٠/٧١١ fg
	٩٢	ارزن	٤٣/٧٣ cd	٩/١١d	٦/١٠ cd	٣/٠١bcd	١/٠٨٩ b
		سورگوم	٣٥/٠٣ ef	٧/٦١ ef	٤/٤٥ e	٣/١٦ abcd	٠/٩٣ cd
	١٣٨	ارزن	٥٢/٤٠ab	١٠/٩٣ b	٧/٣٥ b	٣/٥٨ abc	١/٣٠٥ a
		سورگوم	٤٢/٢٦cd	٩/٤٦ cd	٦/٠ cd	٣/٤٦ abc	١/١٢٢ b
تنش شدید	٤٦	ارزن	١٤/٠٨ ij	٢/٩٢ i	٢/٠ gh	٠/٩٢ f	٠/٥١٦ h
		سورگوم	١٣/٢١ j	٢/٧٨ i	١/٨٢ h	٠/٩٦ f	٠/٥١٧ h
	٩٢	ارزن	١٧/٩٩ hij	٣/٦٨ hi	٢/٥٢ fgh	١/١٦ f	٠/٦٥٨ fgh
		سورگوم	١٨/٢٦ hij	٣/٧٤ hi	٢/٤٩ fgh	١/٢٥ f	٠/٧٠٦ fg
	١٣٨	ارزن	٢٠/٠ hi	٤/١٢ hi	٢/٨٦ f	١/٢٦ f	٠/٧٣٨ efg
		سورگوم	٢٠/٩٧ h	٤/٤٠ h	٢/٧٤ fg	١/٦٦ df	٠/٨١٣ def

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ٥- همبستگی بین صفات

صفات	عملکرد علوفه تر	عملکرد ماده خشک کل	عملکرد خشک برگ	عملکرد خشک ساقه	راندمان مصرف آب
عملکرد علوفه تر	١				
عملکرد ماده خشک کل	٠/٩٧٧**	١			
عملکرد خشک برگ	٠/٩٨٩**	٠/٩٨٣**	١		
عملکرد خشک ساقه	٠/٩٥٥**	٠/٩٦٧**	٠/٩٠٧ **	١	
راندمان مصرف آب	٠/٨٠٢**	٠/٧٧٥**	٠/٧٧٠ **	٠/٧٦٥ **	١

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ١٪

منابع

۱- آقاعلیخانی، م. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر مقادیر مختلف و شیوه توزیع کود نیتروژن بر منحنی رشد و خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۲٤٤ صفحه.

۲- بزرگوار، ن. ۱۳۷۵. تعیین مناسب‌ترین رقم و سطح کود ازت در سورگوم علوفه‌ای بر اساس ارزش سیلویی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۵ صفحه.

۳- بی‌نام. ۱۳۸٦. آمار هواشناسی استان خراسان جنوبی. سازمان هواشناسی استان خراسان جنوبی، ۲۲ صفحه.

٤- پناهی، م. ۱۳۸۲. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد ارزن علوفه‌ای در منطقه یزد. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، شماره طرح ۷۹۰۱٤-۱۵-۱۲٤، ٤۹ صفحه.

۵- توکلی، ح. ، م. کریمی و س. ف. موسوی. ۱۳٦۸. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد رویشی و زایشی ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۰، شماره ۳ و ٤، ص. ۹-۱.

٦- شاهوردی، خ. ۱۳٦٦. بررسی اثر چهار میزان مختلف کود ازته بر خواص کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای و دو رقم سورگوم علوفه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۳۱ صفحه.

۷- طباطبایی، س.ع. ۱۳۷۹. بررسی اختلاف ژنوتیپ‌های سورگوم و ارزن علوفه‌ای از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب در مدیریت‌های مختلف زراعی. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۲٤۷ صفحه.

۸- کاظمی اربط، ح.، ف. رحیمزاده خوی، م. مقدم و ا. بنایی خسرقی. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر و دورهای آبیاری بر روی بیوماس تولیدی سورگوم علوفه‌ای واریته اسپیدفید. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱ شماره ۳، ص. ۷۲۳-۷۱۳ .

۹- کهن‌مو، 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. ۸٤-۷۵.

۱۰- مهرانی، ا. ۱۳۷٦. بررسی اثرات فواصل مختلف دور آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، شماره طرح ۷۳۰۰۵-۱۲-۱۰۷، ۵۸ صفحه.

۱۱- ناخدا، ب.، ا. هاشمی دزفولی و ن. بنی صدر. ۱۳۷۹. بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید. مجله علوم کشاورزی ایران جلد۳۱، شماره ٤، 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.