دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
سال هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷

تأثیر تراکم کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum L.*) در شرایط آب و هوایی اهواز

مهدی نصیرپور[۱]، سعید ذاکر نژاد[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- مربی، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: zakernezhad48@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۴ مردادماه ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: ۱ بهمن ماه ۱۳۹۷)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تراکم کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه ارزن مرواریدی در اهواز آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در شهرستان اهواز اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش رژیم آبیاری در سه سطح (۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم بوته در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تیمار رژیم آبیاری بر وزن‌تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و غلظت کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. عامل تراکم بوته نیز بر وزن‌تر و خشک برگ، وزن‌تر و خشک ساقه و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بوته بر وزن‌تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع بوته و قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. به‌طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان عنوان کرد که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات مورد بررسی کاهش یافتند. لذا با در نظرگیری شرایط محیطی منطقه آزمایش انجام آبیاری پس از۹۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر تیمار مناسب‌تری می‌باشد. همچنین در بین تراکم‌های مورد بررسی، تراکم ۵۰ بوته در مترمربع نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک علوفه‌ای کل ارزن را به خود اختصاص داد. به‌عنوان نتیجه نهایی بهترین تیمار به دست آمده استفاده از تراکم ۵۰ بوته بر مترمربع و انجام آبیاری پس از ۹۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر اعلام و تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: ارزن مرواریدی، رژیم آبیاری، تراکم بوته، علوفه.

مقدمه

ارزن (*Pennisetum glaucum* L.) یکی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه خشک مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که از تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی و شوری برخوردار است. ارزن‌ها در بین غلات پس از گندم، برنج، ذرت، جو و سورگوم در رتبه ششم اهمیت قرار دارند. علیرغم اهمیت زراعی ارزن‌ها در زمان‌های گذشته و نیز جایگاه ویژه آنها درکشاورزی سنتی، در رابطه با اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد و صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک موثر در عملکرد این گیاه، تحقیقات کمی صورت گرفته است (۴). سازگاری و مقاومت این گیاه به شرایط نامساعد محیطی آنرا در بسیاری از کشورهای گرمسیر جهان، از غرب آفریقا تا شبه قاره هند گسترش داده و این گیاه را به‌صورت یک گیاه زراعی مهم درآورده است. دانه ارزن علاوه بر مصرف علوفه‌ای دام و طیور، توسط انسان نیز مصرف می‌شود و امروزه غذای حدود ۵۰۰ میلیون نفر از مردم کره زمین را تشکیل می‌دهد. این گیاه مساحتی بیش از ۱۹ میلیون هکتار در آفریقا و حدود ۱۵ میلیون هکتار در آسیا را زیر کشت خود دارد. به غیر از این در سایر نقاط دنیا نیز کم و بیش به کشت این گیاه ارزشمند اقدام می‌شود (۱).

از سوی دیگر روش‌های صحیح مدیریت زراعی برای استفاده حداکثری از ظرفیت‌های محیط و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد، بمنظور افزایش عملکرد و ارتقای بهره‌وری از منابع موجود، همواره مورد نظر محققین بوده است (۱۰). کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده تولید در بسیاری از بخش‌های جهان محسوب می‌شود. پیش‌بینی‌های تغییر اقلیم نشان می‌دهد که افزایش درجه حرارت و کاهش در میانگین بارندگی در آینده شدیدتر شده و در نتیجه استفاده کارآمد از آب در کشاورزی برای حفظ این منبع محدود، ضروری است(۸). روی و بیسارا[1] (۱۴) نیز اظهار داشتند که بارندگی و خاک مهمترین منابع محیطی هستند که می‌توانند باعث افزایش و یا کاهش عملکرد ارزن مرواریدی شوند. ذخایر محدود آب آبیاری یکی از دلایلی است که بسیاری از کشاورزان را بر می‌انگیزد تا مقدار آب کمتری نسبت به آنچه برای بدست آوردن حداکثر محصول لازم است را بکار گیرند (۱۲). افزایش در کارایی مصرف آب می‌تواند به وسیله رهیافت‌های مختلفی حاصل شود. یکی از این رهیافت‌ها، تغییر توانایی گیاهان برای تولید عملکردهای قابل قبول تحت شرایط کمبود آبیاری یا کم آبیاری می‌باشد (۱۴). کاربری و همکاران[2] (۷) در مقایسه واکنش ارزن مرواریدی و سایر گونه‌های ارزن به شرایط خشکی، دریافتند که در اکثر ارزن‌ها کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام‌های هوایی و سطح برگ در تیمار خشکی مشاهده شد، اما ارزن مرواریدی و ارزن بارنیارد از این قاعده مستثنی بوده و سطح برگ این دو رقم تحت شرایط خشکی کاهش پیدا نکرد. ویاتراک و همکاران[3] (۱۷) نیز گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در ارقامی از گندم که از تحمل کمتری برخوردار هستند، کاهش می یابد.

در زمینه اثر تراکم بوته بر گیاه ارزن، صفری و همکاران (۳) بیان نمودند افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۶۰ عدد در مترمربع باعث افزایش معنی دار در صفاتی مانند وزن علوفه تر و خشک می‌شود. آقاعلیخانی و همکاران (۱) گزارش کردند که با افزایش تراکم، ارتفاع بوته ارزن افزایش می‌یابد و مصرف کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم می‌تواند ارتفاع ارزن را افزایش دهد اما بعد از این سطح تأثیری بر ارتفاع ارزن ندارد. ون اوستروم و همکاران[4] (۱۶) گزارش کردند که پنجه زنی در ارقام مختلف ارزن مرواریدی همبستگی بالایی با تراکم ندارد ولی در تراکم‌های پایین، تعداد

1- Roy and Bisara
2- Carberry *et al*
3- Wiatrak *et al*
4 -Van Oosterum *et al*

پنجه‌های تولیدی افزایش می‌یابد و علوفه حاصله خشبی‌تر خواهد بود. آشینو و همکاران[1] (۵) در مورد بررسی تراکم‌های مختلف از ۵ تا ۴۰ بوته در مترمربع اظهار نظر فوق را تایید نموده و دریافتند که افزایش تراکم، صفاتی از قبیل وزن خشک تک بوته و سطح برگ در بوته را نیز کاهش می‌دهد. راسکیو و همکاران[2] (۱۳) گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی وزن دانه، وزن خوشه اصلی ، عملکرد دانه ، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در ارقامی از ارزن که از تحمل کمتری برخوردار هستند، کاهش می‌یابد. براک و همکاران[3] (۶) نیز بیان نمودند که کمبود آب اثرات زیادی بر روی تشکیل ماده خشک برگها و خوشه‌ها دارد و کاهش شاخص برداشت گیاه ارزن، در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. آنها مشاهده نمودند که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد پنجه در گیاه گردید. فرناندز[4] (۹) نیز بیان داشت که با افزایش تنش رطوبتی گیاهان کوتاهتری تولید می شود.

استان خوزستان به دلایل مختلف از جمله شرایط اقلیمی مناسب، زمین‌ها و دشت‌های پهناور و انرژی نوری فراوان مستعد تولید بسیاری از گیاهان زراعی به ویژه ارزن است. این پژوهش به منظور بررسی اثرات متقابل تراکم و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه ارزن مرواریدی انجام گرفت تا بتوان بهترین رژیم آبیاری و بهترین تراکم برای رسیدن به حداکثر عملکرد را در ارزن بدست آید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان اهواز در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. این منطقه با عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه طول شمالی و ۳۰ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. به طورکلی آب و هوای استان خوزستان نیمه استوایی، دارای تابستان‌های گرم، خشک و طولانی و زمستان‌های بارانی و مرطوب است. فصل گرمای خوزستان از اردیبهشت ماه شروع و تا اواخر مهر ادامه می‌یابد. دوره بارندگی معمولاً بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت بوده که در مناطق شمال جلگه خوزستان میزان بارندگی بیشتر و در مناطق جنوبی و شرق کمتر و محدودتر است. براساس بررسی‌های آماری جهت غالب بادهای منطقه جنوب، جنوب غربی به شمال، شمال شرقی می‌باشد. جمع ساعات آفتابی سالانه بیش از ۲۷۰۰ ساعت و تبخیر به بیش از ۲۴۰۰ میلی متر می‌رسد (۲). براساس تقسیم بندی دومارتن این منطقه جزو مناطق نیمه خشک و براساس کلیموگرام آمبرژه دارای آب وهوای گرم می‌باشد.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این پژوهش رژیم آبیاری در سه سطح (۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) به عنوان تیمار اصلی و تراکم در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم به عمق ۳۰ سانتیمتر، دو دیسک عمود برهم و سپس تسطیح و بعد از آن یک دیسک نهایی بود. قبل از عملیات تهیه زمین با نمونه برداری از چند نقطه مختلف زمین آزمون خاک انجام شد. در مرحله بعدی نسبت به ایجاد جوی و پشته اقدام شد. هر کرت فرعی آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر طبق تیمارهای تراکم در آزمایش کشت گردید. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک پشته نکاشت در نظر گرفته شد. برای هر تکرار یک نهر ورودی و نهر خروجی مستقل در نظر گرفته شد.

1- Ashiono *et al*
2 - Rascio *et al*
3 - Bruck *et al*
4- Fernandez

اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد و بعد از استقرار بوته‌ها (مرحله چهار برگی) طبق تیمارها (بر اساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) که به صورت روزانه از اداره هواشناسی دریافت شد، محاسبه و آبیاری برای هر تیمار اعمال شد. علف‌های هرز به روش دستی کنترل شد.

یادداشت برداری‌های لازم بر روی صفات کمی در مزرعه و آزمایشگاه شامل ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر و خشک، قطر ساقه و برآورد درصد سهم ساقه و برگ بود که به طور تصادفی از دو ردیف میانی کرت‌ها با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ و ساقه، محصول علوفه همزمان با ظهور اولین گل آذین در مزرعه و با حذف دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و نیم متر از دو طرف خطوط اصلی کاشت به عنوان حاشیه، از دو ردیف ۵ متری میانی برداشت و کل وزن تر برگ و ساقه هر کرت بلافاصله وزن و جهت تعیین وزن خشک برگ و ساقه آن یک نمونه یک کیلوگرمی به تصادف انتخاب شد. نمونه‌ی مورد نظر در آزمایشگاه تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۵±۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس وزن و به دنبال آن وزن برگ خشک هر واحد آزمایشی محاسبه شد.

جهت تعیین عملکرد علوفه تر و خشک، محصول علوفه همزمان با ظهور اولین گل آذین در مزرعه و با حذف دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و نیم متر از دو طرف خطوط اصلی کاشت به عنوان حاشیه، از دو ردیف ۵ متری میانی برداشت و کل علوفه تر هر کرت بلافاصله توزین و جهت تعیین عملکرد علوفه خشک آن یک نمونه یک کیلوگرمی به تصادف انتخاب شد. نمونه‌ی مورد نظر در آزمایشگاه تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۵±۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس وزن و به دنبال آن عملکرد علوفه خشک هر واحد آزمایشی محاسبه شد. برای تعیین ارتفاع بوته یک هفته قبل از زمان رسیدگی به‌طور تصادفی از هر کرت پنج بوته انتخاب و ارتفاع انها یادداشت گردید، سپس میانگین انها به عنوان ارتفاع بوته ثبت شد. جهت اندازه گیری قطر ساقه یک هفته قبل از برداشت نهایی از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و توسط کولیس قطر آنها ثبت و سپس میانگین انها به عنوان قطر ساقه برای هر کرت ثبت شد.

به‌منظور استخراج و اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و b از برگ با استفاده از استون ۸۰ درصد، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه پهنک برگ در هاون با ۱۰ میلی‌لیتر استون سائیده شد تا یک محلول سبز رنگ ایجاد شد پس از آن به مدت ۵ دقیقه در دستگاه شیکر قرار گرفت، بعد در داخل لوله‌های سانتریفیوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد تا یک محلول زلال سبز رنگ حاصل شد. حجم محلول به دست آمده با استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و بلافاصله مقداری از آن به کوت[1] منتقل و جذب محلول با اسپکتروفتومتر (مدل Jenway۶۳۰۰) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. سپس میزان کلروفیل a، b طبق روابط زیر بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه شد(۸).

$$Cha = 12.25 \times A_{663} - 2.79\ A_{645} \qquad Chb = 21.50 \times A_{645} - 5.10A_{663}$$

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، بررسی برهمکنش و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد آماری استفاده شد. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

1 - Cell

نتایج و بحث

وزن تر برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری، تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر صفت وزن تر برگ در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین وزن تر برگ با ۱۲۳۹۵ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین با ۴۰۳۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر متعلق بودند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم بیشترین وزن تر برگ با ۹۲۳۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین آن ۶۸۳۵ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۳). نتایج برهمکنش نشان داد بیشترین وزن تر برگ با ۱۳۴۴۳ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین آن با ۳۰۰۶ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۴). نتایج مشخص نمود که برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر وزن تر برگ موثر بوده یعنی اینکه برهم اثر گذاشته و اثر هر کدام جدا نمی باشد که دلیل آن استفاده گیاه در تراکم بالا از مقدار آب مصرفی و مناسب برای افزایش سطح و در نهایت وزن برگ بوده است. براک و همکاران (۶) گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک همبستگی مثبتی با وزن برگ‌ها دارد. با کاهش آب آبیاری وزن برگ کاهش یافت که به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش وزن برگ، کند شدن رشد و کاهش سطح برگ باشد. در واقع با کمبود آب در گیاه از یک سو تقسیم سلولی در سلوهای تشکیل دهنده برگ کاهش می‌یابد و از سوی دیگر به دلیل تنش کمبود آب طول عمر سطح برگ کمتر می‌شود و مجموع این دلایل باعث کاهش سطح و وزن برگ خواهد شد. در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر به علت در دسترس بودن آب کافی که در اختیار گیاه است، میزان محتوای نسبی رطوبت[1] افزایش یافته که این امر سبب افزایش پتانسیل آب برگ، تقسیم سلولی بیشتر، گسترش سطح برگ گیاه شده که نهایتا به افزایش شاخص سطح برگ و وزن برگ می‌شود. شاخص سطح برگ به تعداد بوته در واحد سطح (تراکم) نیز بستگی دارد که در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع به علت ایجاد یک تراکم مناسب سبب جذب نور مناسب در گیاهان شده و همچنین استفاده حداکثری در جذب منابع غذایی موجود در خاک به دلیل توسعه ریشه، گیاه توانسته است توسعه بیشتری یابد که این امر افزایش فتوسنتز و افزایش وزن تر برگ را به همراه داشته است.

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری، تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر صفت وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین وزن خشک برگ با ۴۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین با ۱۶۶۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر متعلق بودند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم بیشترین وزن خشک برگ با ۳۲۱۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن با ۲۳۷۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشت (جدول ۳). یافته‌های کاربری و همکاران (۷) در مورد بررسی تراکم‌های مختلف از ۵ تا ۴۰ بوته در مترمربع، اظهار نظر فوق را تایید نمود. آنها دریافتند که افزایش تراکم، صفاتی از قبیل وزن خشک تک بوته و سطح و وزن برگ در بوته را کاهش می‌دهد، اما در گیاهانی همچون ارزن و سورگوم، کم بودن تعداد بوته در واحد سطح (در تراکم‌های پایین)، بوسیله تعداد بیشتر پنجه جبران می‌شود. نتایج برهمکنش

1 - Relative Water Content (RWC)

نشان داد بیشترین وزن خشک برگ با ۴۴۸۶ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین با ۱۲۳۰ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۴). در رابطه با وزن خشک برگ طبیعی به نظر می‌رسد با توجه به وزن تر برگ در تیمارهای مزبور وزن خشک نیز به تبع این امر دارای وزن بیشتری در تیمارهای تراکم بیشتر و آبیاری باشد که با نتایج براک و همکاران (۶) مطابقت داشت. در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر، به علت اینکه آب قابل دسترس بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته، رشد ریشه و اندام هوایی توسعه بیشتری داشته‌اند که دلیل آن جذب بیشتر عناصر غذایی و آب بیشتر بوده که نهایتاً منجر به تولید ماده خشک بیشتر در گیاه می‌شود. در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع نیز به علت تراکم مناسب و تعداد بوته بیشتر، استفاده بهینه از منابع غذایی موجود در خاک صورت گرفته که این امر موجب افزایش و توسعه بهتر گیاه و نهایتاً باعث افزایش وزن تر وخشک گیاه شده است.

وزن تر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری، تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر صفت وزن تر ساقه در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین وزن تر ساقه با ۷۳۹۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین با ۲۸۲۶ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر متعلق بودند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم، بیشترین وزن تر ساقه با ۵۹۴۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن با ۴۶۵۲ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۳). نتایج برهمکنش نشان داد بیشترین وزن تر ساقه با ۸۰۱۷ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن با ۲۲۶۳ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۴). کاهش ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه در نتیجه کمبود آب توسط آشیونو و همکاران (۵) نیز گزارش شده است. در آزمایش آقاعلیخانی و همکاران (۱) با وجودی که سهم برگ از ماده خشک تولید شده در سطوح مختلف کود نیتروژن تا حدودی یکسان بود، ولی از نظر درصد ساقه در ماده خشک تفاوت‌هایی در بین تراکم‌های کاشت در گیاه سورگوم وجود داشت که به رشد طولی بیشتر و باریک‌تر ساقه‌ها در این تیمار نسبت داده شد.

وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری، تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر صفت وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین وزن خشک ساقه با ۲۴۶۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین با ۱۲۲۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر متعلق بودند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم بیشترین وزن خشک ساقه با ۲۱۵۱ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین با ۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۳). نتایج برهمکنش نشان داد بیشترین وزن خشک ساقه با ۲۶۹۳ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین با ۹۵۳ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۴). تومر و هاریکا[1] (۱۵) در مطالعه اثر تنش خشکی بر ارزن مرواریدی گزارش کردند که زیست توده ارزن مرواریدی تحت تیمارهای تنش قبل از گلدهی

1 - Tomer and Harica

و در ابتدای گلدهی به ترتیب ۳۸ و ۴۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کوساکا و همکاران[1] (۱۱) نیز در مقایسه واکنش ارزن مرواریدی و سایر گونه‌های ارزن به شرایط خشکی و غرقابی، دریافتند که در اکثر ارزن‌ها کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام‌های هوایی و سطح برگ در تیمار خشکی نسبت به شرایط کنترل مشاهده شد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشتند.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری، تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین ارتفاع بوته با ۸۷ سانتیمتر به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین با ۶۵/۱ سانتیمتر به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر متعلق بودند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم بیشترین ارتفاع بوته با ۸۳/۶ سانتیمتر به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین با ۶۹ سانتیمتر به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۳). نتایج برهمکنش نشان داد بیشترین ارتفاع بوته با ۹۵/۶ سانتیمتر به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن با ۶۰/۳ سانتیمتر به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده با افزایش تراکم بر ارتفاع گیاه افزوده شد که می‌توان دلیل آن را رقابت درون گونه‌ای دانست که باعث افزایش ارتفاع در تراکم بیشتر شد که با نتایج آقاعلیخانی (۱) کاملا مطابقت دارد. همچنین با کاهش آب آبیاری سیر نزولی در ارتفاع گیاه مشاهده شد که علت آن کمبود آب و کاهش رشد و تقسیم سلولی بر اثر آن در مقایسه با تیمار ۹۰ میلیمتر بوده که همین امر باعث کاهش ارتفاع با کاهش مصرف آب آبیاری شده است. آقاعلیخانی و همکاران (۱) گزارش کردند که با افزایش تراکم، ارتفاع بوته ارزن افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد، به طوری که با افزایش تراکم بوته در همه تیمارهای آبیاری سیر صعودی در ارتفاع بوته قابل مشاهده می‌باشد. در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به علت رقابت ایجاد شده در جذب نور، گیاه ارتفاع خود را افزایش داده تا بتواند نور بیشتری جذب نماید که در نهایت باعث افزایش ارتفاع بوته در این تراکم شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر رژیم آبیاری و تراکم بوته بر صفات اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	ارتفاع بوته	قطر ساقه	کلروفیل a	کلروفیل b
تکرار	۲	۱۸۵۰۸^{ns}	۴۰۰۸^{ns}	۳۵۲۰۸^{ns}	۱۷۴۴^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
رژیم آبیاری	۲	۲۰۹۹۱۴۴۳**	۱۸۷۴۴۷۰۰**	۶۵۱۶۰۱۸۶**	۴۷۰۹۹۳۶**	۱۴۴۴**	۲/۴۷**	۶/۳**	۱/۰۸**
خطا	۴	۳۵۱۶	۲۹۴۵	۳۵۴۳۲	۲۹۰	۰/۱۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
تراکم	۳	۹۸۰۹۸۷۴**	۱۱۹۲۹۵۱**	۲۸۷۶۳۷۸**	۴۵۱۷۸۷**	۳۵۸**	۰/۷۴**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
رژیم آبیاری*تراکم	۶	۱۲۰۱۵۱**	۵۴۵۱**	۱۳۵۳۹۹**	۲۹۸۷**	۱۲/۵**	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
خطا	۱۸	۵۲۰۶	۶۲۹	۲۶۲۶۵	۱۷۱	۰/۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴
درصد ضریب تغییرات		۸/۸	۹/۷	۱۰/۳	۱۱/۶	۷/۱	۹/۷	۵/۹	۶/۲

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد آماری

1 - Kusaka *et al*

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر رژیم آبیاری

رژیم آبیاری (میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	قطر ساقه (میلیمتر)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم)
۹۰	۱۲۳۹۵a	۴۱۵۰a	۷۳۹۰a	۲۶۶۳a	۳/۲a	۸۷a	۱/۹۱a	۰/۸۲a
۱۲۰	۸۰۷۳b	۲۷۱۵b	۵۹۲۷b	۱۹۹۹b	۲/۷b	۷۷ b	۱/۴۱b	۰/۵۳b
۱۵۰	۴۰۳۱c	۱۶۶۰c	۲۸۲۶c	۱۲۲۳c	۲/۲c	۶۵c	۰/۴۸c	۰/۲۲c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد آماری ندارند.

جدول۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر تراکم

تراکم بوته (بوته در مترمربع)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	قطر ساقه (میلیمتر)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۲۰	۶۸۳۵c	۲۳۷۶c	۴۶۵۲d	۱۶۲۷a	۳a	۶۹c
۳۰	۷۸۹۷b	۲۷۵۱b	۵۲۴۶c	۱۸۱۸ab	۲/۸ab	۷۴bc
۴۰	۸۶۹۶ab	۳۰۲۲ab	۵۶۸۰b	۱۹۸۳b	۲/۶b	۷۹b
۵۰	۹۲۳۶a	۳۲۱۶a	۵۹۴۶a	۲۱۵۱a	۲/۴c	۸۴a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد آماری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم

رژیم آبیاری (میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A)	تراکم (بوته در مترمربع)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۹۰	۲۰	۱۰۹۵۰c	۳۶۹۳bc	۶۵۸۶c	۲۲۱۳c	۷۷cd
۹۰	۳۰	۱۲۱۸۳b	۴۱۰۶b	۷۴۵۰b	۲۴۲۳b	۸۵b
۹۰	۴۰	۱۳۰۰۳a	۴۳۱۳ab	۷۵۰۶b	۲۵۲۳ab	۹۰ab
۹۰	۵۰	۱۳۴۴۳a	۴۴۸۶a	۸۰۱۷a	۲۶۹۳a	۹۵a
۱۲۰	۲۰	۶۵۵۰ef	۲۲۰۶f	۵۱۰۶e	۱۷۱۶e	۶۹de
۱۲۰	۳۰	۷۷۵۰e	۲۶۰۰e	۵۶۱۶d	۱۹۱۳d	۷۳d
۱۲۰	۴۰	۸۷۳۶de	۲۹۳۰d	۶۲۹۶cd	۲۱۱۶cd	۷۹c
۱۲۰	۵۰	۹۲۵۶d	۳۱۲۳c	۶۶۹۰c	۲۲۵۰c	۸۵b
۱۵۰	۲۰	۳۰۰۶h	۱۲۳۰i	۲۲۶۳h	۹۵۳g	۶۰f
۱۵۰	۳۰	۳۷۶۰gh	۱۵۴۶h	۲۶۷۳g	۱۱۲۰fg	۶۳ef
۱۵۰	۴۰	۴۳۵۰g	۱۸۲۳g	۳۲۳۶f	۱۳۱۰f	۶۷e
۱۵۰	۵۰	۵۰۱۰f	۲۰۴۰fg	۳۱۳۳f	۱۵۱۰ef	۷۰de

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد آماری ندارند.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری و تراکم بر صفت قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند ولی برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر این صفت تاثیر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین قطر ساقه با ۳/۲ میلیمتر به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و

کمترین مقدار آن با ۲/۲ میلیمتر به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر تعلق داشتند (جدول ۲). در تیمارهای تراکم نیز بیشترین قطر ساقه با ۳ میلیمتر به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و کمترین با ۲/۴ میلیمتر به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع تعلق داشتند (جدول ۳). در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع به دلیل تعداد بوته کمتر و رقابت کمتر سهم هر بوته از مواد غذایی وهمچنین آب قابل دسترس وجذب نور بیشتر بوده که این امر نهایتاً منجر به افزایش قطر تک ساقه بوته گردید. بطور کلی ارتفاع و قطر ساقه در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و تراکمی نسبت به یکدیگر رابطه عکس دارند و هرگاه بدلیل وضعیت رطوبتی بهتر و تراکم بالاتر (که منجربه کاهش نور به کانوپی می‌شود) ارتفاع ساقه افزایش و قطر ساقه کاهش می‌یابد.

غلظت کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای رژیم آبیاری بر غلظت کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بودند ولی تیمارهای تراکم و برهمکنش رژیم آبیاری و تراکم بر این صفات تاثیر معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای رژیم آبیاری بیشترین میزان کلروفیل a با ۱/۹ و کلروفیل b با ۰/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به تیمار ۹۰ میلیمتر تبخیر و کمترین میزان آن با ۰/۴۸ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به تیمار ۱۵۰ میلیمتر تبخیر تعلق داشتند (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده تراکم بوته تاثیری بر غلظت کلروفیل a نداشت ولی این صفت تحت تاثیر تنش آبی قرار گرفت به طوری که با افزایش تنش آبی در غلظت این کلروفیل سیر نزولی مشاهده شد. در تحقیق صورت گرفته در شرایط محدودیت منابع آب، غلظت کلروفیل a و به‌تبع آن کاهش سبزینگی گیاه، افت جذب نور و در نتیجه کاهش عملکرد را به همراه داشت. در شرایط این آزمایش تنش خشکی باعث پیری زودرس گیاه (کاهش دوام سطح برگ)، شکسته شدن ساختمان کلروپلاست و کاهش کلروفیل گردید و این روند برای کلروفیل b مشابه کلروفیل a بود. بیشتر محققین در نتایج آزمایشات خود به افزایش نسبت کلروفیل a به b اشاره نمودند که میتواند بیانگر حساس تر بودن کلروفیل b به شرایط تنش کمبود آب باشد. داندا و ستی[1] (۸) دریافتند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که افزایش نسبت کلروفیل a/b موجب تیره شدن برگها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌گردد. کوساکا و همکاران (۱۱) نیز اظهار داشتند در گیاه ارزن مرواریدی در اثر تنش خشکی نسبت کلروفیل a/b کاهش می‌یابد که این نظریه با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

در حالت کلی با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان عنوان کرد که با افزایش تنش خشکی تمام صفات مورد اندازه گیری کاهش یافتند، لذا با در نظرگیری شرایط محیطی منطقه آزمایش انجام آبیاری پس از ۹۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر می‌تواند مناسب‌تر باشد. همچنین در بین تراکم‌های مورد بررسی، تراکم ۵۰ بوته در مترمربع نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک علوفه‌ای کل ارزن را به خود اختصاص داد. بنابراین با توجه به کیفیت مناسب گیاه ارزن در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای منطقه گرمسیری و تحمل تنش خشکی، کشت آن در مناطق گرمسیری مانند خوزستان توصیه می‌شود.

1 - Dhanda and Sethi

منابع

۱ - **آقاعلیخانی، م. ۱۳۹۲.** اثر تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی ارزن مرواریدی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه تربیت مدرس.

۲ - **آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی جعاد کشاورزی. ۱۳۹۶.** بانک اطلاعاتی دفتر آمار و فناوری اطلاعات، بانک زراعت، اطلاعات محصولات کشاورزی بر اساس نام استان و محصول به تفکیک سال زراعی.

۳ -**صفری، ف.، گالشی، س.، تربتی نژاد، ن.م و مساوات، س.ا. ۱۳۸۷.** اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد علوفه ارزن دم‌روباهی(*Setariaitalica*) مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی .ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات. ۱۵(۵): ۱۲۷-۱۲۰.

۴ -**نباتی، ج و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۹.** اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ارزن ، سورگوم و ذرت علوفه ای. مجله علوم زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۱(۱): ۱۸۶-۱۷۹.

5- **Ashiono, G.B., Gatuiku, S., Mwangi, P., Akuja, T.E. 2005.** Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), E1291, in the dry highlands of Kenya. Asian Journal of Plant Sciences. 4: 379-382.

6- **Bruck , H., W. A. Payne, and B. Sattelmacher. 2012.** Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water –use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science. 40: 120-125.

7- **Carberry, P.S., Campbell, L.C. and Bidinger, F.R. 2011**. The growth and development of pearl millet as affected by plant population. Field Crops Research. 11:193-205.

8- **Dhanda, S. S., and G. S. Sethi. 2010.** Inheritance of exised- leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). Euphytica. 104: 39-47.

9- **Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective Selection Criteria for Assessing Stress Tolerance. In: Kuo, C.G., Ed., Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan. pp 257-270.

10- **Khademhamzeh, H., and Karimi, M. 1994.** Effect of planting date and Plant density on yield and yield component of soybean. The Fiveth Congress of Culture and Plants Adjustment. pp: 480.

11- **Kusaka, M., A. G. Lalusin, and T. Fujimura. 2011.** The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum*[L]Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science. 168: 1-14.

12- **Nielson, D.C., Vigil, M.F., and Benjamin, G. 2012.** Forage yield response to water use for dryland corn millet and triticale in the central Great planis. Agronomy Journal. 98(4): 992-998.

13- **Rascio , A., M. Russo, C. Platani, and N. Difonzo. 2009.** Drought intensity effects on genotypic differences in tissue affinity for strongly bound water. Plant Science. 132: 121-126.

14- Roy, S.K., and Bisara, P.K. 1992. Effect of plant density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). Agricultural Science Cambridge. 119(3): 297-301.

15- Tomer, P.S. and Harika, A.S. 2013. Plant population and yield relationship in forage hybrid pearl millet. National Dairy Research Institute. Karhal 132. Haryana India. Journal of Agriculture. 18(2): 116-118.

16- Van Oosterom, E.J., Carberry, P.S. and O'leary, G.J. 2015. Simulating growth, development and yield of tillering pearl millet I. Leaf area profiles on main shoots and tillers. Field Crops Research. 72:51-66.

17- Wiatrak, P.J., Wright, D.L., Pudelko, J.A. and Spitalniak, J. 1995. Influence of row widths and seeding rates on pearl millet silage and grain yield. North Florida Research and Education Center. 54:33-36.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 8, No. 2, Autumn & Winter 2018

Effect of Planting Density and Different Irrigation Regimes on of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum L.*) Forage yield in Ahvaz climate condition

Mahdi Nasirpour[1], Saeid Zakernezhad[2*]

1- M.Sc. graduated student of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- Faculty member of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Corresponding Author; Email: zakernezhad48@yahoo.com

(Received: 26 July 2018; Accepted: 21 January 2019)

Abstract

In order to investigate the effect of planting density and different irrigation regimes on the yield of pearl millet in Ahvaz, Iran, in 2017, was carried out. The experiment was conducted as a split-plot based on randomized complete block design with three replications. In this study, the irrigation regime was considered as the main-plot at three levels (90, 120 and 150 mm evaporation from class-A evaporation pan) and the plant density as the sub-plot at four levels (20, 30, 40 and 50 plants/m^2). The results showed the irrigation regime had a significant effect on fresh and dry leaf weight, fresh and dry weight of stem, plant height, stem diameter, and chlorophyll a and b at 1% probability level. Also, the plant density had a significant effect on leaf fresh and dry weight, fresh and dry weight of stem, plant height and stem diameter at 1% probability level. The interaction of irrigation regime and plant density on leaf fresh and dry weight, fresh and dry weight of stem and plant height was significant at 1% probability level. In general, according to the results, it can be concluded that with increasing drought stress all measured traits decreased. Therefore, considering the environmental conditions of the experimental area as well as the economic aspects of applying and performing irrigation after 90 mm of the evaporation pan, treatment is more suitable. Also, among the densities studied, the density of 50 plants/m^2 had the highest biological yield of total forage millet. As the final result, the best treatment was determined using a density of 50plants/m^2 and irrigation after 90 mm evaporation from the evaporation pan.

Key words: Pearl millet, Irrigation Regimes, Plant density, Forage