

تأثیر تراکم بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم سورگوم علوفه ای در شرایط محدودیت آب

یعقوب راعی^{1*}، معصومه جورنت²، حسین مقدم³، محمدرضا چایی چی³ و وریا ویسانی⁴

تاریخ دریافت: 91/12/19 تاریخ پذیرش: 92/09/16

1- عضو هیأت علمی گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه تبریز

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تبریز

3- عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

4- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه تبریز، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد سنندج

*. مسئول مکاتبه: E-mail: yaegoob@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کم آبیاری و تراکم کاشت بر کمیت و کیفیت سورگوم علوفه‌های پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی 1388 اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با 3 تکرار و 18 تیمار انجام شد. عامل اصلی شامل آبیاری پس از 70 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تیمار شاهد (IR₇₀)، آبیاری پس از 100 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تیمار تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) و آبیاری پس از 130 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تنش خشکی شدید (IR₁₃₀) و عامل های فرعی شامل تراکم های 15، 20 و 25 بوته در متر مربع و ارقام اسپیدفید و پگاه بود. نتایج نشان داد که بالاترین و کمترین درصد ماده خشک قابل هضم (IVDMD) در شرایط شاهد (IR₇₀) به ترتیب مربوط به رقم پگاه با تراکم 25 بوته در متر مربع و رقم اسپیدفید با تراکم 15 بوته در متر مربع بود. در شرایط تنش خشکی، رقم پگاه از درصد پروتئین خام (CP) بالاتری برخوردار بود. در سطوح تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) و تنش خشکی شدید (IR₁₃₀) با افزایش تراکم، درصد پروتئین خام کاهش پیدا کرد. با افزایش تنش خشکی میزان قندهای محلول در آب (WSC) در هر دو رقم پگاه و اسپیدفید افزایش یافت. در رقم اسپیدفید در شرایط شاهد (IR₇₀) و سطوح تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) با افزایش تراکم کاشت مقدار درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز (ADF) کاهش پیدا کرد. رقم اسپیدفید در تیمار های تنش خشکی متوسط و تنش خشکی شدید نیز بیشترین عملکرد علوفه را با تراکم 25 بوته در متر مربع دارا بود. کمترین میزان علوفه تولیدی نیز در در رقم پگاه با تراکم 15 بوته در متر مربع تحت تنش خشکی شدید ملاحظه شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم کاشت، سورگوم علوفه ای، کم آبیاری، کیفیت علوفه.

Effect of Density on Connotative and Collective Yield of Forage Sorghum Under Water Limitation

Y Raei¹, M Jorat¹, H Moghaddam², MR Chaichi³ and W Weisany³

Received: January 8, 2013 Accepted: December 7, 2013

¹ Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

² Faculty Members of Tehran University, Iran.

³ Ph.D student in Agro Ecology, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz, Iran.

⁴ University and Member of Young Researchers and the elite Club, Sanandaj Branch, Iran.

* Corresponding author: E-mail: yaegoob@yahoo.com

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effect of limited irrigation and sowing density on two forage sorghum varieties. The experiment was conducted in Research Farm of College of Agriculture, University of Tehran during 2007 growing season. The experiment was conducted according to split plot factorial in a randomized complete block design with three replications. The main factor consisting of irrigation after 70 (control), 100 (medium water stress) and 130 (severe water stress) mm accumulative evaporation from evaporation pan class A and the sowing density of 15, 20 and 25 plants per square meter and two sorghum varieties (Speedfeed and Pegah) were allocated as factorial arrangement to the subplots. The results indicated that the highest and lowest dry matter digestibility (IVDMD) in control conditions (IR70) was related to Pegah with density of 25 plants per square and Speedfeed with density of 15 plants per square meter, respectively. In drought conditions, Pegah have the higher amount of crude protein (CP). With increasing of density, the percent of crude protein was reduced in medium water stress and severe water stress levels. With increasing stress levels of water soluble carbohydrates (WSC) increased in both cultivars (Speedfeed and Pegah). The acid detergent fiber (ADF) was reduced with increasing plant density in Speedfeed cultivar in control conditions (IR70) and moderate levels of stress (IR100). The highest forage yield was produced by Speedfeed variety at the control, medium water stress and severe water stress treatments with 25 plants per square meter density. The lowest forage yield was observed at density of 15 plants per square meter in severe water stress and Pegah cultivar.

Key Words: Density, forage quality, forage yield, limited irrigation, sorghum

مقدمه

های با تراکم کمتر مورد استفاده قرار میدهند (جونز و جانسون 1991). بر اساس یافته‌های کاسلر (2000) یکی از معیار های اصلی برای افزایش ارزش غذایی علوفه، افزایش ماده خشک قابل هضم و کاهش مقدارلیگنین میباشد (کارمی و همکاران 2005 و میرون و همکاران 2006). این مهم بوسیله متخصصان، از طریق تعیین مناسب ترین مرحله برداشت و ارائه روش های مناسب آبیاری و تعیین تراکم کشت مناسب احراز شده است (کاسیکانکوی و لائور 1999 و سینگ و سینگ، 1995). طی بررسی (ویلیام و همکاران 2002) بر روی ذرت علوفه‌ای، با افزایش تراکم کاشت از پایین ترین سطح (64200 بوته در هکتار) به بالاترین سطح (88900 بوته در هکتار)، عملکرد ماده خشک علوفه به مقدار 1/6 مگاگرم در هکتار افزایش پیدا کرد و قابلیت هضم ماده خشک از 652 به 641 کیلو گرم کاهش، پروتئین خام از 76 به 72 کیلو گرم کاهش و ADF^1 از 259 به 270 گرم افزایش پیدا کرد. در آزمایشی بر روی ذرت علوفه‌ای، با افزایش تراکم کاشت عملکرد ماده خشک از 1/7 به 4/1 مگاگرم در هکتار افزایش یافت و تحت این شرایط قابلیت هضم ذرت علوفه ای از 16 به 23 کیلو گرم افزایش یافت و میزان پروتئین خام نیز از 6 به 8 کیلوگرم افزایش و میزان NDF از 20 به 35 کیلوگرم و ADF از 19 به 29 کیلو گرم افزایش نشان داد (جورج و همکاران 1999). فیپس و ولر (1991) گزارش کردند که ظرفیت ADF با افزایش تراکم کاشت بالا در گیاه ذرت، افزایش پیدا می‌کند. براساس مطالعات (استاگن بورگ و همکاران 1999) در مورد سورگوم، افزایش تراکم باعث افزایش عملکرد تحت شرایط فراهم بودن آب شد، اما تأثیری روی ظرفیت NDF در مرحله قبل از خوشه دهی نداشت. تراکم همچنین روی ماده خشک قابل هضم در مرحله خمیری سخت (در تمام سطوح آبیاری) اثر معنی‌داری نداشت (ویدیکومب و تلن 2002). در این پژوهش همچنین مشخص گردید که افزایش در تراکم ذرت، سبب کاهش ماده خشک قابل

با توجه به کمبود منابع آب، خشکی بعنوان یک عامل تنش زای اصلی غیرزیستی شدیدترین تهدید برای امنیت غذایی جهان می باشد (فاروق و همکاران 2008)، که مسئول بسیاری از کمبود های تولیدی در گیاه است (ریکی آردی و همکاران 2001، خان و همکاران 2007). امروزه، مهمترین چالش پیش روی کشاورزی، تامین آب کافی برای تولید غذا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (دیوف 2003). علیرغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تغلیف دام؛ در ایران نسبت به تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با دیگر محصولات زراعی کمتر توجه شده و این امر به کمبود پروتئین حیوانی توأم با کاستی در کیفیت آنها در کشور منجر شده است. گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) یکی از مهمترین گیاهان علوفه‌ای موجود محسوب میشود. مقاومت به خشکی سورگوم و عملکرد قابل قبول آن در چنین شرایطی این گیاه را برای تولید علوفه، در مناطق نیمه خشک دنیا مناسب میسازد (راتور 2002 و زربینی و توماس 2003). این گیاه تحت شرایط خشکی و یا گرمای شدید به خوبی محصول تولید می کند در حالی که ذرت و غلات دیگر غیر از ارزن عملکرد رضایت بخشی ندارند. ارزش غذایی علوفه سبز سورگوم بسیار نزدیک به علوفه ذرت می‌باشد. (بوکستون و همکاران 1996) گزارش دادند که ارزش غذایی یک مفهوم کلی است که تمامی خصوصیات غذایی یک علوفه را در رابطه با تامین نیازهای تغذیه ای دام تعیین می کند. شش عامل زیستی و تکنیکی که بر کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارد شامل گونه گیاهی، رقم، مرحله رشدی گیاه و میزان رسیدگی، برداشت و انبار کردن، حاصلخیزی خاک و عوامل محیطی (شامل رطوبت، دما و نور خورشید) می‌باشند. طبق تحقیقات صورت گرفته (دفور و همکاران 2001) تراکم کاشت بالا جذب ظاهری فسفر را نسبت به تراکم کاشت طبیعی، در گیاه افزایش می دهد و جمعیت های متراکم مقدار رطوبت مواد غذایی قابل دسترس را سریعتر از جمعیت-

¹ Acid Detergent Fiber

متر از سطح دریا اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است. بارش متوسط سالیانه 261 میلیمتر می باشد. بارش عمدتاً در اوایل بهار به وقوع می پیوندد. آزمایش به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار و 18 تیمار اجرا شد. تیمارها شامل سطوح آبیاری به عنوان فاکتور اصلی (آبیاری پس از 70، 100 و 130 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A)، سطوح تراکم به عنوان عامل فرعی (تراکم های 15، 20 و 25 بوته در متر مربع) و رقم (اسپیدفید و پگاه) بود. عملیات کاشت در تاریخ بیستم خرداد ماه 1388 بصورت دستی بعد از برداشت گیاه پوششی جو و به روش کپه‌ای (به عمق 3-5 سانتی متر) صورت گرفت و بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام شد. کود مصرفی فسفات آمونیوم به مقدار 150 کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمون خاک و پیش از کاشت بذر به صورت نواری در فاصله 5 سانتی متری بذر قرار داده شد. همچنین مقدار 100 کیلوگرم در هکتار اوره به صورت کود سرک در مراحل 4 برگی و پس از چین اول مصرف شد. شایان ذکر است که برداشتها در دو چین انجام شد. زمان برداشت مصادف با ظهور کامل گل آذین در کرت‌های آزمایشی و برای چین اول 15 مرداد ماه و چین دوم 30 شهریور ماه بود. هر کرت آزمایشی به ابعاد 2×5 متر شامل 4 خط کاشت به فاصله 50 سانتیمتر از یکدیگر بود. فاصله بذر روی خط متناسب با تیمار تراکم کشت به گونه ای لحاظ گردید تا تعداد بذر مورد نیاز در متر مربع بر اساس 15، 20 و 25 بوته در متر مربع احراز شود. معیار اعمال تنش در این طرح بر اساس مقدار آب تبخیر شده از تشتک تبخیر کلاس A بود، به طوری که تیمار آبیاری پس از 70 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تیمار شاهد (IR70)، آبیاری پس از 100 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تیمار تنش خشکی متوسط (IR100) و آبیاری پس از 130 میلیمتر تبخیر از سطح تشتک به عنوان تنش خشکی شدید (IR130) در نظر

هضم گردید. تراکم گیاهی همچنین بر مرفولوژی گیاه (لافارگ و همر 2002)، ظرفیت ماده خشک (روزنتال و همکاران 1993) و ترکیبات شیمیایی (ویدیکومب و تین 2002) تأثیر گذار است. افزایش در تراکم گیاه، آب قابل دسترس به تک تک گیاهان را کاهش داده و در نتیجه امکان دارد عملکرد نیز کاهش یابد (برنگر و فاسی 2001). با این حال این واکنش ممکن است بوسیله افزایش ماده خشک قابل هضم، از طریق کاهش ظرفیت تولید لیگنین در کانوپی گیاهی متراکمتر جبران شود. تراکم کاشت، عملکرد علوفه سورگوم (کاسیکانکوی و لائور 1999) و کیفیت (دفور و همکاران 2001) آن را تحت تأثیر قرار می دهد. آبیاری اضافی سورگوم باعث افزایش طول ساقه و افزایش عملکرد میشود ولی هر چه وضعیت آبی گیاه بهتر باشد، ظرفیت لیگنین افزایش و قابلیت هضم سورگوم کاهش می یابد و این مسئله در مورد سایر گیاهان علوفهای نیز صادق است (گودچایلد 1997 و آمادوسی و همکاران 2000).

طبق یافته های بدست آمده، سطوح مختلف آبیاری، ظرفیت لیگنین، قند محلول و در نتیجه زیست توده قابل هضم در شرایط آزمایشگاهی را تحت تأثیر قرار می دهد (کارمی و همکاران 2006؛ ردی و همکاران 1999 و میرون و همکاران 2005)، بنابراین تغییرات ایجاد شده، در واکنش به سطوح مختلف آبیاری، در هیبرید هایی مختلفی از سورگوم منجر به اختلافاتی از لحاظ عملکرد علوفه و کیفیت آن میشود. لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر سیستم های کم آبیاری و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه ای بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1388 در مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، 35 کیلومتری غرب تهران (عرض جغرافیایی 35 درجه و 56 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 58 دقیقه شرقی) با ارتفاع 1316

گرفته شد. قبل از اعمال تیمار های کم آبیاری (به عنوان کرت اصلی)، همه کرت های آزمایشی به طور یکسان آبیاری شدند تا گیاه به مرحله استقرار کامل رسید و بعد از آن اعمال گردیدند.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

شن	سیلت	رس	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	سدیم	فسفر	ازت (درصد)	بافت خاک	هدایت الکتریکی	pH
%33	%36	% 31	237	ی	1/25	1/85	12/7	7/1	14	0/09	لومی رسی	3/41	8/2

همی سلولز ADF، درصد خاکستر کل شامل می شود. شایان ذکر است که برای اندازه گیری صفات کیفی از نمونه های ترکیب شده دو چین استفاده گردید.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده ها نیز توسط نرم افزار SAS انجام شد. نمودارها توسط نرم افزار Excel رسم شدند. در وهله نخست تجزیه واریانس ساده جهت صفات اندازه گیری شده انجام گرفت و پس از آن میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5 درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد ماده خشک قابل هضم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد ماده خشک قابل هضم نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول 2). مقایسه میانگین نشان داد افزایش تنش خشکی باعث افزایش درصد ماده خشک قابل هضم سورگوم گردید (شکل 1). در بسیاری از تحقیقات انجام شده گزارش شده است که قابلیت هضم مواد تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی گیرد که با نتایج این آزمایش مطابقت ندارد.

ارزیابی کیفیت علوفه

برای انجام آزمون های کیفی سه تکرار از هر تیمار به آزمایشگاه سازمان تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور منتقل گردید. در این پژوهش جهت تعیین کیفیت علوفه از دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک که واجد دقیق ترین و در عین حال سریع ترین تکنیک جهت تخمین ترکیبات شیمیایی فراورده های کشاورزی است، استفاده گردید. تکنولوژی NIR¹ بر اساس جذب و انعکاس اشعه مادون قرمز در طول موج های بین 700 تا 2500 نانومتر استوار است. در این روش پرتو بر جسم تابانیده شده و انرژی منعکس شده (R) از نمونه بر اساس $\log 1/R$ اندازه گیری میشود. کالیبراسیون دستگاه با استفاده از نرم افزار SESAME2 و بنابر داده های مربوط به گراسهای علوفه های صورت گرفت. پس از کالیبراسیون دستگاه NIR، اندازه گیری صفات کیفی ذیل در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع بر اساس روش ارائه شده توسط (جعفری و همکاران 2003) انجام شد. صفات کیفی اندازه گیری شده در نمونه ها را درصد ماده خشک قابل هضم IVDMD²، درصد پروتئین خام CP³، درصد قندهای محلول در آب WSC⁴، درصد دیواره سلولی عاری از

¹ Near infra red

² Dry matter digestibility

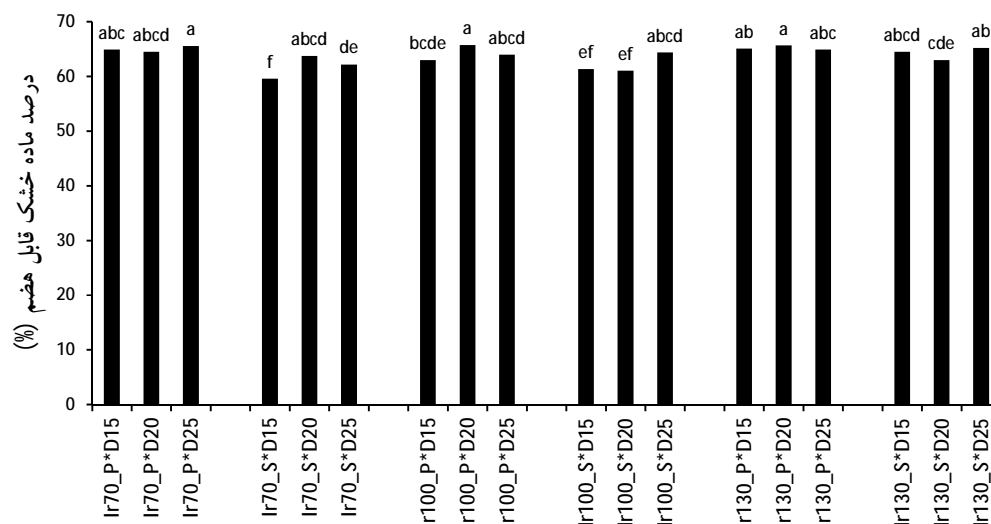
³ Crude protein

⁴ Water soluble carbohydrates

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کم آبیاری و تراکم بر ماده خشک قابل هضم، پروتئین خام، قند محلول در آب، دیواره سلولی عاری از همی سلولز، خاکستر و عملکرد علفه ای.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده خشک قابل هضم	پروتئین خام	قند محلول در آب	دیواره سلولی عاری از همی سلولز	خاکستر	عملکرد علفه خشک
تکرار	2	0/89 ^{ns}	0/43 ^{ns}	0/13 ^{ns}	0/10 ^{ns}	0/257 ^{ns}	4426/74 ^{n.s}
آبیاری	2	10/92 [*]	6/31 ^{ns}	14/41 ^{**}	10/21 [*]	0/338 ^{ns}	912035/7 ^{**}
خطای اول	4	1/49	1/52	0/135	1/29	0/265	2234/7
تراکم	2	7/75 ^{**}	7/45 ^{**}	7/42 ^{**}	9/17 ^{**}	0/508 ^{ns}	1683930 ^{**}
آبیاری×تراکم	4	3/006 ^{ns}	0/61 ^{ns}	1/48 ^{ns}	8/65 ^{**}	0/159 ^{ns}	21380/5 ^{**}
رقم	1	57/70 ^{**}	1/03 ^{ns}	21/90 ^{**}	1/39 ^{ns}	1/01 ^{ns}	616107/8 ^{**}
آبیاری×رقم	2	4/41 ^{ns}	1/21 ^{ns}	5/58 ^{**}	1/96 ^{ns}	0/80 ^{ns}	1564/5 ^{n.s}
تراکم×رقم	2	4/92 ^{ns}	0/58 ^{ns}	1/16 ^{ns}	6/29 ^{**}	0/946 ^{ns}	260196 ^{**}
آبیاری×تراکم×رقم	4	8/62 ^{**}	4/25 ^{**}	1/45 ^{ns}	5/50 ^{**}	0/432 ^{ns}	54560/9 ^{**}
خطای دوم	30	1/61	0/71	0/66	0/80	0/296	1205/18

*: معنی دار در سطح 5%، **: معنی دار در سطح 1% و ns: غیر معنی دار.



شکل 1- متوسط درصد ماده خشک قابل هضم ارقام سورگوم (بگه P، اسپید S)، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، شامل آبیاری پس از 70 (ir₇₀)، آبیاری پس از 100 (ir₁₀₀) و آبیاری پس از 130 (ir₁₃₀) میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A و تراکم کاشت شامل 15 (D₁₅)، 20 (D₂₀) و 25 (D₂₅) بوته در متر مربع. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5% می‌باشند.

تبخیر از سطح تشنگ (IR₇₀) با افزایش تراکم ماده خشک قابل هضم سورگوم افزایش نشان داد (شکل 1). در تراکم پایین، درصد ماده خشک قابل هضم اسپیدیفید کمتر از رقم پگاه در تراکم بالای کاشت بود. در شرایط تنش خشکی شدید ماده خشک قابل هضم با افزایش تراکم یک روند تقریباً صعودی را طی کرد (شکل 1).

درصد پروتئین خام

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد پروتئین خام نشان داد که بین سطوح مختلف تراکم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تراکم درصد پروتئین خام سورگوم کاهش یافت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد پروتئین خام نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی × تراکم کاشت × رقم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). محققین بیان کرده اند که تنش خشکی باعث افزایش غلظت نیتروژن در غلات می شود (ساوین و نیکولاس 1996، گودینگ و همکاران 2003، آبرئو و همکاران 2004، اوزترک و آیدین 2004، پسرکلی و همکاران 2005 و هابرل و همکاران 2008). (ویچنتال و همکاران 2004) نیز در آزمایشی بر روی ارقام علوفه ای سورگوم و ارزن مرواریدی دریافتند که درصد پروتئین در ارزن مرواریدی تحت شرایط دیم نسبت به آبی افزایش یافت. اورتگا-اوجوا (2005) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد. اوسوالد و همکاران (1991) در بررسی اثر تنش خشکی روی سورگوم دانه‌ای به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در سورگوم باعث رشد، گرده افشانی و پنجه-زنی ضعیف و افزایش درصد پروتئین دانه شده است. در این تحقیق نیز با افزایش تنش خشکی رقم پگاه از درصد پروتئین خام بالاتری برخوردار بود (شکل 2). در سطوح تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) و تنش خشکی شدید (IR₁₃₀) به طور تقریبی با افزایش تراکم کاشت درصد پروتئین خام کاهش یافت. در تنش شدید با افزایش تراکم درصد پروتئین خام کاهش یافت. درحالی

(ویچنتال و همکاران 2004 و اورتگا-اوجوا 2005). ولی در توافق با نتایج این آزمایش‌های (کیپنیس و همکاران 1994) گزارش نمودند که کاهش رطوبت قابلیت هضم ماده خشک تولیدی را بالا می برد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد ماده خشک قابل هضم نشان داد که بین سطوح مختلف تراکم در گیاه سورگوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تراکم نشان داد که افزایش تراکم باعث افزایش درصد ماده خشک قابل هضم سورگوم گردید (شکل 1). (جعفری و همکاران 2003) نشان دادند با افزایش تراکم و نیز میزان نیتروژن مصرفی، درصد ماده خشک قابل هضم کاهش یافت که با نتایج حاضر مطابقت ندارد. هر چند به نظر میرسد کاهش قابلیت هضم در سطوح مختلف نیتروژن و تراکم قابل ملاحظه نمی باشد. (وارد و همکاران 2001) اظهار داشتند که ماده خشک قابل هضم همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، درصد فیبرهای محلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد ماده خشک قابل هضم نشان می دهد که بین ارقام مختلف سورگوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم پگاه نسبت به رقم اسپیدیفید از درصد ماده خشک قابل هضم بالاتری برخوردار بود (شکل 1).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد ماده خشک قابل هضم نشان داد که بین اثر متقابل سطوح آبیاری و تراکم کاشت و رقم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). در تیمار شاهد (IR₇₀)، رقم پگاه ماده خشک قابل هضم بالاتری نسبت به اسپیدیفید داشت. به طوری که بالاترین درصد ماده خشک قابل هضم در این سطح از آبیاری مربوط به رقم پگاه و تراکم 25 بوته در متر مربع بود. کمترین درصد ماده خشک قابل هضم در این سطح از آبیاری (IR₇₀) مربوط به رقم اسپیدیفید و تراکم 15 بوته در متر مربع بود. در رقم پگاه و در تیمار آبیاری پس از 70 میلی‌متر

بر این صفت از نظر آماری معنی داری است (جدول 2). همچنان که در شکل 3 مشاهده می‌گردد در شرایط شاهد و سطوح تنش خشکی متوسط همواره رقم اسپیدفید از درصد قند محلول در آب بالاتری برخوردار بود. در هر دو رقم (پگاه و اسپیدفید) با افزایش تنش خشکی یک روند افزایشی در میزان قندهای محلول در آب مشاهده می‌شود.

درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد دیواره سلولی فقط مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه آورده و بحث شود. عاری از همی سلولز نشان داد که بین اثر متقابل تنش خشکی و تراکم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). با توجه به شکل 4 در سطوح آبیاری بعد از 70 و 100 میلی‌متر تبخیر از تشنگ تبخیر با افزایش تراکم کاشت مقدار ADF کاهش یافت که مبین افزایش کیفیت علوفه تحت تراکم کاشت بالاتر می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز نشان داد که بین اثر متقابل تراکم کاشت و رقم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). با توجه به شکل در رقم اسپیدفید با افزایش تراکم کاشت درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز کاهش یافت که مبین افزایش کیفیت علوفه تحت تراکم کاشت بالاتر می‌باشد. در حالی که در رقم پگاه در تراکم های 15 و 25 بوته در متر مربع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل 4).

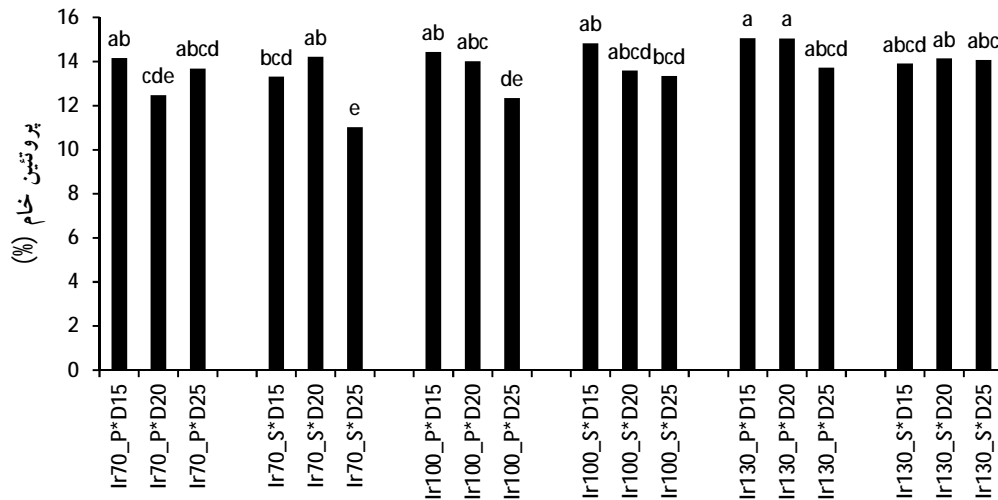
نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز نشان داد که بین اثر متقابل تنش خشکی و تراکم و رقم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول 2). با توجه به شکل 4 در شرایط تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) اختلاف معنی‌داری در رقم پگاه وجود نداشت. در رقم اسپیدفید در تنش

که در تنش شدید، هیچ یک از تفاوت‌های مقادیر پروتئین در تراکم های مختلف، با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (شکل 2).

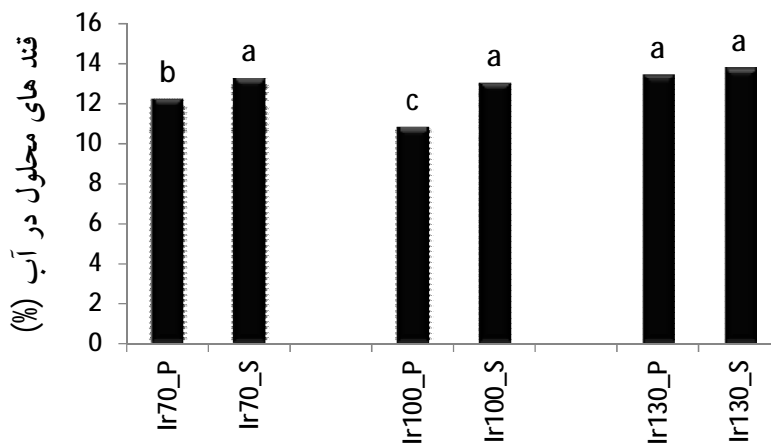
درصد قند های محلول در آب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد قند های محلول در آب نشان داد که بین سطوح تنش خشکی در گیاه سورگوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول 2). با افزایش شدت تنش خشکی درصد قندهای محلول در آب افزایش یافت و بیشترین درصد قندهای محلول در آب مربوط به تیمار تنش خشکی شدید (IR₁₃₀) بود (شکل 3)، که با نتایج تحقیق هامفریز (1994) مبنی بر افزایش غلظت قندهای محلول در آب در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد قند های محلول در آب نشان داد که بین سطوح تراکم در گیاه سورگوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2)، به طوری که با افزایش تراکم به علت کاهش مقدار ماده فیبری درصد قندهای محلول در آب افزایش یافت (شکل 3). طبق بررسی‌های هامفریز (1994) افزایش مصرف نیتروژن و تراکم باعث افزایش مقادیر قندهای محلول در شرایط تنش شوری می‌شود. همان‌طور که هامفریز (1994) گزارش نمود، شرایط تنش می‌تواند سبب افزایش غلظت قندهای محلول در آب گردد. لذا به نظر می‌رسد، افزایش تراکم سبب ایجاد رقابت و کاهش فتوسنتز و در نتیجه افزایش قندهای فوق‌گردیده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد قند های محلول در آب نشان داد که بین ارقام مختلف سورگوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول 2). رقم اسپیدفید نسبت به پگاه از درصد قند محلول در آب بالاتری برخوردار است بنابراین رقم اسپیدفید از این لحاظ می‌تواند کیفیت بالاتری نسبت به رقم پگاه داشته باشد (شکل 3).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد قند های محلول در آب نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی × رقم



شکل 2- متوسط درصد پروتئین خام ارقام سورگوم (پگاه P، اسپیدفید S)، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، شامل آبیاری پس از 70 (ir70)، آبیاری پس از 100 (ir100) و آبیاری پس از 130 (ir130) میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، و تراکم کاشت شامل 15 (D15)، 20 (D20) و 25 (D25) بوته در متر مربع. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5% می باشند.



شکل 3- متوسط درصد قند های محلول در آب ارقام سورگوم (پگاه P، اسپیدفید S)، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، شامل آبیاری پس از 70 (ir70)، آبیاری پس از 100 (ir100) و آبیاری پس از 130 (ir130) میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5% می باشند.

بالاترین تراکم کاشت (25 بوته در متر مربع)، بیشترین عملکرد علوفه خشک را تولید نمود. در تحقیقات متعددی نشان داده شده است که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد ماده خشک علوفه افزایش (ویلیام و همکاران، 2002؛ برگر و کامپل، 1971؛ اسکالوا و کراهولک، 1992 و کارواتا و همکاران، 1990) و با افزایش تنش خشکی، عملکرد ماده خشک علوفه کاهش می‌یابد (پاندا و همکاران، 2004) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بنابراین می‌شود نتیجه گرفت که هر چه منابع آبی برای گیاه بهتر فراهم باشد، گیاه سریعتر جوانه می‌زند و سریعتر رشد می‌کند. (اندرو و همکاران 2010) طی تحقیقات بر سورگوم به این نتیجه رسیدند که در بین تراکم‌های کشت شده تراکم 25 و 15 بوته در متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک را تولید نمودند. گیاه سورگوم توانایی تولید پنجه مناسب در شرایط محدودیت‌های خاص را دارد که این امر می‌تواند در عملکرد نهایی اثر گذار باشد (تیاگی و همکاران، 1998). در این تحقیق با کاهش فاصله بوته‌ها در روی ردیف و با افزایش تراکم کاشت از 15 به 25 بوته در متر مربع، عملکرد علوفه خشک افزایش یافت که نتایج فوق با نتایج اسکالوا و کراهولک (1992) مطابقت دارد. در تراکم 15 بوته در متر مربع گیاه قادر به ایجاد پوشش گیاهی مناسب و متراکم نسبت به 20 بوته در متر مربع، برای استفاده از شرایط محیطی نیست، بنابراین در شرایط آبی مناسب و تراکم 25 بوته در متر مربع بیشترین عملکرد را شاهد بودیم.

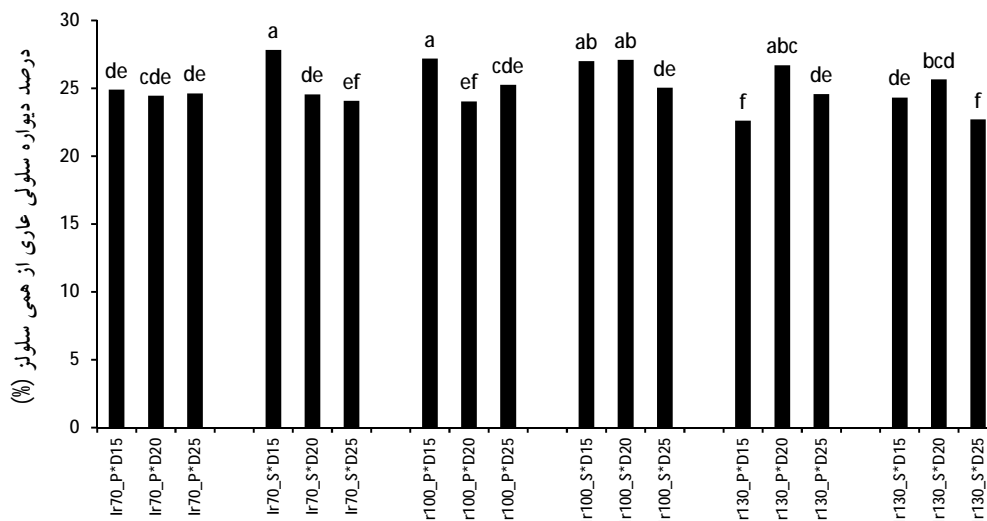
نتیجه‌گیری

افزایش تنش خشکی، رقم پگاه از درصد پروتئین خام بالاتری برخوردار بود. در سطوح تنش خشکی متوسط (IR₁₀₀) و تنش خشکی شدید (IR₁₃₀) به طور تقریبی با افزایش تراکم کاشت درصد پروتئین خام کاهش یافت. در شرایط شاهد و تنش متوسط رقم اسپیدفید، با افزایش تراکم کاشت درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز (ADF) کاهش پیدا کرد. همچنین

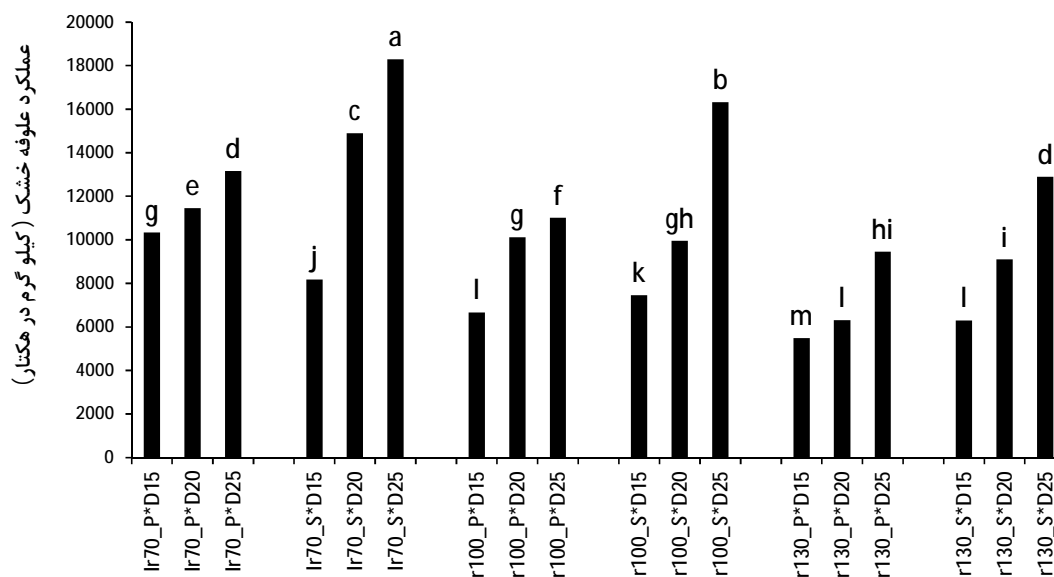
خشکی ملایم و متوسط با افزایش تراکم کاشت مقدار درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز کاهش یافت که مبین افزایش کیفیت علوفه تحت تراکم کاشت بالاتر می‌باشد (شکل 4). درحالی که در مورد رقم پگاه در آبیاری بعد از 70 میلیمتر (شاهد) اختلاف معنی داری از لحاظ درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز وجود نداشت، درحالی که در شرایط آبیاری بعد از 100 میلیمتر تبخیر (IR₁₀₀) از یک روند کاهشی پیروی کرد (شکل 4). نتایج تحقیقات (ویچنتال و همکاران 2004) بیانگر این امر بود که درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز در سورگوم و ارزن مرواریدی علوفه‌ای تحت شرایط دیم و تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری کاهش یافت.

عملکرد علوفه خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی (کم آبیاری، رقم و تراکم کاشت) و اثرات متقابل آنها بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال آدرصد معنی دار شد (جدول 2). اثر متقابل تنش خشکی و تراکم و رقم بر عملکرد خشک سورگوم علوفه ای در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول 2). در نظام آبیاری طبیعی (شاهد) دیده شد رقم اسپیدفید نسبت به افزایش تراکم کاشت واکنش بهتری را نسبت به پگاه نشان داد و عملکرد آن در تراکم کشت 20 و 25 بوته در متر مربع تقریباً 2/5 برابر 15 بوته در متر مربع بود. در مورد رقم پگاه افزایش عملکرد در تراکم 25 بوته در متر مربع نسبت به تراکم 20 بوته در متر مربع کمتر بود (شکل 5). در تنش متوسط نیز این روند مشاهده گردید، درحالی که در آبیاری 130 میلیمتر نسبت به 70 میلیمتر این اختلاف در رقم اسپیدفید خیلی فاحش نبود. با توجه به نتایج بدست آمده بالاترین عملکرد علوفه مربوط به رقم اسپیدفید در تراکم 25 بوته در متر مربع و تنش خشکی 70 میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس نوع A بود (شکل 5). بنابراین بر اساس نتایج موجود در تمامی سطوح آبیاری (بدون تنش و تنش) رقم اسپیدفید در



شکل 4- متوسط درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز ارقام سورگوم (پگاه P، اسپیدی S)، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، شامل آبیاری پس از 70 (ir70)، آبیاری پس از 100 (ir100) و آبیاری پس از 130 (ir130) میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، و تراکم کاشت شامل 15 (D15)، 20 (D20) و 25 (D25) بوته در متر مربع. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5% می باشند.



شکل 5- متوسط عملکرد علوفه خشک ارقام سورگوم (پگاه P، اسپیدی S)، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، شامل آبیاری پس از 70 (ir70)، آبیاری پس از 100 (ir100) و آبیاری پس از 130 (ir130) میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، و تراکم کاشت شامل 15 (D15)، 20 (D20) و 25 (D25) بوته در متر مربع. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5% می باشند.

در شرایط فوق رقم اسپیدفید از درصد قند محلول در آب بالاتری برخوردار بود. با توجه به صرفه جویی انجام شده در مصرف آب در تنش متوسط (100 میلی‌متر) و عدم اختلاف معنی‌دار آن با تیمار آبی 70 میلی‌متر از نظر عملکرد علوفه خشک به نظر می‌رسد کشت رقم اسپید فید با تراکم 25 بوته در مترمربع در این سطح تنش قابل توصیه باشد.

منابع مورد استفاده

- Abreu D, Flores I, Abreu F and Madeira MV, 2004. Nitrogen uptake in relation to water availability in wheat. *Plant and Soil*, 154: 89-96.
- Amaducci S, Amaducci MT, Enati R and Venture G, 2000. Crop yield and quality parameters of four annual fiber crops (Hemp, Kenaf, Maize and Sorghum) in the north of Italy. *Indian Crops Production*, 11: 179-186.
- Andrew N, Miller and Michael J Ottman, 2010. Irrigation frequency effects on growth and ethanol yield in sweet sorghum. *Agronomy Journal*., 102:60-70.
- Berenguer MJ and Faci JM, 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy*, 15: 43-55.
- Buxton DR, Mertens DR and Fisher DS, 1996. Forage quality and ruminant utilization. P. 229-226. In the book: LE Moser DR Buxton and Casler MD (eds) Cool-season forage grasses. American Society of Agronomy Monograph Series, 34. Madison, Wisconsin.
- Carmi A, Aharoni Y, Edelstein M, Umiel N, Hagiladi A, Yosef E, Nikbachat M, Zenou A and Miron J, 2006. Effect of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety Tal at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 120-132.
- Carmi A, Umiel N, Hagiladi A, Yosef E, Ben-Ghedalia D and Miron J, 2005. Field performance and nutritive value of a new forage sorghum variety Pnina recently developed in Israel. *Journal of Science Food Agriculture*, 85: 2567-2573.
- Casler MD, 2000. Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advance Agronomy*, 71: 51-107.
- Cusicanqui JA and Lauer JG, 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 91: 911-915.
- Defoor PJ, Cole NA, Galyean ML and Jones OR, 2001. Effects of grain sorghum planting density and processing method on nutrient digestibility and retention by ruminants. *Journal of Animal Science*, 79:19-25.
- Diouf J, 2003. Agriculture, food security and water. Towards the blue revolution. OECD Observer. No. 236. Reference: <http://www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/942>. Html.

- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra S, 2008. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 1-28.
- Goodchild AV, 1997. Effects of rainfall and temperature on the feeding value of barley straw in semi-arid mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 129: 353–366.
- Gooding MJ, Ellis RH, Shewry P and Schofield J, 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37: 295-309.
- Haberle J, Svoboda P and Raimanova I, 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. *Plant Soil and Environment*, 54: 304-312.
- Jafari AV, Frolich AC and Walsh EK, 2003. A note on estimation of quality in perennial rye grass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agriculture and Food Research*, 42: 293-299.
- Jones OR and Johnson GL, 1991. Row width and plant density effects on Texas High Plains sorghum. *Journal of Production Agriculture*, 4: 613–621.
- Jorge A, Cusicanqui and Joseph Lauer G, 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 91:911-915.
- Khan H, Link W, Hocking TJ and Stoddard FL, 2007. Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*Vicia faba L.*). *Plant and Soil*, 292: 205-217.
- Kipnis T, Krivat G, Drash L, Granoth L and Jonathan R, 1994. Yield and quality of forage sorghum as affected by water supply. In: proceeding of the 15th General meeting of the European Grass Land Federation Grass Land and society, Wageningen, The Netherlands, June 6-9, pp., 173-176.
- Lafarge TA and Hammer GL, 2002. Shoot assimilate partitioning and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities. *Field Crops Research*, 77: 137–151.
- Miron J, Solomon R, Adin G, Nir U, Nikbachat M, Yosef E, Carmi A, Weinberg ZG, Kipnis T, Zuckerman E and Ben-Ghedalia D, 2006. Effects of harvest stage, re-growth and ensilage on the yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties. *Journal of Science Food Agriculture*, 86: 140–147.
- Miron J, Zuckerman E, Sadeh D, Adin G, Nikbachat M, Yosef E, Ben-Ghedalia D, Carmi A, Kipnis T and Solomon R, 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 120, 17- 32.
- Ortega-Ochoa C, 2005. Effect of levels of irrigation on forage standing crop and quality of WW-B. Dahl (*Bothriochloa bladhii*) pasture under summer grazing. Ph. D. Thesis.
- Osvald J and Osvald M, 1991. Consequences due to water stress for the development and yield of Maize, Sorghum, Cabbage and Tomato plants. *Biološki vestnik*, 39.1-2:129-135.

- Ozturk A and Aydin F, 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190: 93-99.
- Panda RK, Behera SK and Kashypa PS, 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agricultural and Food Engineering*, 66: 181-203.
- Pessarakli MM, Morgan PV and Gilbert J, 2005. Dry-matter yield, protein synthesis, starch, and fiber content of barley and wheat plants under two irrigation regimes. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1227-1241.
- Phipps RH and Weller RF 1991. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize: I. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *Journal of Agriculture Science (Cambridge)*, 92:471-483.
- Rathore PS, 2002. Techniques and management of field crop production. Updesh Purohit for Agrobios (India), Jodhpur, 524p.
- Ricciardi L, Polignano GB and Giovanni CD, 2001. Genotypic response of faba bean to water stress. *Euphytica*, 118: 39-46.
- Rosenthal WD, Gerik TJ and Wade LJ, 1993. Radiation-use efficiency among grain sorghum cultivars and plant densities. *Agronomy Journal*, 85: 703-705.
- Savin R and Nicolas ME, 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23: 201-210.
- Singh BR and Singh DP, 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Research*, 42, 57-67.
- Staggenborg SA, Fjell DL, Devlin DL, Gordon WB and March BH, 1999. Grain sorghum response to row spacings and seeding rates in Kansas. *Journal of Production Agriculture*, 12: 390-395.
- Tyagi RG, Singh D and Hooda IS, 1998. Effect of plant population, irrigation and nitrogen on yield and its attributes of spring maize. *Indian Journal of Agronomy*. 43: 267-285.
- Ward JD, Redfearn DD, McCormick ME and Cuomo GJ, 2001. Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in a subtropical double-cropping system with annual ryegrass. *Dairy Science Journal*, 84: 177-182.
- Weichenthal BA, Baltensperger DD and Voge KP, 2004. Feed values for annual forages in Western Nebraska. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/21>
- Widdicombe WD and Thelen KD, 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*, 94: 326-330.
- William D, Widdicombe and Kurt Thelen D, 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*, 94: 326-330.

Zerbini E and Thomas D, 2003. Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. *Field Crop Research*, 84: 3–15.