مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۷ (۱) (۱۳۹۶) ۴۹- ۳۳

تأثیر منابع کودی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) و رژیم‌های کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کیفی علوفه و میزان تریگونلین در شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.)

ماندانا دادرسان[۱]، محمد رضا چایی چی[۱]، سید محمد باقرحسینی[۱]، احمد علی پور بابایی[۱] و داراب یزدانی[۲]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۲]مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان داروئی، جهاد دانشگاهی، کرج، ایران.

*نویسنده مسئول: m_dadresan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۶

دادرسان، م.، م. ر. چایی چی، س. م. ب. حسینی، ا. ع. پور بابایی و د. یزدانی. ۱۳۹۶. تأثیر منابع کودی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) و رژیم‌های کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کیفی علوفه و میزان تریگونلین در شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.). مجله کشاورزی بوم شناختی. ۷ (۱): ۴۹- ۳۳.

سابقه و هدف: استفاده گسترده از کودهای شیمیایی در دهه های اخیر و پیامدهای منفی ناشی از کاربرد این مواد، موضوعی است که امروزه همچنان مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. بدین منظور جایگزینی کودهای زیستی و آلی با کودهای شیمیایی و یا تلفیقی مناسب از آن ها، به منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک در کشاورزی پایدار و همچنین تامین سلامت دام امری ضروری به نظر می رسد. از سویی تنش خشکی، مهم‌ترین عامل غیر زنده است که رشد و تولید گیاهان را به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می سازد و با تاثیر روی جذب مواد غذایی از طریق ریشه موجب کاهش کیفیت علوفه می شود. به همین دلیل شناسایی روشهای نوین آبیاری و کم آبیاری می تواند پیامدهای ناشی از مشکل کم آبی را کاهش دهد. بنابراین استفاده از بهترین سطوح کودهای زیستی و تلفیقی همراه با نظام کم آبیاری، برای افزایش کیفیت علوفه و میزان تریگونلین از هدف های مهم این تحقیق به‌شمار می رود.

مواد و روش‌ها: آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم آبیاری در سه سطح: آبیاری کامل (تامین۱۰۰٪)، کم آبیاری متوسط (تامین ۷۵٪) و کم آبیاری شدید (تامین ۵۰٪ نیاز آبی گیاه برحسب تبخیر و تعرق هفتگی) و کرت‌های فرعی در بردارنده سطوح مختلف کودی (بر پایه نتایج تجزیه خاک) در شش سطح (شاهد، ۱۰۰٪کود شیمیایی، ۱۰۰٪کود زیستی، کود زیستی +۱۰۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی +۷۵٪ کود شیمیایی و کود زیستی +۵۰٪ کود شیمیایی) بود.

نتایج و بحث: با افزایش تنش خشکی، درصد پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی و خنثی، درصد خاکستر و میزان تریگونلین افزایش و دیگر صفات کاهش یافت. این امر نشان داد که با اعمال تنش خشکی کیفیت علوفه گیاه شنبلیله بدلیل افزایش الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی و خنثی کاهش می یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه همراه است. کاربرد کودهای زیستی و تلفیقی موجب کاهش فیبرهای نامحلول و افزایش قابلیت هضم علوفه شد. اگرچه تنش خشکی سبب افزایش میزان تریگونلین شد اما از سوی دیگر تاثیر منفی روی بسیاری از عامل‌های موثر بر رشد گیاه مانند میزان ماده خشک قابل هضم، جذب عنصرهای کانی (معدنی) وحتی عملکرد ماده موثره داشت. بیشترین درصد ماده خشک قابل هضم، درصد عنصرهای کانی و عملکرد تریگونلین از تیمار آبیاری کامل و استفاده از کود تلفیقی (Bio75% و Bio50%) و بالاترین درصد پروتئین خام و درصد کربوهیدرات های محلول از تیمار کم آبیاری شدید و استفاده از کود تلفیقی (Bio100%) به دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری: بنابر نتایج این تحقیق در همه شرایط و به‌ویژه در شرایط تنش، تاثیرگذاری کودهای تلفیقی به مراتب بیشتر از کودهای زیستی و شیمیایی بود. استفاده از کودهای تلفیقی توانست تأثیر زیانبار کم آبی را تا حدی خنثی و بالاترین کیفیت علوفه و متابولیت ثانویه را تأمین کند. این امر مبین آن است که باکتری های تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر) و باکتری های حل کنندهٔ فسفات (سودامونانس) موجب افزایش کارایی یکدیگر شدند و با کاربرد این کودها عملکرد کمی و کیفی بیشتری در مقایسه با دیگر نظام ها کودی به دست آمد. سیستم کم آبیاری متوسط در منطقه کرج به علت صرفه جویی در کاربرد آب و تاثیر منفی کم، نتیجه شایان پذیرشی داشت،که می تواند برای افزایش پایداری نظام‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مورد توجه قرار گیرد. به نظر می رسد با توجه به تأثیر مثبت استفاده از شنبلیله برای دام، از این گیاه می توان به عنوان یک علوفه دارو و مکمل غذایی در جیره غذایی دام استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تریگونلین، تنش خشکی، شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.)، کود زیستی و کیفیت علوفه.

مقدمه

گرچه انقلاب سبز درکوتاه مدت موجب افزایش تولید مواد غذایی برای جمعیت گرسنه کشورهای توسعه نیافته شد، ولی عامل‌های چندی باعث شد انقلاب سبز در دراز مدت نتواند پایداری و ثبات لازم را در تداوم تولید هم گام با رشد تقاضا برقرار سازد (Adediran *et al*., 2004). استفاده گسترده از مواد و هورمون های شیمیایی در تولید محصولات غذایی در دهه های اخیر، صاحبنظران علوم دامپروری به‌ویژه تغذیه دام را بر آن داشته است که به دنبال راه حل هایی برای تعدیل پیامدهای منفی کاربرد این مواد باشند. در راستای کشاورزی پایدار و تامین سلامتی دام جایگزینی کودهای زیستی و آلی به جای کاربرد کودهای شیمیایی ضروری به نظر می‌رسد. امروزه کودهای زیستی به عنوان گزینه‌ای مناسب برای جایگزین کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu *et al*., 2005). تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد کمّی و کیفی سورگوم علوفه‌ای نشان داد، بالاترین میزان پروتئین خام و کیفیت علوفه در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت اوره و ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت تفاله کرچک به همراه تلقیح با آزوسپیریلوم به‌دست می‌آید (Yadav *et al*., 2007). همچنین در بررسی کنگرفرنگی مشخص شد که کاربرد تلفیقی سطوح متوسط کودهای دامی و شیمیایی باعث بهبود صفات کیفی علوفه می‌شود (Fateh, 2008). Asadi (2013) در نتیجه تحقیق خود نشان داد که بالاترین میزان ماده خشک قابل هضم علوفه شنبلیله در تیمار کودی زیستی و بالاترین میزان پروتئین خام در تیمار کود تلفیقی وجود دارد. در رابطه با نقش کودهای زیستی بر روی کمیت وکیفیت اسانس رازیانه نشان داده شد که همزیستی ریشه رازیانه با دوگونه از قارچریشه‌های میکوریزای وزیکولار آرباسکولار (VAM)، به طور معنی داری موجب بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می شود، به نحوی که میزان ماده ارزشمند آنتول در اسانس در مقایسه با شاهد افزایش می یابد، ولی میزان فنکونولیمونن آن کاهش می یابد. (Kapoor *et al*., 2004). نتیجه پژوهش Ratti *et al*. (2001) روی گیاه دارویی علف لیمو نیز بیانگر آن بود که کاربرد توأم قارچریشه (میکوریزا) و باکتری حل‌کننده فسفات همراه با سنگ فسفات، موجب یک اثر هم افزایی روی فعالیت هر دو ریزموجود (میکروارگانیزم) شد، به نحوی که سبب تقویت و تشدید میزان اسانس در این گیاه دارویی شد.

از میان همه‌ی عامل‌هایی که به گیاهان زراعی تنش وارد می کنند، تنش خشکی و کم آبی، مهم‌ترین عامل غیر زنده است که رشد و تولید گیاهان در جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک را محدود می سازد (Reddy *et al*., 2004). به همین دلیل شناسایی روش‌های نوین آبیاری و کم آبیاری تدابیری است که می تواند پیامدهای ناشی از مشکل کمبود آب و خشکی را کاهش دهد. کم‌آبیاری یک راهکار هوشمند برای بهینه سازی کاربرد آب است که در آن آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از حد نیاز، عملکرد خود را کاهش دهد (English *et al*.,1990) و تا حدی تنش آبی را درطول فصل رشد تحمل کنند (Wang *et al*., 2001).

تاثیر رژیم‌های کم آبیاری روی گیاه جو نشان داد که تنش باعث افزایش عملکرد خشک علوفه و تا حدودی درصد فیبرخام و فیبرهای نامحلول در شوینده‌های اسیدی شد و در همان حال باعث کاهش غلظت پروتئین و قابلیت هضم شد. کودهای حاوی کود زیستی قابلیت هضم بیشتر و درصد

Archive of SID

www.SID.ir

فیبرهای نامحلول در شوینده های اسیدی کمتری تحت تنش داشتند که این امر مبین آن است که در شرایط کمبود آب، این کودها قابلیت تولید علوفه با کیفیت بالا را دارند (Maleki-Farahani, 2009). Jahanian (2013) در آزمایش خود به این نتیجه رسید که با افزایش سطح تنش خشکی از تیمار رژیم آبیاری مطلوب تا تنش خشکی شدید درصد پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول در آب و فیبرهای محلول در شوینده اسیدی افزایش یافت و همچنین روندی کاهشی در مورد قابلیت هضم ماده خشک علوفه کنگر فرنگی مشاهده شد. گزارش شده است که تلقیح گندم با باکتری های حل کنندهٔ فسفات در شرایط تنش خشکی و سال‌هایی که بارندگی در زیر سطح بهینه بوده است، نتایج بهتری نشان داده است (Salehrastin, 2001).

شنبلیله گیاه علوفه دارویی مهمی است که در طب سنتی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفته و افزون بر آن، سالیان متمادی است که از اندام رویشی آن به عنوان یکی از سبزی‌های پرکاربرد استفاده می‌شود. این گیاه دارای ارزش غذایی بالایی است و مهم‌ترین عنصرهای غذایی در برگ شنبلیله شامل کلسیم، فسفر، آهن، کاروتن، ویتامین C و پروتئین می‌باشند (Nazar, 2007). (Sun and Sun, 1996) نیز در آزمایشی که در مورد برخی از لگوم‌ها از جمله شنبلیله انجام دادند، اعلام کردند که این جنس دارای ارزش غذایی بالا و طعم خوبی برای چرا می‌باشد. در بررسی Sayed *et al.* (2000) روی گیاه شنبلیله، مقادیر پروتئین، چربی کل، فیبر خام و خاکستر به ترتیب ۲۵/۵، ۱۰، ۱۵ و ۷/۵ درصد به‌دست آمد.

هدف از این آزمایش استفاده از کودهای زیستی و یا تلفیقی به منظور کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و دستیابی به بهترین سطوح ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی برای افزایش کیفیت علوفه از طریق سامانه کم آبیاری، در راستای کشاورزی پایدار است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. بنابر آمار آب و هوایی، منطقه مورد نظر در زمره مناطق مدیترانه‌ای گرم و خشک به‌شمار می آید. با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی کرج میانگین میزان بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۵ میلیمتر می‌باشد. میانگین دمای هوای منطقه در یک دوره‌ی ۳۰ ساله برابر با ۱۳/۵ درجه‌ی سلسیوس و دمای خاک ۱۴/۵ درجه سلسیوس گزارش شده است. طرح آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی در برگیرنده تیمارهای رژیم آبیاری در سه سطح شامل آبیاری کامل (تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، کم آبیاری متوسط (تامین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کم آبیاری شدید (تامین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کرت‌های فرعی در برگیرنده سطوح مختلف کودی (بر پایه نتایج تجزیه خاک) در چهار سطح (شاهد بدون کود، ۱۰۰٪کودشیمیایی، ٪۱۰۰کودزیستی، کود زیستی +۱۰۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی +۷۵٪ کود شیمیایی و کود زیستی +۵۰٪ کود شیمیایی) که کود زیستی مورد استفاده شامل ترکیب ازتوباکتر + سودامونانس بود. برای انجام آزمون خاک یک نمونه مرکب از محل ازمایش تهیه و برای انجام تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. نتایج آزمون خاک در جدول (۱) آورده شده است. بنابر نتایج آزمون خاک، کود شیمیایی کامل (۱۰۰٪) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۵۰کیلوگرم نیتروژن)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات پتاسیم (اکسید پتاس) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (اکسید فسفر) و دیگر تیمارهای کود شیمیایی ۷۵٪ و ۵۰٪، به میزان ۷۵٪ و ۵۰٪ کود شیمیایی کامل (۱۰۰٪) به کرت های مربوطه اضافه شدند. بذرها در تیمارهای مربوط به کود زیستی پیش از کشت تلقیح شدند. پس از محاسبهٔ میزان بذر مورد نیاز برای کاشت تیمارهایی که نیاز به تلقیح داشتند، بذرها درون یک کیسه پلی‌اتیلنی ریخته و آن‌گاه روی آنها به میزان ۳۰ میلی‌لیتر ماده چسباننده (به ازای هر کیلوگرم بذر) (محلول ۴۰٪ صمغ عربی) ریخته شد و برای مدت ۵ دقیقه به خوبی تکان داده شد تا سطح همه‌ی بذرها به شکل یکنواختی به این ماده آغشته شود. سپس به ازای هر کیلوگرم بذر ۵۰ گرم کود زیستی حاوی باکتری‌های تلقیح‌کننده روی بذرها ریخته و به مدت پنج دقیقه دیگر به خوبی تکان داده شد تا سطح همه‌ی بذرها به شکل یکنواخت با ماده تلقیح آغشته شود. در پایان بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقهٔ آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن شد تا بـــذرها خشک

Archive of SID

www.SID.ir

شونـــد (Somasegaran and Hoben, 1994). کشت بذرها در کرت هایی به ابعاد ۲×۴ متر انجام شد. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته بر روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت بذرها در عمق ۳-۲ سانتی‌متری با تراکم واقعی ۲۰۰ بوته در متر مربع در اوایل خردادماه انجام شد و بی‌درنگ پس از اتمام عملیات کاشت، آبیاری صورت گرفت.

آبیاری واحدهای آزمایشی به صورت هفتگی و برابر آبیاری مرسوم منطقه تا مرحله ۴-۳ برگی گیاهان (مرحله استقرار) انجام شد. مبارزه و کنترل علف های هرز از همان مراحل اولیه به صورت وجین دستی و در چند مرحله به صورت تناوبی صورت پذیرفت. برای دستیابی به هدف‌های کشاورزی پایدار تلاش شد تا از هیچ نوع سم شیمیایی استفاده نشود. در نیمه دوم خرداد ماه وجین علف‌های هرز انجام شد. در تاریخ ۹۲/۴/۳۰ به منظور اجرای تیمارهای آبیاری اقدام به کرت بندی شد و بلافاصله در تاریخ ۹۲/۴/۳۱ تیمارهای آبیاری اجرا شد. حجم آبیاری در این مرحله به‌صورت هفتگی توسط فرمول‌های مربوطه محاسبه شد و با استفاده از کنتور به میزان مشخص به هر کرت آزمایشی داده شد.

روش تعیین میزان آب مورد نیاز

میزان آب مورد نیاز بر پایه میزان تبخیر و تعرق هفتگی گیاه (Vafabakhsh *et al.*, 2008) محاسبه و برای آبیاری کرت‌های مربوطه از فرمول زیر استفاده شد:

$$ETc = ET0 \times Kc \quad (۱)$$

$$In = 0.623 \times A \times \frac{ETc}{IE} \quad (۲)$$

I_n= حجم آبیاری بر حسب گالن، 0.623= عدد ثابت، IE= بازده آبیاری، A = گستره تاج پوشش گیاه بر حسب مترمربع، K_c= ضریب ثابت برای گیاه، ET_C= تبخیر و تعرق گیاه آزمایشی، ET_0= تبخیر و تعرق هفتگی بر حسب اینچ. میزان تبخیر و تعرق هفتگی (ET_0) از مرکز هواشناسی کرج به دست آمد و برای تعیین میزان ET_c استفاده شد. راندمان آبیاری (IE) در این پژوهش ۰/۸ و میزان K_c برای گیاه شنبلیله ۰/۹ در نظر گرفته شد (FAO, 1998). آبیاری بعد از محاسبه میزان حجم آب مورد نیاز برای هر تیمار بصورت هفتگی و تا پایان رشد فیزیولوژیکی گیاه انجام گرفت.

ارزیابی کیفیت علوفه

نمونه‌گیری در مرحله آغاز گلدهی (نزدیک به ۱۰٪ گلدهی) صورت گرفت. در هنگام برداشت علوفه در هر واحد آزمایشی دو ردیف از هر طرف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و برداشت از وسط کرت‌ها (۱متر مربع) انجام شد. سپس نمونه‌ها به آون۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۷۲ ساعت انتقال یافتند و برای تجزیه کیفیت علوفه به موسسه تحقیقات، جنگل‌ها و مراتع انتقال داده شدند و توسط دستگاه طیف سنجی مادون قرمز (NIR[1])، پارامترهای کیفیت علوفه اندازه گیری شدند. فناوری NIR بر پایه جذب و انعکاس اشعه مادون قرمز در طول موج‌های بین۲۵۰۰-۷۰۰ نانومتر استوار است (Jafari *et al.*, 2003). دقت NIR بستگی به دقت در کالیبراسیون (واسنجی) آن دارد. صفات کیفی اندازه گیری شده در نمونه ها عبارت بودند از: ماده خشک قابل هضم، پروتئین خام، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده های خنثی، خاکستر. داده‌ها پیش از تجزیه از لحاظ عادی (نرمال) بودن بررسی و سپس تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرهای اصلی با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین اثرهای متقابل با نرم افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 انجام گرفت.

اندازه‌گیری متابولیت دارویی شنبلیله

برای استخراج ماده موثره، گیاهان در مرحله پایان رشد فیزیولوژیک برداشت و به مدت ۱۴ روز درسایه خشک شدند و سپس بذرها آسیاب شده و با تجزیه فیتوشیمیایی ونیز با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری فرابنفش(اسپکتروفتومترUV) و بر پایه روش‌های فارماکوپه‌ای انجام گرفت (Oraei, 2009). روش انجام کار بدین صورت است که:

الف: از پودر بذرهای تهیه شده به میزان ۱ گرم (توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۵ میکروگرم) توزین و با یک گرم اکسید منیزیم و۵۰ میلی لیتر آب مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار می‌دهیم. سپس آنرا به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و پس از صاف کردن جذب نوری نمونه ها را در مقابل نمونه شاهد

[1] Near Infrared Spectroscopy

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش.

Table 1. Soil analysis results of the experimental site.

بافت خاک (لوم) Soil texture (loam)										
شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	آهک (درصد) Ca (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	میزان سدیم تبادلی Exch Na (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته عصاره اشباع pH	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم برکیلوگرم) Available K $Mg\ kg^{-1}$	فسفر قابل جذب (میلی گرم برکیلوگرم) Available P $Mg\ kg^{-1}$	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
38	38	24	7.7	0.84	1.48	1.74	8	151	14.1	0.09

در طول موج ۲۶۸ نانومتر می خوانیم و با استفاده از منحنی استاندارد تریگونلین، میزان آن در نمونه ها تعیین می کنیم.

ب: برای تهیه نمونه HPLC، پس از توزین میزان ۵۰۰ میلی گرم از پودر دانه گیاه را با ۵۰۰ میلی گرم اکسید منیزیم و ۱۰۰ میلی لیتر آب مخلوط کرده و ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار می دهیم، پس از زمان گفته شده عصاره به‌دست آمده را صاف کرده و به طور مستقیم به دستگاه تزریق می کنیم.

ج: آماده کردن نمونه استاندارد: برای تهیه استاندارد خارجی از پودرهای خریداری شده پس از اندازه گیری دقیق در ۵ بالن جداگانه ریخته و برای تهیه غلظت های مناسب (۰/۱، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ میلی گرم در میلی لیتر) با آب به حجم می رسانیم. در ادامه به کمک دستگاه اولتراسونیک کاملا انحلال صورت گرفت و پس از پالایش (فیلتراسیون) با فیلتر (پالایشگر) میکرونی مخصوص از هر کدام از محلول‌های به-دست آمده ۴ نمونه داخل دستگاه خودکار تزریق (autosampler) قرار گرفت.

در این تحقیق درآغاز بر پایه روش های فارماکوپه ای رایج تعیین میزان تری گونلین با طیف‌سنج نوری فرابنفش انجام و از روی میزان جذب، درصد تریگونلین در بذر گیاه شنبلیله مشخص، آن‌گاه این تعیین میزان با روش HPLC تکرار و در ادامه توسط HPLC برای تعیین میزان تری گونلین معتبرسازی شد. بر پایه روش فارماکوپه ای طول موج بهینه برای جذب تریگونلین ۲۶۸ نانومتر است. از روی گستره زیر منحنی به دست آمده بر حسب غلظت، منحنی کالیبراسیون رسم و آن‌گاه از روی فرمول خط رگرسیون $(y = ax + b)$ مقادیر مجهول در نمونه ها محاسبه شد.

نتایج و بحث

یکی از عامل‌های مهم در تعیین مرغوبیت و خوش خوراکی علوفه، کیفیت آن می باشد. کیفیت علوفه، وابسته به میزان کل ترکیبات گیاهی است که حیوان پس از تغذیه به‌طور موثری از آن استفاده می‌کند. به عبارت دیگر کیفیت علوفه را می‌توان عملکرد علوفه خورده شده و قابلیت هضم تعریف نمود (Daneshnia, 2013). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرگذاری کم آبیاری روی صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ ($P< 0.01$) معنی‌داری بود. همچنین به‌جز الیاف محلول در شوینده های خنثی (در سطح احتمال ۵٪)، دیگر صفات نسبت به سطوح کودی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند. اثر متقابل آبیاری×کود روی همه‌ی صفات مورد بررسی به‌جز خاکستر و منیزیم اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت (جدول۲).

ماده خشک قابل هضم[1] (DDM): رژیم آبیاری، سطوح کودی و اثر متقابل آن ها در سطح احتمال ۱٪ تاثیر معنی داری روی قابلیت هضم ماده خشک داشتند (جدول۲). با افزایش آبیاری، در همه سطوح کودی، به‌ویژه سطوح کود تلفیقی (زیستی و شیمیایی)، ماده خشک قابل هضم از یک روند افزایشی پیروی کرد (شکل ۱-الف).

نتایج تحقیقات نشان می دهند که تاثیر تنش خشکی بر کیفیت علوفه به ویژه هضم پذیری آن بسیار متفاوت و حتی متضاد می باشد. گزارش شده است که در اثر بروز تنش خشکی میزان کربوهیدرات های ساختمانی و الیاف گیاه افزایش می یابد که خود می تواند سبب کاهش قابلیت هضم علوفه شود (Haung *et al.*, 1997). و نیز اشاره شده است که قابلیت هضم تحت تاثیر تنش خشکی قرار نمی گیرد

[1] Digestible Dry Matter

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کیفی علوفه شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کودی.

Table 2. Analysis of variance (Mean squares) for qualitative characteristics of fenugreek at different irrigation and fertilizer treatments.

تیمار Treatments	درجه آزادی df	کلسیم (درصد) Ca (%)	فسفر (درصد) P (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) NDF (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) ADF (%)	کربوهیدرات های محلول در آب (درصد) WSC (%)	پروتئین خام (درصد) CP (%)	ماده خشک قابل هضم (درصد) DDM (%)
تکرار Replication	2	0.0008 ns	0.0001 ns	0.0001 ns	0.13 ns	0.0005 ns	0.00003 ns	0.001 ns	0.002 ns	0.07 ns
آبیاری Irrigation	2	0.21 **	0.01 **	0.16 **	2.65 **	17.35 **	19.46 **	4.39 **	47.75 **	474.86 **
خطای a Error a	4	0.0005	0.00004	0.0007	0.001	0.003	0.005	0.0003	0.004	0.03
کود Fertilizer	5	0.43 **	0.04 **	0.35 **	6.74 **	4.38 *	7.15 **	5.59 **	38.86 **	291.84**
آبیاری× کود Irrigation × fertilizer	10	0.003 **	0.001 **	0.0004 ns	0.006 ns	0.01 **	4.16 **	0.14 **	0.47 **	5.66 **
تکرار×کود Replication ×Fertilizer	10	0.0002	0.00007	0.0003	0.005	0.001	0.001	0.001	0.004	0.08
خطای b Error b	20	0.0005	0.0001	0.0004	0.004	0.001	0.001	0.002	0.007	0.01
ضریب تغییرات C.V		1.20	2.74	2.48	1.07	0.18	0.20	0.36	0.34	0.17
ضریب تغییرات C.V		1.20	2.74	2.48	1.07	0.18	0.20	0.36	0.34	0.17

**, * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار.

*, ** and ns indicates the significant differences (at 5 and 1 percent probability) and no significant difference, respectively.

NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, WSC: water soluble carbohydrates, CP: crude protein and DDM: digestible dry matter.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- همبستگی بین صفات کیفی علوفه شنبلیله.

Table 3. Correlations between different qualitative characteristics of fenugreek.

	خاکستر Ash	الیاف نامحلول در شوینده های خنثی NDF	الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی ADF	کربوهیدراتهای محلول در آب WSC	پروتئین خام CP	ماده خشک قابل هضم DDM
ماده خشک قابل هضم DDM						1
پروتئین خام CP					1	0.09 ns
کربوهیدراتهای محلول در آب WSC				1	0.87**	0.12 ns
الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی ADF			1	-0.081	0.002 ns	0.94 *
الیاف نامحلول در شوینده های خنثی NDF		1	0.96 **	-0.03 ns	0.08 ns	-0.94 *
خاکستر Ash	1	0.87 **	0.82 **	-0.54 **	0.48 **	0.85 *

**, * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار.

*, ** and ns indicates the significant differences (at 5 and 1 percent probability) and no significant difference, respectively

NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, WSC: water soluble carbohydrates, CP: crude protein and DDM: digestible dry matter.

(Jensen *et al*., 2003). این در حالی است که در سورگوم علوفه ای با کاهش رطوبت قابلیت هضم ماده خشک افزایش پیدا کرد (Jensen *et al*., 2007). نتایج متناقض نشان می‌دهند بسته به شرایط محیطی و نوع گیاه، تنش خشکی می تواند در مواردی سبب افزایش، کاهش و یا حتی بدون تاثیر بر قابلیت هضم ماده خشک باشد. بنابراین در مورد تاثیر تنش خشکی بر قابلیت هضم ماده خشک به طور قطعی نمی توان اظهار نظر نمود.

با استفاده از کود تلفیقی (زیستی و شیمیایی) قابلیت هضم ماده خشک علوفه شنبلیله افزایش پیدا کرد (شکل ۱-الف). به نظر می‌رسد کود تلفیقی با ایجاد شرایط مناسب برای بهبود فعالیت ریزموجودهای سودمند خاک و جذب عنصرهای کانی پرمصرف (ماکرو) و کم‌مصرف (میکرو) موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک شنبلیله شده است. Fateh *et al*. (2008) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف حاصل‌خیزی خاک (آلی، تلفیقی و شیمیایی) روی کمیت و کیفیت علوفه گیاه کنگرفرنگی، گزارش کردند که افزایش درصد ماده خشک قابل هضم در روش شیمیایی نسبت به دو روش دیگر، مربوط به تأثیر سریع جذب نیتروژن در این روش می‌باشد. در بررسی تاثیر کود بر کیفیت علوفه نتایج متناقضی گزارش شده است. بررسی تاثیر کودهای آلی و زیستی بر سورگوم علوفه‌ای نشان داد که اعمال تیمارهای مختلف کودی نتوانسته است تاثیر چندانی بر قابلیت هضم ماده خشک داشته باشد (Saeednejad *et al*., 2001). به طور کلی قابلیت هضم یک ویژگی است که بیشتر تحت تاثیر عامل‌های ژنتیکی و همچنین عامل‌هایی مانند برداشت و مرحله بلوغ گیاه بوده و کمتر به میزان فراهمی عنصرهای غذایی وابسته است. تغییر نسبت برگ به ساقه در مراحل مختلف فنولوژیک (پدیده‌شناختی) رشد باعث تغییر درصد قابلیت هضم ماده خشک می‌شود. در برخی منابع علمی نیز به عدم وابستگی قابلیت هضم ماده خشک به میزان فراهمی عنصرهای غذایی اشاره شده است (Saeednejad *et al*., 2001)، که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. در شرایط تنش شدید کم آبی (آبیاری۵۰٪) تیمارهای حاوی کود تلفیقی (کود زیستی+۷۵٪ کود شیمیایی) توانستند قابلیت هضم ماده خشک شاخساره را افزایش دهند و با افزایش میزان کودهای شیمیایی به صورت کامل این صفت کاهش یافت (شکل ۱- الف)، که نشان می دهد در شرایط کلی و به‌ویژه تنش کم آبیاری استفاده از کود های تلفیقی منجر به افزایش قابلیت هضم علوفه می شود.

پروتئین خام[1] (CP): درصد پروتئین خام تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و کودی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). با کاهش شدت تنش کم آبی، درصد پروتئین خام شنبلیله کاهش پیدا کرد به‌گونه‌ای که بالاترین درصد

[1] Crude protein

Archive of SID

www.SID.ir

پروتئین خام در آبیاری ۵۰٪ و کود تلفیقی (کود زیستی+۱۰۰٪ کود شیمیایی) به‌دست آمد (شکل۱- ب). با افزایش تنش خشکی، به دلیل کاهش زیست‌توده (بیوماس) درصد پروتئین خام افزایش می یابد (Jensen *et al*., 2007). نتایج در برخی تحقیقات نشان داده شده است که تنش خشکی منجر به افزایش درصد پروتئین خام گیاهان علوفه ای همچون چاودار چند ساله و فستوکا می شود (Jensen *et al*., 2003). دلیل این امر به‌احتمال این است که در یک خاک خشک غلظت بیشتری از نیتروژن وجود دارد (Jensen *et al*., 2007). اگرچه در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین افزایش می یابد ولی چون در این شرایط عملکرد علوفه کاهش می یابد، افزایش درصد پروتئین چندان شایان توجه نیست (Jensen *et al*., 2007). در این تحقیق هبستگی منفی بین قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام شنبلیله دیده شد (جدول ۳). (Ward *et al*. 2001) با تحقیقی که روی گیاهان علوفه ای یکساله تابستانه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ماده خشک قابل هضم همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، فیبرهای نا محلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد. در بررسی تأثیر نظام های کم‌آبیاری و کود شیمیایی و زیستی فسفر بر ویژگی‌های کمّی و کیفی شلغم علوفه‌ای، گزارش شده است که تأمین فسفر مورد نیاز گیاه می‌تواند میزان پروتئین خام علوفه شلغم را افزایش دهد و در این میان تأثیرگذاری کود تلفیقی بیشتر از کود کامل شیمیایی و یا زیستی بود که با کاهش شدت تنش درصد پروتئین خام نیز کاهش پیدا کرد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Keshavarz *et al*., 2012).

Fateh *et al*. (2008) نیز در نتایج تحقیق خود نشان دادند که باکتری های حل کننده فسفات به تنهایی قادر به افزایش درصد پروتئین خام کنگر فرنگی نیستند. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کودهای زیستی بر سورگوم علوفه‌ای نشان داد، بالاترین میزان پروتئین خام و کیفیت علوفه در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت اوره و ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت تفاله کرچک به همراه تلقیح با آزوسپیریلوم به‌دست می‌آید (Yadav *et al*., 2007).

کربوهیدرات های محلول در آب[1] (WSC):

کربوهیدرات های غیرساختمانی یا قندهای محلول در آب (WSC)، یکی از اصلی‌ترین ذخایر غذایی گیاهان هستندکه میزان آنها در اندام‌های گیاهان تعیین‌کننده خوشخوراکی و کیفیت علوفه می‌باشد. در این تحقیق تاثیر آبیاری، کود و اثر متقابل آبیاری در کود در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). در شرایط تنش شدید کم آبیاری (آبیاری۵۰٪) میزان کربوهیدرات محلول در آب بیشترین بود و با افزایش میزان آبیاری کاهش یافت (شکل ۱- ج). Weinberg *et al*. (2005) در بررسی‌ها نتیجه گرفتند گیاهانی که رطوبت کمتری دریافت می کنند کربوهیدرات محلول در آب بالاتری دارند و در نتیجه کیفیت آنها برای سیلو کردن بیشتر است. آنان وجود همبستگی منفی بین آبیاری و کربوهیدرات محلول در آب را نشان دادند. نتایج با نتایج این تحقیق همخوانی کامل دارد.

استفاده از کود تلفیقی Bio100% توانست درصد کربوهیدرات محلول در آب را در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش دهد، به‌طوری‌که با افزایش آبیاری تاثیر کودهای زیستی و تلفیقی روی کربوهیدرات های محلول در شنبلیله کاهش یافت (شکل ۱ - ج)، که چنین روند کاهشی در میزان پروتیین خام نیز مشاهده شد. این پدیده نشان دهنده همبستگی مثبت بین درصد پروتئین خام و درصد کربوهیدرات های محلول در شنبلیله می باشد (.r= 0 87**) (جدول۳). همچنین استفاده تلفیقی از کود زیستی و شیمیایی می تواند WSC و در نتیجه کیفیت علوفه تولیدی را نسبت به کود شیمیایی و یا کود زیستی به تنهایی افزایش دهد. این در حالی است که گزارش شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند بر افزایش کربوهیدرات تاثیرگذار باشند (Fateh *et al*., 2008).

الیاف نامحلول در شوینده‌های اسید ی[2] (ADF):

تیمارهای آبیاری و کودی، تاثیر معنی داری روی الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی داشتند (جدول ۲). با افزایش شدت تنش کم آبیاری، الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی (ADF) شنبلیله افزایش یافت. این امر نشان می دهد که با اعمال تنش خشکی کیفیت علوفه شلغم بدلیل افزایش ADF کاهش می یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه نیز همراه بود.

[1] Water soluble carbohydrate

[2] Acid Detergent Fiber

Archive of SID

www.SID.ir

تاثیر کودهای تلفیقی به‌ویژه (Bio50%) در کاهش درصد ADF بیشتر از دیگر کودها بود و در نتیجه باعث افزایش کیفیت علوفه شد (شکل ۱ - د). بیشترین میزان ADF علوفه شنبلیله مربوط به تیمار ۵۰٪ آبیاری بدون استفاده از کود و کمترین میزان آن نیز در تیمار ۱۰۰٪ آبیاری همراه با کود تلفیقی Bio50% حاصل شد (شکل ۱ - د). همچنین Keshavarz *et al*. (2012) نیز گزارش کردند که استفاده از کود شیمیایی فسفر تاثیر معنی‌داری بر کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شلغم نداشت ولی کاربرد کود کامل زیستی و تلفیقی سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و افزایش کیفیت آن شدند، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. جدول ضریب‌های همبستگی (جدول ۳) نشان داد بین DDM و ADF علوفه شنبلیله همبستگی منفی بسیار معنی داری وجود دارد (r= -0. 94**). همچنین بین ADF وCP همبستگی غیرمعنی داری (r=0. 002^{ns}) دیده شد (جدول ۳).

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی[1] (NDF): تیمار آبیاری و اثر متقابل آبیاری در کود در سطح احتمال یک درصد و تأثیر کود در سطح احتمال پنج درصد تاثیر معنی خوبی داشته باشد و همین امر باعث شده تا میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گیاه افزایش یافته و باعث داری روی الیاف نامحلول در شوینده خنثی داشتند (جدول ۲). با افزایش تنش آبیاری درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی از یک روند افزایشی پیروی کردند که نشان می دهد با اعمال تنش خشکی کیفیت علوفه شنبلیله بدلیل افزایش الیاف نا محلول در شوینده‌های خنثی(NDF) کاهش می یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه نیز همراه بوده و آن را توجیه می‌کند. Haung and Duncan (1997) در نتایج بررسی‌ها نشان دادند که تنش خشکی موجب افزایش الیاف نامحلول گیاه می‌شود.

با افزایش درصد کود شیمیایی در کود تلفیقی (Bio100%) این صفت نسبت به کود Bio50% بار دیگر افزایش یافت. به طور کلی کود تلفیقی توانست میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی را نسبت به کود شیمیایی کامل، کود زیستی کامل و شاهد کاهش دهد. با توجه به شکل (۱ - ه)، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای گیاه شنبلیله در شاهد (بدون کاربرد کود) با آبیاری ۵۰٪ بیشتر شده است. در چنین شرایطی شنبلیه نتوانست رشد رویشی.

جدول۴- مقایسهٔ میانگین برخی صفات کیفی علوفه شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کودی.

Table 4. Mean comparison of some qualitative characteristics of fenugreek as affected by irrigation and fertilizer treatments.

تیمار Treatments	منیزیم (درصد) Mg (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
آبیاری Irrigation		
50%	0.72 c	6.52 a
75%	0.80 b	5.86 b
100%	0.91 a	5.85 b
کود Fertilizer		
C	0.57f	7.45a
N. P. K	0.64e	6.62b
Bio	0.75d	6.25c
Bio50%	0.95b	5.60d
Bio75%	1.11a	5.28e
Bio100%	0.84c	5.27e

٪۵۰: تنش شدید، ٪۷۵: تنش ملایم، ٪۱۰۰: آبیاری کامل، C: شاهد، NPK: کود شیمیایی (نیترات، فسفات و پتاس)، Bio: کود بیولوژیک (ازتوباکتر و سودوموناس)، Bio50%: کود بیولوژیک+٪۵۰کود شیمیایی، Bio75%: کود بیولوژیک+٪۷۵کود شیمیایی و Bio100%: کود بیولوژیک+٪۱۰۰کود شیمیایی. حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است.

100%: Complete irrigation (no drought stress by providing 100% of weekly evapotranspiration), 75%: moderate drought stress, 50%: severe drought stress, C: Control (no fertilizer application), NPK: Chemical fertilizer (Nitrate, phosphate and potassium), Bio: Biological fertilizer (Azotobacterial + pseudomonas), Bio50%: Biological fertilizer+50% chemical fertilizer, Bio75%: Biological fertilizer+75% chemical fertilizer and Bio100%: Biological fertilizer+100% chemical fertilizer
The same letter on each column means no significant differences.

[1] Neutral Detergent Fiber

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش کیفیت علوفه شود. نتایج جدول همبستگی (۳) نیز وجود یک همبستگی مثبت معنی دار بین NDF و ADF (r= 0. 96**)، همبستگی منفی معنی دار بین NDF و WSC (r= -0. 94**) و نبود همبستگی معنی دار بین NDF و CP (r= 0. 08^{ns}) را نشان داد. گزارش Fateh *et al.* (2008) موید این نکته است که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات می‌تواند موجب کاهش فیبرهای نامحلول و افزایش قابلیت هضم شود اما تاثیری بر درصد پروتئین خام نخواهد داشت. همچنین برخی تحقیقات نشان می‌دهند باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به کاهش ADF و NDF علوفه در گیاهانی همچون کنگرفرنگی و شلغم علوفه‌ای می‌شوند (Asay *et al.*, 2002).

خاکستر (ASH): در این تحقیق آبیاری و کود در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی داری روی خاکستر داشتند، در حالی‌که اثر متقابل این دو تیمار تاثیر معنی داری روی خاکستر نداشت (جدول ۲)، که نشان دهنده بدون تاثیر بودن باکتری‌ها در شرایط کم آبی می باشد. با افزایش میزان آبیاری درصد خاکستر کاهش یافت (جدول ۴). این امر مبین آن است که با افزایش رطوبت و در نتیجه آبدار شدن اندام های هوایی گیاه، میزان خاکستر کاهش می یابد. Maleki-Farahani (2009) در تحقیق خود نشان داد تنش شدید خشکی درصد خاکستر گیاه جو را در مقایسه با شاهد افزایش داد.

استفاده از تیمارهای کودی تاثیر معنی‌داری بر کاهش درصد خاکستر گیاه شنبلیله داشتند، به‌طوری‌که بیشترین درصد خاکستر در شاهد و کمترین با استفاده از تیمارهای تلفیقی bio75% و bio100% به‌دست آمد و سبب کاهش درصد خاکستر شد (جدول ۴). نتیجه بررسی نشان داد که هر چه قابلیت هضم گیاه بالاتر باشد، درصد پروتئین خام، فیبرهای نامحلول و خاکستر آن پایین‌تر خواهد بود (Keshavarz, 2012). همبستگی منفی و معنی داری (r= -0. 85**) بین درصد خاکستر و قابلیت هضم ماده خشک، بین درصد خاکستر و پروتئین خام (r=-0. 48**) و بین درصد خاکستر و کربوهیدرات های محلول (r= -0. 54**) مشاهده شد (جدول ۳). این امر نشان می دهد که که افزایش درصد خاکستر سبب کاهش قابلیت هضم و خوشخوراکی علوفه می شود.

درصد عنصرهای کانی: عنصرهای کانی به‌جز منیزیم، تحت تاثیر اثر متقابل آبیاری و کود قرار گرفتند (جدول ۲). درصد منیزیم، فسفر و کلسیم با افزایش میزان آبیاری افزایش یافت به طوری که در تنش شدید کمترین میزان و در آبیاری کامل به بیشترین میزان خود رسید که نشان دهنده تاثیر مثبت آبیاری بر جذب این عنصرها می باشد (جدول ۴ و شکل ۱- و و ۱- ز). میزان رطوبت موجود در خاک (با بارندگی و یا آبیاری) بر ترکیب عنصرهای کانی علوفه تاثیر می گذارد. برای مثال کلسیم در دوره های خشک و کم آب در گیاه انباشته شده و به هنگام افزایش میزان رطوبت خاک از تراکم آن کاسته می شود، از سوی دیگر به‌نظر می‌رسد که در زمان افزایش بارندگی تراکم فسفر در گیاه زیاد می‌شود. باران به‌طورمعمول منجر به افزایش نیتروژن و فسفر در گیاهان می شود (Jahanian, 2012).

کاربرد کود تلفیقی Bio75% بیشترین تاثیر را روی میزان منیزیم داشت (جدول ۴). تفاوت معنی داری از لحاظ کاربرد Bio50%و Bio75% در شرایط آبیاری کامل روی جذب فسفر دیده نشد (شکل ۱ – و)، در حالی‌که استفاده از کود تلفیقی Bio50% میزان جذب عنصر کلسیم را در همه سطوح آبیاری افزایش یافت (شکل ۱ - ز). در این تحقیق آبیاری کامل و استفاده از کودهای تلفیقی موجب افزایش جذب عنصرهای کانی در گیاه شنبلیله شدند.

غلظت و عملکرد تریگونلین

افزایش یا کاهش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی تحت تاثیر عامل‌های چندی چون ویژگی‌های ژنتیکی، نوع کود مصرفی، شرایط اقلیمی، میزان کربنات خاک، مدیریت تولید، ارتفاع از سطح دریا و روش استخراج عصاره، قرار می‌گیرد (Miguel *et al.*, 2004). همان‌طور که در جدول (۵) دیده می شود غلظت و عملکرد تریگونلین شنبلیله در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر رژیم آبیاری، کود و اثر متقابل آنها قرار گرفتند. به موازات کاهش در میزان آب مصرفی، غلظت تریگونلین در دانه‌های شنبلیله از روندی افزایشی پیروی کرد. کمترین میزان تریگونلین دانه در آبیاری کامل و در شاهد تولید شد در حالی‌که بیشترین میزان آن در کم آبیاری شدید همراه با کود تلفیقی bio50% بود. (شکل ۱- ح). این امر نشان می دهد که تنش خشکی موجب افزایش غلظت ماده موثره دارویی شده است. در حالی‌که عملکرد تریگونلین با افزایش تنش، کاهش معنی دار پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد تریگونلین در آبیاری کامل و کمترین در تیمار تنش مشاهده شد (شکل ۱- ط). اگرچه در شرایط کم آبیاری غلظت تریگونلین در بذر بیشتر بود، ولی به

Archive of SID

www.SID.ir

دلیل تولید دانه کمتر، عملکرد تریگونلین در این شرایط کاهش یافت. همچنین بیشترین عملکرد تریگونلین هم در تیمار تلفیقی bio50% و کمترین در شاهد مشاهده شد (شکل ۱- ط). به طور کلی اگر کربن تثبیت شده در فعالیت-های سوخت و سازی (متابولیک) اولیه رشد و تمایز سلولی (یاخته‌ای) استفاه نشود (شرایط تنش) تولید فراورده های ثانویه تحریک می‌شود و کربن استفاده نشده در ساختار دیواره های سلولی و پروتئینها به متابولیت‌های ثانویه تبدیل شده و در واکوئل ها ذخیره می‌شود. در مواردی که گیاه رشد سریع دارد، این متابولیت‌ها تجزیه شده و کربن ذخیره شده آزاد میشود. فعالیت‌های سوخت و سازی اولیه و ثانویه به یکدیگر وابسته بوده و از طریق آنزیم‌های کلیدی در تعادل دینامیکی قرار می‌گیرند (Jahanian, 2012).

نیتروژن از جمله عنصرهای اصلی مورد نیاز شنبلیله برای افزایش متابولیت دارویی بوده و باکتری‌های ازتوباکتر و سودامونانس موجود در کود زیستی با تثبیت نیتروژن هوا، نیتروژن بیشتری را در اختیار گیاه قرار داده و موجب افزایش متابولیت‌های ثانویه در شنبلیله می‌شوند (Hasanzadeh, 2012). به هر حال، دلیل بالا بودن غلظت تریگونلین در تیمارهای کود تلفیقی و زیستی نسبت به کود شیمیایی و شاهد به‌احتمال آن است که ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه بر تسهیم و تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف گیاه تاثیر می‌گذارند. در یک تحقیق گزارش شد که محدودیت در ذخیره نیتروژن بیش از تلقیح با آزوسپیریلوم و *Pantoea* sp سبب تولید ترکیبات فنولی در برگ‌ها و میوه فلفل‌شیرین شد و نتیجه گرفتند که

جدول۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تریگونلین و عملکرد آن درگیاه شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کودی.

Table 5. Analysis of variance (Mean squares) of fenugreek Trigonelline content and concentration as affected by different irrigation and fertilizing systems.

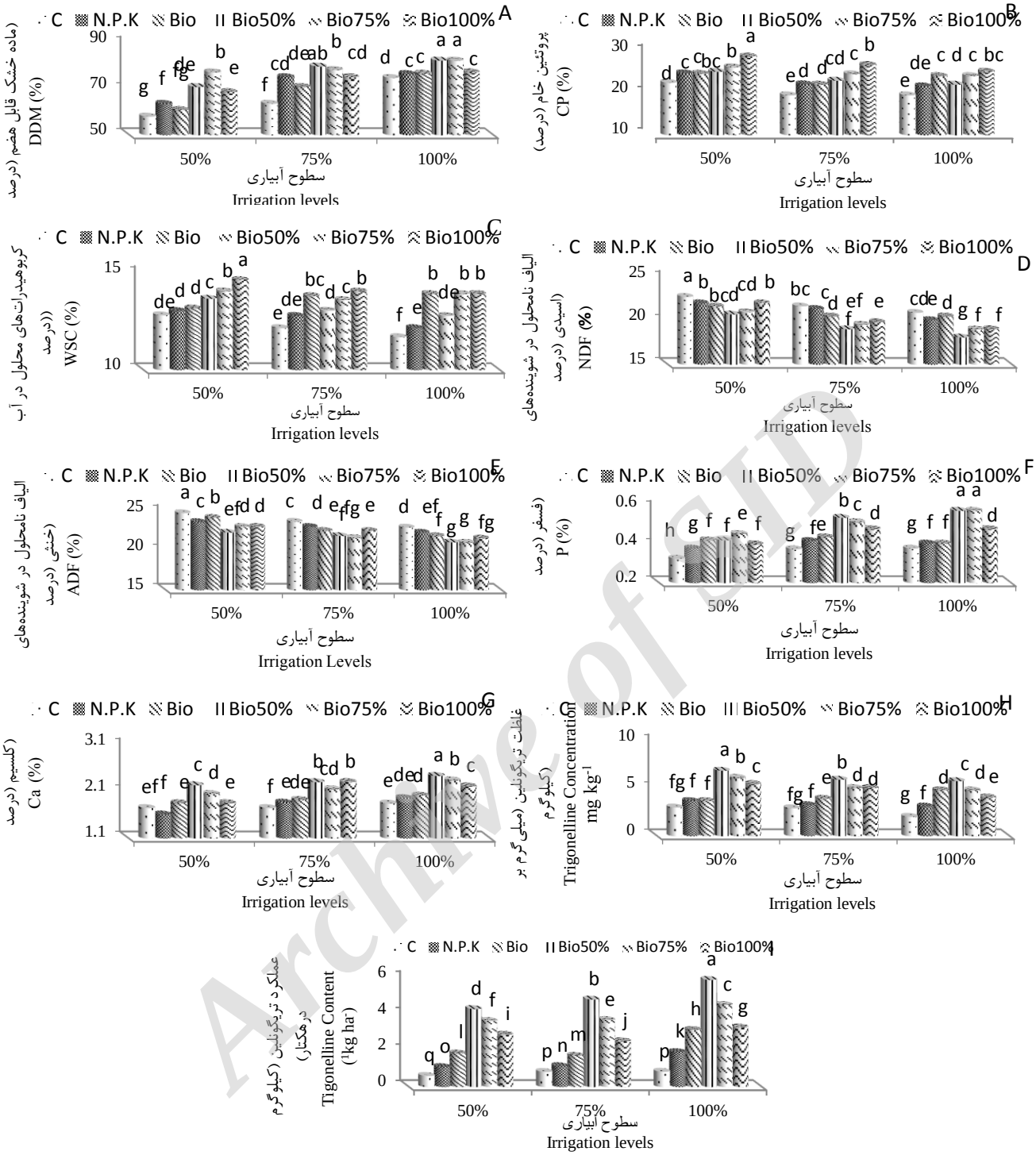
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد تریگونلین Trigonelline content	غلظت تریگونلین Trigonelline concentration
تکرار Replication	2	0.0006 ^{ns}	0.001^{ns}
آبیاری Irrigation	2	4.24**	5.48**
خطای a Error a	4	0.0005	0.001
کود Fertilizer	5	22.61**	14.97**
آبیاری× کود Irrigation×Fertilizer	10	0.28**	0.21**
خطای b Error b	30	0.0004	0.001
ضریب تغییرات CV		0.7	0.98

**, * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار.

*, ** and ns indicates the significant differences (at 5 and 1 percent probability) and no significant difference, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- اثر متقابل رژیم آبیاری و تیمار کودی بر ماده خشک قابل هضم (A)، پروتئین خام (B)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (C)، الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (D)، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی(E)، فسفر (F)، کلسیم (G)، غلظت تریگونلین (H) و عملکرد تریگونلین (I)

Fig. 1- The interaction effect of irrigation and fertilizing systems on Digestible Dry Matter (A), Crude protein (B), Water soluble Carbohydrates (C), non-soluble fibers in Acid Detergent (D), non-soluble fibers in Neutral Detergent (E), P concentration (F), Ca concentration (G), Trigonelline Concentration (H) and Trigonelline content (I)

محور افقی به ترتیب، سطوح آبیاری: آبیاری۵۰٪: تنش شدید، ۷۵٪: تنش ملایم، ۱۰۰٪: آبیاری کامل و سطوح کودی: C : شاهد، NPK: کود شیمیایی (نیترات، فسفات و پتاس)، Bio: کود زیستی (ازتوباکتر و سودوموناس)، Bio50%: کود زیستی+۵۰٪کود شیمیایی، Bio75%: کود زیستی+۷۵٪کود شیمیایی و Bio100%: کود زیستی+۱۰۰٪کود شیمیایی، محور عمودی: صفات مورد نظر و واحدها.

حرف‌های مشترک در هر ستون نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است.

معادل انگلیسی عبارت بالا هم نوشته شود

Archive of SID

www.SID.ir

On horizontal axle, irrigation systems comprised of 100%: Complete irrigation (no drought stress by providing 100% of weekly evapotranspiration), 75%: moderate drought stress, 50%: severe drought stress, C: Control (no fertilizer application), NPK: Chemical fertilizer (Nitrate, phosphate and potassium), Bio: Biological fertilizer (Azotobacterial + pseudomonas), Bio50%: Biological fertilizer+50% chemical fertilizer, Bio75%: Biological fertilizer+75% chemical fertilizer and Bio100%: Biological fertilizer+100% chemical fertilizer
On vertical axle: Different measured characteristics
The same letter on each column means no significant differences

باکتری‌های همیار گیاه از طریق تاثیر بر سوخت و ساز ثانویه گیاه، الگوهای تسهیم و انتقال مواد فتوسنتزی، فرایندهای مسئول میوه‌دهی و توسعه گیاه تحت شرایط محدودیت ذخیره نیتروژن را اصلاح می‌کنند (Del Amora *et al*., 2008). Leithy *et al*. (2006) در نتیجه بررسی‌های خود گزارش کردند که تلقیح گیاه رزماری با باکتری ازتوباکتر باعث افزایش درصد اسانس شد. Hasanzadeh (2012) در دو سال آزمایش روی شنبلیله بالاترین غلظت تریگونلین را به میزان ۲۷۴/۱ میلی گرم در ۱۰۰ گرم (۲/۷۴۱ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) با کاربرد کودزیستی در سطح ۲۰۰ کیلو گرم فسفر گزارش کرد. باکتری ازتوباکتر موجود در کود زیستی با تثبیت نیتروژن هوا، نیتروژن بیشتری را در اختیار گیاه قرار داده و موجب افزایش متابولیت های ثانویه در شنبلیله می شوند. از سویی فسفر موجود در کود شیمیایی و فسفر قابل حل ناشی از فعالیت باکتری سودامونانس موجود در کود زیستی نیز به ویژه برای شنبلیله دارای اهمیت بیشتری است زیرا شنبلیله برای توسعه نظام ریشه ای و تأمین انرژی لازم برای تثبیت نیتروژن به فسفر بیشتری نیاز دارند. با افزایش نظام ریشه ای، جذب عنصرهای غذایی از جمله نیتروژن افزایش یافته و عملکرد رویشی، زایشی و متابولیت های ثانویه نیز تحت تاثیر قرار می گیرند. بنابراین کود زیستی با تامین نیتروژن و فسفر، همراه با نیمی از کود شیمیایی (۵۰٪) با افزایش سطح ریشه، میزان تثبیت عنصرها را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش ماده موثره شده اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، با افزایش تنش خشکی روند کاهشی در قابلیت هضم ماده خشک، درصد عنصرهای کانی، عملکرد تریگونلین و روند افزایشی در درصد پروتئین خام، کربوهیدرات های محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی و خنثی، خاکستر و غلظت تریگونلین در گیاه شنبلیله، مشاهده شد. در انتخاب بهترین تیمار برای داشتن کیفیت مطلوب علوفه باید هر دو ویژگی میزان پروتئین خام و قابلیت هضم و از سویی قابل دسترس بودن آب آبیاری و هزینه های مربوط به آن در نظر گرفته شود. بنابر نتایج این آزمایش، در همه شرایط و به‌ویژه تنش کم آبیاری، استفاده از کود های تلفیقی منجر به افزایش قابلیت هضم و در نتیجه کیفیت علوفه شد و توانست تاثیر تنش خشکی را تا حدی جبران نماید. دلیل این موضوع می تواند کمک کودهای زیستی به افزایش قابلیت دسترسی در عنصرهای غذایی توسط گیاه باشد. این خود امر مهمی در کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و رسیدن به هدف‌های کشاورزی پایدار است. در صورت فراهم بودن آب کافی، آبیاری کامل موجب کاهش الیاف نامحلول و در نتیجه بهبود کیفیت علوفه می شود.

اگر چه با افزایش آبیاری میزان پروتئین کاهش یافت ولی قابلیت هضم که عامل کیفی مهم‌تری می‌باشد افزایش پیدا کرد. در این تحقیق تنش خشکی غلظت تریگونلین در گیاه را افزایش داد، اما از سوی دیگر تاثیر منفی بر عملکرد تریگونلین در شنبلیله داشت که این امر می‌تواند ناشی از کاهش رشد عمومی گیاه باشد. بنابراین به نظر می رسد که در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش تولید زیست توده، غلظت این ترکیبات در پیکره گیاه افزایش می‌یابد. متاسفانه در بیشتر مقاله‌های علمی که در این زمینه انتشار می‌یابند این نکته کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

منابع

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A. and Idowu, O.J., 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27, 1163-1181.

Asadi, S., Chaichi, M.R., Abbasdokht, H., Asghari, H.R. and Gholipour, M., 2013. Evaluation of sorghum and fenugreek forage quality as affected by nitrogen fertilizers (chemical, biologic and integrated) in an additive intercropping system. Journal of Crop Science. 44, 479-493. (In Persian with English abstract).

Asay, K.H., Jensen, K.B., Waldron, B.L., Han, G., Johnson, D.A. and Monaco, T. A., 2002. Forage quality of tall fescue across an

Archive of SID

www.SID.ir

irrigation gradient. Agronomy Journal. 94, 1337-1343.

Assefa, G. and Ledin, I., 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forageyield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. Animal Feed Science Technology. 92, 95–111.

Daneshnia, F., 2013. The effect of limited irrigation and surfactant application on quantity and quality of berseem clover forage in an intercropping system with basil. MS.c. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Del Amora, F.M., Serrano-Martinez, A., Forteab, M.I., Leguac, P. and Nunez-Delicado, E., 2008. The effect of plantassociative bacteria (Azospirillum and Pantoea) on the fruit quality of sweet pepper under limited nitrogen supply. Scientia Horticulturae. 117, 191–196.

English, M., 1990. Deficit irrigation. I. Analytical framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 116, 399–412.

Fateh, E., Chaichi, M.R., Sharifi Ashorabadi, E., Mazaheri, D., Jafari, A.A. and Rengel, Z., 2008. Effects of organic and chemical fertilizers on forage yield and quality of globe artichoke (*Cynara scolymus*). Asian Journal of Crop Science. 1, 40-48.

Hasanzadeh, E., 2012. Evaluation of seed yield and medicinal metabolites in different native fenugreek ecotypes. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Haung, R. and Duncan, R., 1997. Drought resistance mechanisms of seven warm season turf grass-soil drying. Crop science. 37, 1858-1663.

Jafari, A., Connolly, V. Frolish. A. and Walsh, E. J., 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 42, 293-299.

Jahanian, A., 2012. The effect of limited irrigation and growth promoting bacteria on quantity, quality and secondary metabolites of artichoke. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Jensen, K.B., Asay, K.H., Waldron, B.L., Johnson, D.A. and Monaco, T. A., 2003. Forage quality traits of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. Agronomy Journal. 95, 668-675.

Jensen, K.B., Waldron, B.L., Peel, M.D., Robins, J.G. and Monaco, T.A., 2007. Forage quality of irrigated pasture species as affected by irrigation rate. In Proceedings of the 28th Eucarpia Symposium on Improvement of Fodder Crops and Amenity Grasses, 19th – 23th of August, Copenhagen, Denmark. pp. 532-535

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology. 93, 307-311.

Keshavarz afshar, R., Chaichi, M.R., Moghadam, H. and Ehteshami, S.R., 2012. Irrigation, phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing microorganism effects on yield and forage quality of turnip (*Brassica rapa* L.) in an arid region of Iran. Agriculture Research. 370-378.(In Persian with English abstract).

Leithy, S., El-meseiry, T. A. and Abdallah, E.F., 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research. 2, 773-779.

Maleki-Farahani, S., 2009. The evaluation of limited irrigation and different fertilizer applications on quantitative and qualitative traits of barley grain (Turkman variety). Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Miguel, M.G., Duavt, F., Venacio, F. and Tavares, R., 2004. Variation in the main components of portugues thymus albicans over a sing season. Journal of Essential Oil Research. 16(3), 169-171.

Nazar, A.N. and Tinay, A.H., 2007. Functional properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graceum*) protein concentration. Food Chemistry. 103, 582-589.

Oraei, H., 2009. Comparison and validate of investigation of trigonelline amount of fenugreek seed by HPLC and spectrophotometer (UV) methods. Ph.D. Thesis. Medicinal Science University of Tehran, Tehran, Iran.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautams, S.P., 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to cymbopogon martini by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbiology Research. 156, 145-149.

Reddy, A. R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Plant Physiology Journal. 161, 1189-1202.

Saeednejad, A.H., Rezvani Moghadam, P., Khazai, H.R. and Nasiri Mahalati, M., 2001. Effecet of application of organic materials, bio fertilizers and chemical fertilizers on dry matter digestibility and protein of forage sorghume. Iranian Agriculture Research. 9(4), 623-630. (In Persian with English abstract).

Archive of SID

www.SID.ir

Salehrastin, N., 2001. The role of biological fertilizers to sustainable agriculture. In: Khavazi, K. and Malakooti, M. J. (Eds.), The necessity of mass production of biological fertilizers in the country. Published by Agricultural Education Center, Karaj, Iran. Pp. 1-54. (In Persian).

Sayed, R.A., Tolbah, K.H. and Habashy, H.N., 2000. Technological, chemical and biological studies on fenugreek seeds *(Trigonella foenum graecum*). Journal of Agricultures Science. 8, 223-234.

Somasegaran, P. and Hoben, H.J., 1994. Hand Book for Rhizobia: Methods in Legume-Rhizobium Technology., Springer-Verlag, New York, U.S.A.

Sun, H.A. and Sun, H.Q., 1996. Ecological geographical characteristics and grazing values of forage legumes in the grassland of Qinghai. Grassland of China. 6, 31-34.

Vafabakhsh, A., Nasiri-Mahallati, H. and Koochaki, E., 2008. The effect of drought stress on water use efficiency in different canola varieties. The Iranian Journal of Agronomic Research. 1, 295-302.

Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R. and Liu, C., 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in north China plain-measurements and modeling. Agricultural Water Manage. 48, 151-167

Ward, J.D., Redfearn, D.D., Mc Cormick, M.E. and Cuomo, G.J., 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

Weinberg, Z.G., Landau, S.Y., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S. and Dvash, L., 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop in Israel. In Proceedings of the 15th International Silage Conference, 3th–6th July, Wageningen, the Netherlands. p. 169.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H., 2005. Effects of bio fertilizers containing N-fixer, P and K solubilize and AM fungi on maize growth: A greenhouse trail. Geoderma. 125, 155-166.

Yadva, P.C., Sadhu, A.C. and Swarnkar, P.K., 2007. Yield and quality of multi-cut forage sorghum (*Sorghum sudanense*) as influenced by integrated nitrogen management. Indian Journal of Agronomy. 52(4), 330-334.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of different fertilizing systems (chemical, biological and integrated) and irrigation regimes on the qualitative characteristics of forage and trigonelline content in fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.)

Mandana Dadresan,[1] Mohammad Reza Chaichi,[1] Mohammad Bagher Hosseini,[1] Ahmad Ali Pourbabaei[1] and Darab Yazdani[2]

[1]Department of Agronomy and Plants Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[2]Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.

[*]Corresponding author: m_dadresan@yahoo.com

Submitted: 2015.07.29

Accepted: 2016.01.26

Dadresan, M., Chaichi, M. R., Hosseini, M. B., Pourbabaei A. A. and Yazdani, D., 2017. Effects of different fertilizing systems (chemical, biological and integrated) and irrigation regimes on the qualitative characteristics of forage and trigonelline content in fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.). Journal of Agroecology. 7 (1), 33-49.

Introduction: The widespread use of chemical fertilizers and their effects on agricultural products is an issue that is still being studied and discussed. An important subject for study is the replacing of biofertilizers and organic fertilizers with chemical fertilizers and the application of integrated fertilizers to increase soil fertility in sustainable agriculture and for livestock (Wu, *et al*., 2005). Integrated fertilizing systems are more reliable than conventional fertilizers in producing better quality and higher quantities of whole forage in arid environments with water stress or a water deficit irrigation system. (Jahanian, 2012). On the other hand, drought stress is the most important abiotic factor that limits growth and development of plants in arid and semi-arid areas. Water stress conditions can also effect the root's ability to uptake nutrients and leads to decreased forage quality. Evaluating new methods of irrigation and deficit irrigation systems can reduce the adverse effect of drought stress (Keshavarz Afshar *et* al. 2012). Therefore, the study of different fertilizing systems along with irrigation regimes is the main goal of this research in order to improve forage quality and trigonelline content in fenugreek plants.

Materials and methods: A field experiment using a split plot on a RCB design with three replications was conducted at the Research Farm of the College of Agriculture, University of Tehran, in Karaj, Iran during the 2012 growing season. Treatments consisted of three levels of irrigation protocols assigned to the main plots as follows: complete irrigation (providing 100%), moderate drought stress (providing 75%) and severe drought stress (providing 50% of weekly evaporation). Six levels of fertilizing systems assigned to the subplots consisted of: a control, chemical fertilizer, biological fertilizer (seeds inoculated by Pseudomonas and Azotobacter), and three different integrated fertilizers: bio+100% chemical, bio+75% chemical and bio+50% chemical.

Results and discussion: By increasing the drought severity, the percentage of CP, WSC, NDF, ADF, ash and trigonelline concentrations increased while the percentage of DDM, mineral contents and trigonelline yield followed a decreasing trend. By increasing NDF and ADF, forage quality was reduced. This reduction also came with a decrease in DDM. Drought stress caused an increase in the trigonelline, while most of the growth parameters in the fenugreek plant decreased. The highest values for DDM, mineral contents and trigonelline yield were achieved with full irrigation treatment accompanied by integrated fertilizer (Bio75% and Bio50%). The highest percent of CP, WSC and trigonelline was measured in severe drought stress together with Bio100%.

Conclusion: The results of this experiment indicated that the integrated fertilizers were more efficient than bio- and chemical fertilizers. They could mitigate the adverse effect of drought stress and produced the highest forage quality and secondary metabolite. These characters along with less use of chemical fertilizers produced the highest yield in quality and quantity compared to the other fertilization systems. Under the conditions in Karaj, it seems that application of integrated fertilizers along with moderate deficit irrigation (providing 75% of weekly evaporation), due to less water consumption and less negative effect on yield and forage quality, can be suggested for a sustainable agricultural system in arid and semi-arid areas like Karaj, Iran. Fenugreek, due to its dual positive characteristics, can be suggested as a medicinal-forage crop for livestock.

Keywords: Drought stress, Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.), Fertilizing system, Forage quality and trigonelline.

Archive of SID

www.SID.ir

References:

Jahanian, A., 2012. The effect of limited irrigation and growth promoting bacteria on quantity, quality and secondary metabolites of artichoke. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.

Keshavarz afshar, R., Chaichi, M.R., Moghadam, H. and Ehteshami, S.R., 2012. Irrigation, phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing microorganism effects on yield and forage quality of turnip (*Brassica rapa* L.) in an arid region of Iran. Agriculture Research. 370-378.(In Persian with English abstract).

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H., 2005. Effects of bio fertilizers containing N-fixer, P and K solubilize and AM fungi on maize growth: A greenhouse trail. Geoderma. 125, 155-166.

Archive of SID

www.SID.ir