

بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید

بابک ناخدا، ابوالحسن هاشمی دزفولی و ناصر بنی صدر

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز و

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۴/۸

خلاصه

به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبی بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مروارید (*Pennisetum americanum* L.Leek)، هیبرید علوفه‌ای نوتریفید آزمایشی در بهار سال ۱۳۷۴ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تیمار و در چهار تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به مورد اجرا گذارده شد. تیمارهای تنش کم آبی شامل آبیاری گیاه در چهار سطح محتوای آب نسبی برگ (RWC)^۱ در دامنه‌های ۹۵-۹۰٪، ۸۵-۸۰٪، ۷۵-۷۰٪ و ۶۵-۶۰٪ بود. محصول علوفه ارزن نوتریفید در دو نوبت برداشت گردیده و در هر چین صفات کمی از جمله عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، عملکرد پروتئین، همچنین صفات کیفی علوفه مانند نسبت برگ به ساقه، درصد پروتئین خام، درصد فیبر و درصد خاکستر علوفه در هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان دادند که کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر سوء تنش کم آبی قرار گرفته و بین شدت تنش اعمال شده با کلیه صفات مذکور همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت. تیمار شاهد (آبیاری در RWC بین ۹۰ تا ۹۵ درصد) با تولید ۱۲/۵۸ کیلوگرم علوفه تر در متر مربع و ۳۵۷/۸۹ گرم پروتئین خام در متر مربع از نظر کلیه صفات کمی و کیفی نسبت به تیمارهای تحت تنش دارای برتری بود. همچنین در مقایسه دو برداشت، برداشت دوم علی‌رغم کاهش کمیت علوفه (۴/۱۱ کیلوگرم علوفه تر در متر مربع در مقایسه با ۵/۱۸ کیلوگرم) از کیفیت به مراتب بهتری نسبت به برداشت اول (۱۵/۳۶ درصد پروتئین خام در مقابل ۱۳/۸۰ درصد) برخوردار بود. واژه‌های کلیدی: زمان آبیاری، تنش کم آبی، تنش خشکی، ارزن مروارید، نوتریفید، علوفه، خصوصیات کیفی، صفات کمی، عملکرد.

مقدمه

کمبود مواد غذایی و افزایش روزافزون جمعیت، به ویژه در کشورهای در حال توسعه نگرانی‌های جدی در رابطه با آینده غذا به وجود آورده است. در این میان نقش گیاهان علوفه‌ای در تغلیف دام و در نتیجه تأمین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی از اهمیت غیر قابل

انکاری برخوردار است.

ارزن مروارید^۲ (*Pennisetum americanum* L.Leek)

گیاهی است که به تازگی در نواحی وسیعی از جهان کشت می‌شود.

رشد سریع، قابلیت تطابق بالا در نواحی گرمسیری، مقاومت نسبی بالا

1. Relative water content

2. Pearl millet

به خشکی و شوری، درصد بالای پروتئین، پربرگی و خوشخواری و عدم وجود اسید پروسیک، چهار کربنه بودن، توانایی تولید بالای آن در نواحی گرم و خشک و بالا بودن کارآیی مصرف آب آن نسبت به گونه‌های سه کربنه، همگی باعث شده که به صورت گیاه علوفه‌ای ایده‌آلی برای کشت در نواحی گرم و خشک که با محدودیت آب مواجه هستند، محسوب گردد (۳۳، ۳۴). خشکی و تنش ناشی از آن از مهمترین و رایج ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده استفاده از مناطق نیمه خشک را کاهش می‌دهد (۱).

کرامر (۲۸)، لویت (۲۹) و اسلاتیر (۳۶) در گزارشهای خود به تأثیر سوء تنش خشکی در کاهش رشد و عملکرد گیاهان مختلف اشاره کرده‌اند. همچنین محققین دیگری از جمله تی‌پی‌رویت (۳)؛ هارولد (۲۱)؛ توکلی و همکاران (۳۸)؛ فرجاد (۹)؛ غمامی (۸) و سید (۷) در تحقیقات خود به اثرات مختلف تنش خشکی در کاهش عملکرد و ماده خشک، کاهش تعداد پنجه‌ها، کاهش سطح برگ و شدت فتوسنتز و افزایش شدت تنفس تاکید کرده‌اند.

در ارتباط با ارزیابی علوفه‌ای تاکنون در ایران پژوهشهای چندانی صورت نگرفته است و مطالعات انجام شده، تنها در قالب بررسی‌های منطقه‌ای در یزد، اصفهان، صفی‌آباد دزفول و کرج بر میزان عملکرد، تعداد چین، بهترین تاریخ کاشت و بهترین ارتفاع برداشت از سطح زمین بوده است (۴، ۵، ۱۲). در زمینه گیاهان علوفه‌ای، فعالیتها به طور عمده روی یونجه، سورگم و ذرت متمرکز بوده است.

هنسون (۲۲ و ۲۳) مکانیزم تنظیم اسمزی و تجمع ABA در بوته‌های تحت تنش خشکی ارزیابی را مطالعه نمود. ماهالاشمی (۳۰) و بی‌دینگر (۱۷) تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و پروتئین دانه ارزیابی را در مراحل نمو خوشه و پرشدن دانه مورد مطالعه قرار دادند. آنها مشاهده نمودند که عملکرد دانه، اجزای عملکرد، مقدار پروتئین و مجموع عملکرد دانه در واحد سطح در مرحله نمو خوشه تحت تأثیر قرار نگرفت. در حالی که تنش آبی در مرحله پرشدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه گردید؛ اما محتوای پروتئین دانه افزایش یافت. مجموع عملکرد پروتئین در واحد سطح به دلیل کاهش عملکرد دانه کاهش یافت. وی اظهار داشت که افزایش ظاهری میزان پروتئین به

دلیل کاهش تجمع کربوهیدراتها تحت شرایط تنش بوده است.

ابراهیم (۲۵) خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک ارزیابی را تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار داد. وی گزارش نمود که تنش آبی رشد و اجزای عملکرد را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد.

یوشی (۲۷) در بررسی عملکرد سه ژنوتیپ ارزیابی تحت شرایط خشکی طبیعی، مشاهده نمود که ارزیابی را تحت شرایط تنش متوسط و شدید نسبت به ارزیابی دم روباهی^۱ (*Setaria italica*) و ارزیابی پرسو^۲ (*Panicum miliaceum*) از رشد و عملکرد به مراتب بالاتری برخوردار بود. وی تحمل بالاتر ارزیابی را برابر خشکی را به سیستم ریشه‌ای کاملاً توسعه یافته آن نسبت داد.

سوبرامانیا و ماهسواری (۳۷)، با مقایسه واکنش‌های فیزیولوژیک ارزیابی و سورگم تحت تنش کم آبی گزارش کردند که اثرات سوء تنش بر سورگم و کاهش عملکرد در این گیاه به مراتب بیشتر از ارزیابی باشد.

کونور و سوونیک (۱۸) در مطالعه تأثیر تنش کم آبی بر روابط آبی و رشد دوگونه سوروف و ارزیابی را مشاهده نمودند که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد پنجه در هر سه گیاه گردید. شدت این اثرات در ارزیابی به مراتب کمتر از دوگونه دیگر بود.

ماسوجیدک و تریودی (۳۱) در بررسی اثرات توأم و افزایشی تنش خشکی و نور زیاد بر ارزیابی را مشاهده نمودند که تنش خشکی کمتر از ۱ - مگاپاسکال، میزان تثبیت CO_۲، فلورسانس و انتقال الکترون و عملکرد ماده خشک را کاهش داد.

اینادا و همکاران (۲۶) در مطالعه مکانیزمهای تحمل خشکی در چهار گیاه سوروف، سورگم، ذرت و ارزیابی را مشاهده نمودند که به جز ذرت، پتانسیل اسمزی برگهای گیاهان تحت تنش نسبت به برگهای گیاهان شاهد به سزعت کاهش یافت. آنها گیاهان را براساس کاهش محتوای آب نسبی برگ در اثر کاهش پتانسیل اسمزی یا پتانسیل آب به صورت زیر طبقه‌بندی کردند:

ذرت < سوروف < سورگم < ارزیابی و نتیجه گرفتند که ارزیابی را به دلیل قدرت بالای نگهداری آب دارای تحمل بالایی می‌باشد.

۷۹۱/۸ میلی متر گزارش شده است (۲).

بافت خاک محل آزمایش لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۵۰ گرم بر سانتیمتر مکعب، pH حدود ۷/۵، رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دایم به ترتیب ۲۲ و ۱۲ درصد وزنی بوده است.

این آزمایش به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی به اجرا درآمد و در آن اثر آبیاری بر اساس محتوای آب نسبی برگ (RWC) در دامنه‌های ۹۵-۹۰؛ ۸۵-۸۰؛ ۷۵-۷۰ و ۶۵-۶۰ درصد، در چهار تکرار بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید در دو برداشت متوالی مورد مطالعه قرار گرفت.

هر کرت آزمایشی، شامل ۹ خط کاشت به طول ۱۰ متر و به فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر بود. جهت جلوگیری از نفوذ آب، فاصله دو کرت مجاور چهار متر و فاصله دو تکرار از هم هشت متر در نظر گرفته شد. بذره‌های ارزن علوفه‌ای نوتریفید که هیبرید علوفه‌ای بسیار پربرگ و پر محصولی از شرکت «پاسیفیک سیدز»^۱ استرالیا می‌باشد در دوم خرداد ماه سال ۱۳۷۴ به صورت تراکم کشت و بلافاصله آبیاری گردیدند. پس از سبز شدن بذرها و در مرحله سه الی چهار برگی (سه هفته پس از کشت)، عملیات تنک بوته‌ها صورت گرفته و فاصله دو بوته روی ردیف ۸-۱۰ سانتیمتر تنظیم شد. بدین ترتیب تراکم ۲۰۰/۰۰۰ بوته در هکتار حاصل گردید. بعد از انجام عملیات تنک، جهت سه‌شکنی، نفوذ بهتر آب در خاک و مبارزه با علفهای هرز با استفاده از کولتیواتور موتوری دستی، فواصل بین خطوط کاشت کولتیواتور زده شد و کود ازته معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت اوره و به شکل نواری در کنار خطوط کاشت به هر یک از کرتها داده شد و بلافاصله آبیاری انجام گردید. پس از انجام برداشت چین اول این عملیات مجدداً تکرار شد.

به منظور داشتن معیاری مناسب جهت اعمال تیمارها، تعیین و بیان شدت تنش کم آبی و تنظیم زمان آبیاری از شاخص محتوای آب نسبی برگ استفاده شد. تیمارهای آبیاری پس از استقرار گیاهچه‌ها، در مرحله ۵-۶ برگی و قبل از پنجه‌زنی گیاه (شش هفته پس از کاشت) اعمال گردیدند. نمونه برداری از برگها جهت تعیین محتوای رطوبت نسبی به صورت روزانه و در ساعات اولیه صبح صورت گرفته و در هر گیاه برگ میانگرمه سوم از بالا جهت تعیین RWC در

سینگ و سینگ (۳۵) در تحقیقات خود تأثیر تنش کم آبی را بر روابط آبی گیاه و فتوسنتز جامعه گیاهی در سورگم، ذرت و ارزن مروارید در شرایط مزرعه مورد بررسی قرار دادند. آنها گیاهان را پس از کشت تا زمان استقرار گیاهچه به صورت یکنواخت آبیاری کرده و سپس آنها را تحت دو رژیم رطوبتی ۱ و ۱۵/۰ بر اساس نسبت عمق آبیاری (۷۰ میلی متر) به میزان تبخیر جمعی از پوششک تبخیر کلاس A قرار دادند. این پژوهشگران مشاهده نمودند که افزایش تنش خشکی منجر به کاهش پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص جامعه گیاهی در هر سه گیاه گردید. کاهش پتانسیل آب برگ در ارزن مروارید نسبت به سورگم و ذرت بیشتر بود؛ در حالی که هدایت روزنه‌ای در ارزن مروارید کمتر از دو گونه دیگر کاهش یافت. با این وجود تنش خشکی میزان فتوسنتز خالص ذرت را بیش از ارزن و سورگم کاهش داد. برطرف شدن تنش باعث بهبود سریع پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای گردید، ولی بهبود فتوسنتز خالص در هر سه گیاه بسیار به کندی صورت گرفت. در بین سه گونه مورد مطالعه، بهبود فتوسنتز خالص پس از آبیاری در ذرت از همه کمتر و در سورگم بیش از بقیه بود.

میسرا (۳۲) در مطالعه استقرار گیاهچه‌های ارزن مروارید تحت مقادیر مختلف تنش رطوبتی مشاهده نمود که کاهش رطوبت خاک ظهور و رشد گیاهچه‌ها را به طور معنی‌داری کاهش داده و بین وزن بذر و ظهور گیاهچه تحت شرایط کمبود رطوبت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

هدف از اجرای این پژوهش پی‌بردن به چگونگی تأثیر شدت‌های مختلف تنش کم آبی بر عملکرد ارزن علوفه‌ای نوتریفید و خصوصیات کیفی آن در چین‌های مختلف در شرایط آب و هوایی منطقه کرج بوده است.

مواد و روشها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۷۴ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به اجرا درآمد. منطقه کرج دارای آب و هوای سرد و نیمه خشک و میزان بارندگی سالانه ۲۴۰ تا ۳۰۰ میلی متر می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالانه در این منطقه ۱۴ تا ۱۶ درجه سانتیگراد است. میزان تبخیر سالانه در حدود

نظر گرفته شد. هر بار سه برگ بطور تصادفی از هر کرت برداشت شده و مقادیر RWC هریک از تیمارها به روش وزرلی^۱ (۳۹) اندازه گیری شد. آبیاری به صورت نشتی و با استفاده از سیفون های پلیکا به قطر $\frac{1}{4}$ اینچ صورت گرفته و آبیاری هریک از تیمارها هنگام رسیدن محتوای آب نسبی برگ به دامنه مورد نظر انجام گرفت. آبیاری براساس عرف منطقه تا رسیدن خاک به حد بالای ظرفیت مزرعه انجام شد. اندازه گیری مقدار آب آبیاری با استفاده از WSC فلوم های تیپ II ساخت مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی صورت گرفت. مقادیر آب مصرفی برای هریک از تیمارهای RWC₁ تا RWC₄ از زمان کاشت تا برداشت دوم به ترتیب ۵۷۹۶، ۳۸۶۶، ۳۳۱۲ و ۲۷۶۰ متر مکعب در هکتار بود. حداکثر مقدار آب نسبی برگ بعد از هر آبیاری به ۹۸ درصد رسید. برداشت چین اول، ۸۹ روز پس از کاشت در تاریخ ۷۴/۵/۳۰ و برداشت چین دوم ۶۰ روز پس از آن یعنی در تاریخ ۷۴/۷/۳۰ به عمل آمد.

رسیدن بوته های تیمار شاهد به ارتفاع ۶۵ تا ۷۵ سانتیمتری به عنوان شاخص زمان برداشت در نظر گرفته شد (۳۳، ۳۴). برداشت بوته ها در سطح ۶ مترمربع در هر کرت و از ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتیمتری از سطح زمین صورت گرفت (۳۳، ۳۴). وزن علوفه تر بلافاصله تعیین و یک نمونه دوکیلوگرمی به صورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه ارسال گردید. در آزمایشگاه برگ ها و ساقه ها جدا گردیده و در آن الکتریکی در دمای ۶۵-۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸-۷۲ ساعت خشک شده و وزن خشک اندامها به تفکیک تعیین گردیدند (۴۰).

به منظور بررسی خصوصیات کیفی علوفه، درصد پروتئین خام، درصد الیاف خام و درصد خاکستر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند.

بدین منظور نمونه های خشک برگ و ساقه، خرد و آسیاب شده و پس از عبور از الک یک میلی متری، درصد پروتئین خام به روش اتوکجلدال (۴۰) با استفاده از دستگاه کجلتک ۱۰۳۰ شرکت تکاتور، درصد الیاف خام به وسیله دستگاه فایبرتک ۱۰۱۰ هبمان شرکت براساس شستشو با اسید و سود جوشان از روش گئورینگ و ون سوئست (۲۰) و درصد خاکستر علوفه از طریق سوزاندن بافت های گیاهی در دمای ۵۰۰-۵۵۰ درجه سانتیگراد در کوره الکتریکی

تعیین گردید (۴۰).

تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست آمده به روش طرح کمرتهای خرد شده در زمان در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی اجرا شد. تیمار تنش کم آبی در چهار سطح به عنوان عامل اصلی و برداشت های مختلف به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و به وسیله نرم افزار MSTATC صورت گرفت. جهت رسم نمودارها از برنامه گرافیکی هاروارد استفاده شد.

نتایج و بحث

الف - عملکرد

به منظور بررسی چگونگی تأثیر تنش کم آبی بر صفات کمی علوفه در هر چین و همچنین مطالعه اثر متقابل نوبت برداشت و تنش، نتایج بدست آمده در هر چین به صورت طرح کمرتهای خرد شده در زمان مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس صفات کمی علوفه در جدول ۱، آورده شده است.

همانطور که در این جدول دیده می شود اثر تنش بر کلیه صفات کمی علوفه بسیار معنی دار بوده و بین تیمارهای تنش کم آبی از نظر صفات مختلف، اختلاف معنی داری وجود داشته است. مقایسه میانگین صفات و گروه بندی آنها در جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود تیمار شاهد (RWC₁) از نظر کلیه صفات در گروه برتر جای گرفت. این موضوع نشان دهنده اثرات سوء تنش کم آبی بر عملکرد کمی علوفه می باشد. سید (۷) گزارش داد که تنش خشکی تعداد پنجه و عملکرد ماده خشک در گیاه را به طور خطی کاهش می دهد. نتایج پژوهش های محققین متعدد دیگری از جمله کرامر (۲۸)، لویت (۲۹)، تی و پیت (۳)، ویلسون (۴۰)، گاردنر و همکاران (۱۱)، هارولد (۲۱)، توکلی و همکاران (۳۸)، فرجاد (۹) و کهن مو (۱۰) روی گیاهان مختلف همگی حاکی از کاهش ماده خشک و بیوماس تحت شرایط تنش خشکی بوده و یافته های این تحقیق را تأیید می نمایند. همچنین اثر نوبت برداشت بر عملکرد کمی علوفه از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات کمی علوفه در دو نوبت برداشت در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود چین اول از نظر عملکرد علوفه تر و خشک و وزن خشک برگ در گروه برتر جای می گیرد.

همچنین اثرات متقابل نوبت برداشت و تنش نیز بر عملکرد پروتئین علوفه از نظر آماری معنی دار تشخیص داده نشد (جدول ۱). در این مطالعه، تیمار شاهد در چین اول بیشترین عملکرد پروتئین، (۱۷۹/۷۲ گرم در مترمربع) و تیمار تنش شدید در چین اول کمترین عملکرد پروتئین (۶۴/۸۱ گرم بر مترمربع) را دارا بودند (جدول ۳).

همانگونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشاهده می شود اثرات تنش و نوبت برداشت بر کلیه خصوصیات کمی علوفه مستقل از یکدیگر بوده و تعامل آنها در ایجاد تغییرات عملکرد مؤثر نبوده است. در مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش و نوبت برداشت (جدول ۳) تیمار شاهد در چین اول به ترتیب با تولید ۷/۱۶ و ۱/۰۸۶ کیلوگرم علوفه تر و خشک در متر مربع حداکثر و تیمار تنش شدید در چین دوم به ترتیب با ۳/۴۹ و ۰/۵۴۶۷ کیلوگرم علوفه تر و خشک در متر مربع حداقل عملکرد را داشتند.

ب- خصوصیات کیفی علوفه

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کیفی علوفه شامل نسبت برگ به ساقه، درصد پروتئین خام، الیاف خام و خاکستر در جدول ۶ ارائه شده است.

- نسبت برگ به ساقه

بین سطوح مختلف تنش کم آبی از نظر نسبت برگ به ساقه

دوره رویش طولانی تر بوته‌ها در این چین و فرصت بیشتر برای انجام فتوسنتز و تجمع ماده خشک دلیل این امر می باشد. بررسی های آقا علیخانی (۲) و کهن مو (۱۰) روی سورگوم علوفه‌ای، سبحانی و مجیدی (۶) روی یونجه و راهنا (۴) روی ارزن علوفه‌ای این نتایج را تأیید می نماید.

عملکرد پروتئین

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، اثر تنش بر عملکرد پروتئین در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. همچنین بین شدت تنش و عملکرد پروتئین همبستگی منفی وجود دارد. تیمار شاهد دارای بیشترین عملکرد پروتئین (۱۷۸/۹ گرم در مترمربع) و تیمار تنش شدید دارای کمترین عملکرد پروتئین (۶۶/۸۱ گرم در مترمربع) می باشد (جدول ۲).

کاهش عملکرد پروتئین در واحد سطح هم در اثر کاهش ماده خشک و هم بعلت کاهش درصد پروتئین در ماده خشک صورت گرفته است.

تأثیر نوبت برداشت بر عملکرد پروتئین از نظر آماری معنی دار نبود و هر دو چین از نظر این صفت در یک گروه جای گرفتند. علی‌رغم افزایش درصد پروتئین در چین دوم، به دلیل کاهش عملکرد ماده خشک در این چین عملکرد پروتئین نیز در سطح پایین تری نسبت به چین اول قرار داشت، هرچند این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی تحت تأثیر تیمارهای تنش کم آبی و نوبت برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	علوفه تر	علوفه خشک	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد پروتئین
تکرار	۳	۰/۶۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۴۶/۳۲۰
تیمار تنش	۳	۱۰/۶۵۶**	۰/۳۵۲**	۰/۱۰۷**	۰/۰۶۷**	۲۰۰۹۴/۷۳۱**
خطا	۹	۰/۵۲۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۳۷/۵۹۹
برداشت ۱	۹/۲۶۳**	۰/۰۸۹*	۰/۱۱۷**	۰/۰۰۱	۱۳۵/۱۶۸	
تکرار x برداشت	۳	۰/۷۹۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷	۴۲۸/۳۲۰
تنش x برداشت	۳	۰/۶۶۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۸۷/۲۵۵
خطا	۹	۰/۵۹۳	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۱۷۳/۶۳۹
ضرب تغییرات C.V (%)		۱۶/۵۸	۱۲/۹۰	۱۹/۱۸	۱۹/۸۲	۱۱/۵۷

* معنی دار در سطح ۵٪ ** معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول ۲ - مقایسه صفات کمی (جمع دو برداشت) بین تیمارهای مختلف و بین دو برداشت

تیمار	علوفه تر (kg/m ²)	علوفه خشک (kg/m ²)	وزن خشک برگ (kg/m ²)	وزن خشک ساقه (kg/m ²)	عملکرد پروتئین (g/m ²)
RWC _۱	۱۲/۵۷۹ a*	۲/۰۸۷ a	۱/۰۹۲ a	۰/۹۹۵ a	۳۵۷/۸۸۸ a
RWC _۲	۹/۰۶۲ b	۱/۵۶۵ b	۰/۷۹۵ b	۰/۷۷۰ b	۲۵۲/۷۲۲ b
RWC _۳	۸/۱۴۶ c	۱/۲۷۷ c	۰/۶۴۷ c	۰/۶۳۰ c	۱۶۶/۷۳۱ c
RWC _۴	۷/۳۷۳ d	۱/۱۴۰ d	۰/۵۶۹ d	۰/۵۸۸ d	۱۳۳/۶۰۶ d
برداشت اول	۵/۱۸۳ a	۰/۸۱۱ a	۰/۴۴۸ a	۰/۳۶۷ a	۱۱۵/۹۲۶ a
برداشت دوم	۴/۱۰۷ b	۰/۷۰۶ b	۰/۳۲۷ b	۰/۳۷۸ a	۱۱۱/۸۱۶ a

* اختلاف اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی دار نمی باشد.

جدول ۳ - میانگین اثرات متقابل تنش کم آبی و نوبت برداشت بر صفات کمی علوفه

تیمار	وزن علوفه تر (kg/m ²)	وزن علوفه خشک (kg/m ²)	وزن خشک برگ (kg/m ²)	وزن خشک ساقه (kg/m ²)	عملکرد پروتئین (g/m ²)
RWC _۱ C _۱	۷/۱۶۲	۱/۰۸۶	۰/۵۹۳۳	۰/۴۹۲۵	۱۷۹/۷
RWC _۱ C _۲	۵/۴۱۷	۱/۰۰۱	۰/۴۹۸۸	۰/۵۰۲۱	۱۷۸/۲
RWC _۲ C _۱	۵/۱۷۰	۰/۸۵۵۸	۰/۴۶۵۸	۰/۳۹۰۰	۱۳۱/۵
RWC _۲ C _۲	۳/۸۹۲	۰/۷۰۹۲	۰/۳۲۹۱	۰/۳۸۰۰	۱۲۱/۲
RWC _۳ C _۱	۴/۵۱۷	۰/۷۱۰۰	۰/۳۸۲۰	۰/۳۲۸۰	۸۷/۶۵
RWC _۳ C _۲	۳/۶۲۹	۰/۵۶۶۷	۰/۲۶۴۹	۰/۳۰۱۸	۷۹/۰۸
RWC _۴ C _۱	۳/۸۸۳	۰/۵۹۲۵	۰/۳۵۱۹	۰/۲۵۸۱	۶۴/۸۱
RWC _۴ C _۲	۳/۴۹۰	۰/۵۴۶۷	۰/۲۱۷۰	۰/۳۲۹۷	۶۸/۸۱

می باشد. همچنین در بررسی اثرات متقابل نوبت برداشت و تنش بر این صفت، اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. این امر نشان دهنده تأثیر مستقل هر یک از تیمارهای نوبت برداشت و تنش بر نسبت برگ به ساقه می باشد.

پروتئین خام

نتایج حاصل نشان داد که بین سطوح مختلف تنش کم آبی از نظر درصد پروتئین علوفه اختلاف بسیار معنی داری وجود داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین های این صفت در تیمارهای مختلف نشان داد که بین شدت تنش وارده و درصد پروتئین همبستگی منفی وجود داشته و با افزایش شدت تنش، درصد پروتئین به طور معنی داری کاهش یافته

تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). علت عدم وجود تفاوت را می توان به تاثیر تقریباً یکنواخت تنش اعمال شده بر تجمع ماده خشک و کاهش وزن خشک در کلیه اندامهای هوایی گیاه نسبت داد. برخلاف تنش آب، اثر نوبت برداشت بر نسبت برگ به ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود.

در مقایسه میانگین این صفت در دو چین، چین اول با نسبت ۱/۳۹ در گروه برنر جای گرفت (جدول ۵). آقاعلیخانی (۲) در گزارش خود در مورد سورگم علوفه ای به عکس این موضوع اشاره کرده در حالی که اظهارات کهن مو (۱۰) برخلاف او و بیانگر کاهش نسبت برگ به ساقه در چین دوم و مؤید یافته های این پژوهش

کاهش درصد الیاف خام علوفه تحت شرایط تنش خشکی توسط محفمین مختلف از جمله: فورد و ویلسون (۱۹)؛ والتن (۱۴) و ویلسون (۴۰) گزارش گردیده است. والتن (۱۴) علت افزایش قابلیت هضم و کیفیت علوفه را در سالهای خشک کاهش درصد الیاف خام علوفه در این سالها معرفی می‌نماید. کرامر (۲۸) علت کاهش درصد الیاف خام را در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش ساخته شدن دیواره سلولی در این شرایط می‌داند. نتایج گزارش‌های ویلسون (۴۰) و لویت (۲۹) نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

بررسی اثرات نوبت برداشت بر درصد الیاف خام علوفه نشان داد که بین دو چین از این نظر تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت. چین اول با ۳۲/۳۹ درصد الیاف خام در مر به بالاتری قرار گرفت (جدول ۵). از آنجا که درصد الیاف خام علوفه با سن گیاه رابطه مستقیم دارد (۱۴)، چین اول به دلیل برخورداری از دوره رویش طولانی‌تر از درصد بالاتر فیبر خام برخوردار بوده در حالی که در چین دوم به علت جوان بودن بوته‌ها درصد الیاف خام کاهش نشان داد که باعث خوشخوراکی و قابلیت هضم بالاتر علوفه می‌گردد. آقاعلیخانی (۲) در مطالعه روی سورگم علوفه‌ای به نتایج مشابهی دست یافت.

اثرات متقابل نوبت برداشت در تنش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). به عبارت دیگر بین نوبت برداشت و تنش در تأثیر بر درصد الیاف خام تعامل وجود نداشته و اثر این دو عامل مستقل از یکدیگر بوده است.

در این بررسی تیمار شاهد در چین اول بالاترین درصد الیاف (۳۴/۴۶ درصد) و تیمار تنش شدید در چین دوم کمترین درصد الیاف خام (۲۸/۴۵ درصد) را دارا بودند (جدول ۶).
خاکستر

نتایج تجزیه واریانس مربوط به درصد خاکستر نشان داد که اثر تنش کم آبی بر درصد خاکستر بسیار معنی‌دار بود. تیمار شاهد با داشتن ۱۲/۰۸ و تیمار تنش شدید با داشتن ۱۰/۴۵ به ترتیب بیشترین و کمترین درصد خاکستر را نشان دادند (جدول ۵).

باتوجه به این موضوع که درصد خاکستر در واقع بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافتهای گیاهی بوده (۱۴) و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (۲۸)، در نتیجه

است. در این مورد، تیمار شاهد با داشتن ۱۷/۱۸ درصد بالاترین و تیمار تنش شدید با ۱۱/۷۵ درصد کمترین درصد پروتئین را داشتند (جدول ۵).

کاهش درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی در گیاهان زراعی مختلف توسط پژوهشگران متعددی از جمله: میسرا (۳۲)؛ هسیائو (۲۴)؛ گوپتا (۱۳) و فرجاد (۹)، گزارش گردیده است. علت آن، تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و عدم سنتز مجدد آنها در این شرایط می‌باشد (۲۸ و ۲۹).

در بررسی اثرات نوبت برداشت بر درصد پروتئین مشاهده شد که بین دو چین از این نظر اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌های این صفت در دو چین نشان داد که چین دوم با ۱۵/۳۶ درصد در مرتبه بالاتری قرار داشت. علت افزایش درصد پروتئین در چین دوم را می‌توان به جوان بودن بافتهای گیاهی در مقایسه با چین اول به علت کوتاه بودن طول دوره رویش و همبستگی منفی بین سن و درصد پروتئین علوفه مربوط دانست (۱۴، ۳۳ و ۳۴). یافته‌های آقاعلیخانی (۲) در مورد سورگم علوفه‌ای نیز این نتیجه را تأیید می‌کنند؛ در حالی که گزارش کهن مو (۱۰) عکس این موضوع می‌باشد.

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل نوبت برداشت و تنش از نظر آماری معنی‌دار نبود. این امر نشان‌دهنده تأثیر مستقل هر یک از دو عامل مذکور بر درصد پروتئین می‌باشد. بنابراین اثر تنش بر کاهش درصد پروتئین علوفه تحت تأثیر نوبت برداشت قرار نمی‌گیرد. در این بررسی تیمار شاهد در چین دوم با ۱۷/۸۲ درصد بالاترین و تیمار تنش شدید در چین اول با ۱۰/۹۲ درصد کمترین درصد پروتئین را دارا بودند (جدول ۶).

الیاف خام

همانطور که در جدول ۴ دیده می‌شود، بین سطوح مختلف تیمار تنش کم آبی از نظر درصد الیاف خام تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌های این صفت در تیمارهای مختلف نشان داد که بین شدت تنش اعمال شده و درصد الیاف خام علوفه همبستگی منفی وجود داشته، به طوری که با افزایش شدت تنش درصد الیاف علوفه کاهش یافت. تیمار شاهد با داشتن ۳۳/۳۶ درصد الیاف بیشترین و تیمار تنش شدید با ۲۹/۳۶ کمترین درصد الیاف را داشتند (جدول ۵).

(۳۱/۱۰٪) را داشتند.

مطالعه ضرایب همبستگی صفات نشان داد که بین شدت تنش خشکی با کلیه صفات کمی و کیفی مورد بررسی بجز نسبت برگ به ساقه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. همچنین بین عملکرد علوفه خشک با وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، درصد فیبر و درصد خاکستر همبستگی مثبت و معنی‌داری تشخیص داده شد. علت وجود این همبستگی مثبت، کاهش همزمان خصوصیات کمی و کیفی علوفه در تیمارهای تحت تنش خشکی بوده است.

ویلسون (۴۰) در مطالعات خود در زمینه تأثیر تنش خشکی بر سه غله علوفه‌ای در استرالیا به این نتیجه رسید که تنش خشکی عملکرد

کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. کاهش درصد خاکستر علوفه در شرایط تنش خشکی توسط فورد و ویلسون (۱۹) و ویلسون (۴۰) نیز گزارش گردیده است.

مطالعه اثرات نوبت برداشت بر محتوای خاکستر علوفه (جدول ۵)، نشان داد که بین دو چین نیز از نظر این صفت اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت. در مقایسه میانگین دو چین، چین اول با ۱۱/۴۷ درصد خاکستر در مرتبه بالاتری قرار گرفت. علت افزایش درصد خاکستر در چین اول را می‌توان به فرصت زمانی بیشتر بوته‌ها در این چین برای رشد و نمو و جذب مواد معدنی از خاک نسبت داد.

اثرات متقابل نوبت برداشت و تنش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در این بررسی تیمار شاهد درچین اول بیشترین درصد خاکستر (۱۲/۳۵٪) و تیمار تنش شدید در چین دوم کمترین درصد خاکستر

جدول ۴ - تایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات کیفی علوفه

منبع تغییرات	درجه آزادی	نسبت برگ به ساقه	درصد پروتئین خام	درصد الیاف خام	درصد خاکستر
تکرار	۳	۰/۳۱۴	۱/۳۱۸	۲/۰۹۲	۰/۳۶۷
تیمار تنش	۳	۰/۰۶۴	۵۱/۹۰۳**	۲۵/۱۱۰**	۳/۷۷۰**
خطا	۹	۰/۰۵۵	۰/۵۱۹	۰/۸۲۸	۰/۰۷۸
برداشت ۱	۲/۲۵۸**	۱۹/۳۴۴**	۳۷/۴۱۱**	۱/۳۹۹**	
تکرار x برداشت	۳	۰/۴۲۷	۰/۴۳۸	۲/۰۹۵	۰/۶۸۲
تنش x برداشت	۳	۰/۳۵۵	۰/۰۷۰	۰/۵۳۱	۰/۱۲۵
خطا	۹	۰/۱۲۸	۰/۱۲۲	۰/۲۷۵	۰/۱۱۱
ضریب تغییرات C.V (%)		۳۱/۸۷	۲/۴۰	۱/۶۸	۲/۹۶

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۵ - مقایسه میانگین‌های صفات کیفی در تیمارهای مختلف تنش خشکی و برداشت

تیمار	نسبت برگ به ساقه	درصد پروتئین خام	درصد الیاف خام	درصد خاکستر
RWC _۱	۱/۱۱۷ a*	۱۷/۱۸ a	۳۳/۳۶ a	۱۲/۰۸ a
RWC _۲	۱/۰۴۵ a	۱۶/۲۲ b	۳۲/۱۰ b	۱۱/۴۷ b
RWC _۳	۱/۰۸۴ a	۱۳/۱۶ c	۳۰/۴۱ c	۱۱/۰۵ c
RWC _۴	۱/۲۵۱ a	۱۱/۷۵ d	۲۹/۳۶ d	۱۰/۴۵ d
برداشت اول C _۱	۱/۳۹ a	۱۳/۸۰ b	۳۲/۳۹ a	۱۱/۴۷ a
برداشت دوم C _۲	۰/۸۵۹ b	۱۵/۳۶ a	۳۰/۲۳ b	۱۱/۰۵ b

* اختلاف اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۶ - میانگین اثرات متقابل تنش کم آبی و نوبت برداشت بر برخی صفات کیفی علوفه

تیمار	نسبت برگ به ساقه	پروتئین (% CP)	فیبر (% CF)	خاکستر (% Ash)
RWC ₁ C ₁	۱/۲۴۳	۱۶/۵۴	۳۴/۴۶	۱۲/۳۵
RWC ₁ C _۲	۰/۹۹۲۵	۱۷/۸۲	۳۲/۲۶	۱۱/۸۱
RWC _۲ C ₁	۱/۲۱۰	۱۵/۳۸	۳۳/۵۳	۱۱/۵۴
RWC _۲ C _۲	۰/۸۸۰۰	۱۷/۰۷	۳۰/۶۶	۱۱/۳۹
RWC _۳ C ₁	۱/۲۷۸	۱۲/۳۶	۳۱/۲۹	۱۱/۴۰
RWC _۳ C _۲	۰/۸۹۰۰	۱۳/۹۶	۲۹/۵۴	۱۰/۶۹
RWC _۴ C ₁	۱/۸۳۰	۱۰/۹۳	۳۰/۲۷	۱۰/۵۹
RWC _۴ C _۲	۰/۶۷۲۵	۱۲/۵۹	۲۸/۴۵	۱۰/۳۱

کیفی علوفه تولیدی کاهش یافته است.

تنها در مورد درصد الیاف خام کیفیت تیمار شاهد به علت بالابودن درصد فیبر آن پایین تر از سایر تیمارها بوده است. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که گیاه ارزن علوفه‌ای نوتریفید از مقاومت سببی خوبی در شرایط تنش خشکی برخوردار است. به طوری که حتی تحت تنش شدید کم آبی و علی‌رغم کاهش تولید، عملکرد قابل قبولی داشته است.

از سوی دیگر بالابودن عملکرد کمی و کیفی این گیاه در شرایط بدون تنش نشان دهنده توانایی بالقوه بالای تولید آن در شرایط مناسب رشد می‌باشد. توجه به این نکته، ضروری است که ارزن علوفه‌ای نوتریفید گیاهی چهارکرنبه بوده و برای کشت در مناطق گرمسیر کشور مناسب می‌باشد. شرایط اقلیمی کرج به دلیل پایین بودن درجه حرارت و کوتاه بودن دوره رویش، رشد آن را با مشکل مواجه می‌سازد.

همچنین مقایسه عملکرد کمی و کیفی علوفه در دو برداشت متوالی نشان داد که در چین دوم علی‌رغم کاهش عملکرد کمی علوفه، خصوصیات کیفی آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. این موضوع را می‌توان به جوان تر بودن بوته‌ها و بافتهای گیاهی برداشت شده و در نتیجه شادابی و خوشخوراکی آنها نسبت داد.

کمی و کیفی علوفه را در هر سه گیاه مورد بررسی تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد علوفه تر و خشک و قابلیت هضم و کیفیت علوفه گردید. وی تاکید نمود که در تیمارهای تحت تنش علاوه بر کاهش عملکرد کمی علوفه، خصوصیات کیفی آن نیز مانند درصد پروتئین خام، درصد فیبر، درصد خاکستر و قابلیت هضم ماده خشک کاهش می‌یابند.

والتن (۱۴) نیز به کاهش کیفیت و قابلیت هضم علوفه در شرایط تنش خشکی اشاره کرده است. وی اعلام داشت که در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین، درصد خاکستر و درصد فیبر علوفه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابند. البته کاهش درصد فیبر تأثیر مثبتی در کیفیت علوفه خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی اثر تنش کم آبی روی هریک از صفات کمی و کیفی علوفه نشان داد که تیمار شاهد از نظر کلیه صفات مورد بررسی نسبت به تیمارهای تحت تنش در مرتبه بالاتری قرار گرفته و علوفه تولیدی این تیمار از کمیت و کیفیت برتری برخوردار بوده است. علت این موضوع را می‌توان به تأثیر سوء تنش خشکی بر کلیه واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه نسبت داد. به طوری که با شدت گرفتن درجه تنش و دور شدن از شرایط بهینه رشد، عملکرد کمی و

REFERENCES

۱. آرنون، ای. ۱۹۷۵. ترجمه کوچکی، ع. ۱۳۶۴. زراعت در مناطق خشک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مراجع مورد استفاده

۲. آقاعلیخانی، م. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر مقادیر مختلف و شیوه توزیع کود ازت بر منحنی رشد و خصوصیات کمی و کیفی سورگم علوفه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.
۳. تی.یر، آی.دی و ام.ام. پیت. ۱۹۸۲. ترجمه کوچکی، ع.م. حسینی و م. نصیری محلاتی (۱۳۷۲). رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۴. راهنما، ع. ۱۳۷۲. بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارزن علوفه‌ای نوتریفید. تک نگاشت سازمان تات، شماره ۹۴۴۹.
۵. زربخش، ع. ۱۳۷۳. بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارزن نوتریفید. گزارش پژوهشی نهال و بذر صفی آباد.
۶. سبحانی، ا.و.م.ع. مجیدی. ۱۳۷۴. بررسی عملکرد کمی و کیفی چین‌های مختلف پنج رقم یونجه ایرانی. نشریه تحقیقات کشاورزی «نهال و بذر» جلد ۱۱، شماره ۳، صفحه ۱۵-۲۰.
۷. سید، د. ۱۳۷۳. اثر تنش خشکی بر برخی جنبه‌های فیزیولوژیکی و زراعتی گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تهران - کرج.
۸. غمائی، ج. ۱۳۷۲. مقاومت به خشکی در ارقام یونجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تهران - کرج.
۹. فرجاد، ف. ۱۳۷۲. مکانیزم‌های سازش به خشکی در گیاه آتریپلکس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته علوم گیاهی، دانشگاه تربیت معلم - تهران.
۱۰. کهن مو، م.ا. ۱۳۷۴. بررسی اثر فواصل آبیاری و شیوه توزیع کود ازت بر روند رشد و عملکرد سورگم علوفه‌ای در منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۱. گاردنر، ف. پی. پی. یرس، آر. برنت و میشل، راجر. ال. ۱۹۸۳. ترجمه سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۶۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۵۱.
۱۲. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات نهال و بذر استان یزد. ۱۳۷.
۱۳. گوپتا، یو. اس. ۱۹۸۲. ترجمه سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۶۶. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۱۴. والتن، پی. دی. ۱۹۸۲. ترجمه مدیر شانه‌چی، محسن. (۱۳۷۱). تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای. انتشارات آستان قدس رضوی.
15. Barrs, H.D., and P.E. Weatherley. 1962. Reexamination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15:413-428.
16. Barrs, H.D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In "Water Deficits and Plant Growth". T.T. Kozłowski, (ed). vol. 1, pp. 235-368. Academic Press, New York, U.S.A.
17. Biddinger, F.R.; V. Mahalakshmi, and G.D.P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leek]. I. Factors affecting yields under stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 38:37-48.
18. Conover, D.G., and S.A. Sovonick. 1989. Influence of water deficits on the water relations and growth of *Echinochloa turneriana*, *Echinochloa crus-gali*, and *Pennisetum americanum*. *Aus. J. Plant Physiol.*, 16(3):291-304.
19. Ford, C.W., and J.R. Wilson. 1981. Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of for tropical pasture species. *Aus. J. Plant Physiol.*, 8:77-91.
20. Georing, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses; apparatus, reagents, procedures, and some application. USDA, Agric. Handb. 379. US. Gov. Print Office, Washington, DC.
21. Harold, V. Eck., 1986. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of

- irrigated corn. *Agron. J.* 78:1035-1040.
22. Henson, L.E., 1982. Osmotic adjustment to water stress in pearl millet in controlled environment. *J.Exp.Bot.*, 33(132): 78-87
 23. Henson, L.E., 1985. Dependence of abscisic acid accumulation in leaves of pearl millet on rate of development of water stress. *J.Exp.Bot.*, 36 (169): 1232-1239
 24. Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agricultural Meteorology*. 14: 59-84.
 25. Ibrahim, Y.M., 1985. Agronomical and physiological characters of pearl millet grown under a sprinkler irrigation gradient. *Dissertation-abs-International. B-Sciences and Engineering*. 46: 1-15.
 26. Inada, K.; A. Matsuura, and M. Yamane. 1992. Interspecific differences in mechanism of drought tolerance among four cereal crops. *Japanese-J. Crop Sci.*, 61 (1): 87-95
 27. Jushi, N.L., 1988. Millet yield under natural drought conditions on arid loamy sand soil: cultivar differences. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 2 (3): 203-216
 28. Kramer, P.J., 1983. *Water Relation of Plants*. Academic Press, New York.
 29. Levitt, J., 1980. *Responses of Plant to Environmental Stresses*. Academic Press, New York.
 30. Mahalakshmi, V.; V. Subramanian.; F.R. Bidinger and R. Jambunathan. 1985. Effect of water deficit on yield and protein content in pearl millet grains. *J. Sci. Food and Agric.*, 36(12): 1237-1242.
 31. Mosojide k,J., and S. Trivedi. 1991. The synergistic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiol.*, 96(1): 198-207
 32. Misra, A.N., 1994. Pearl millet, seedling establishment under variable soil moisture stress. *Acta Physiologia Plantarum*, 16(2): 101-103
 33. Pacific Seeds. 1991. *Growing Better Forage*. Pacific seeds, Ltd. Australia.
 34. Pacific Seeds. 1992. *Summer Forage Guide*. Pacific seeds. Queensland, Australia.
 35. Singh, B.R., and D.P. Singh. 1992. Effects of irrigation on plant water relations in the canopy profiles of sorghum, maize and pearl millet. *Crop Res.*, 5(3): 412-416.
 36. Slatyer, R. O., 1967. *Plant Water Relationships*. Academic Press, New York.
 37. Subramanian, V.B., and M. Maheswari. 1989. Comparison of physiological responses of pearl millet and sorghum to water stress. *Proceedings of the Indian academy of sciences. Plant Sci.*, 99(6): 517-522.
 38. Tavakoli, H.; M. Karimi, and S. F. Mosavi. 1989. Effect of irrigation regimes on vegetative and reproductive components of corn. *Iranian J. Agric. Sci.*
 39. Weatherley, P.A., 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, 49:81-97.
 40. Wilson, J.R., 1983. Effect of water stress on invitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Aust. J. Agric. Res.*, 34:377-390.

**Water stress effects on forage yield and quality of pearl millet
[*Pennisetum americanum* (L.) Leek. Var. *Nutrifeed*].**

B. NAKHODA, A. HASHEMI DEZFOULI AND N. BANISADR

Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran; Shahid Chamran University;

Seed and Plant Improvement Institute

Accepted June 28, 2000

SUMMARY

In order to study the effects of water stress on quantitative and qualitative yield of pearl millet, this experiment was conducted in the Spring of 1995 at Seed and Plant Improvement Research Institute field station in Karaj. The design of this experiment was a randomized complete block design with four treatments and four replicatoions. In this research, the effects of four irrigation intervals on the basis of relative water content (RWC), at four ranges of 95-90%, 85-80%, 75-70%, and 65-60%, were studied. Effects of these treatments on quantitative yield included fresh weight (FW), dry weight (DW), leaf dry weight (LDW), stem dry weight (SDW), and protein yield (PY) and on qualitative yield such as leaf/stem, crude protein (CP), crude fiber (CF), and ash percentage of forage millet "Nutrifeed" were evaluated. Results indicated that all characters under study were affected by water stress and there were significant negative correlations among characters with treatments imposed. The check treatment (irrigated at RWC= 90-95%) with production of 12.58 kg/m² fresh forage and 357.89 g/m² crude protein had better responses considering all the quantitative and qualitative characters as compared with stress treatments. In comparison of two cuttings, the second cutting in spite of reduction in forage quantity (4.11 kg/m² fresh forage as compared with 5.18 kg/m² in first cutting) had better quality in cmparison with the first cutting (15.36% crude protein as compared with 13.80% in the first cutting).

Key words: Time of irrigation; water stress; water deficit; drought stress; RWC; forage; pearl millet; pennisetum americanum; pennisetum glaucum; qualitative yield; quantitative yield.