

تأثیر نظام های کم آبیاری و کود شیمیایی و زیستی فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa L.*)

رضا کشاورزافشار^{۱*}، محمدرضا چائی چی^۲، حسین مقدم آو سید محمدرضا احتشامی^۴
۱، ۲، ۳، دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۴، استادیار
دانشگاه گیلان
(تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۲ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد شلغم علوفه‌ای در شرایط کم آبیاری، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل پنج سطح کم آبیاری (شاهد بدون آبیاری، یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت، آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در آغاز تشکیل غده‌ها، آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در آغاز تشکیل غده‌ها + آبیاری در آغاز رشد ساقه و آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه) به کرت اصلی و عامل دوم شامل چهار سطح کودی (شاهد بدون کود فسفر، ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفره بر اساس آزمون خاک، ۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با زاد مایه باکتری سودوموناس پوتیدا سویه‌های ۴۱ و ۱۶۸ و تلقیح بذر با زاد مایه باکتری‌های سودوموناس پوتیدا به تنهایی) به کرت فرعی تخصیص داده شدند. نتایج نشان داد که گیاه شلغم علوفه‌ای به تنش خشکی به ویژه در مرحله جوانه زنی و سبز شدن، بسیار حساس است و در صورت اعمال کم آبیاری، تامین آب در این مرحله می‌تواند نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد داشته باشد. این در حالی است که آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه، تأثیری بر افزایش عملکرد علوفه این گیاه نداشت. همچنین نتایج نشان داد استفاده از کود شیمیایی و زیستی فسفر در کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر رشد و عملکرد این گیاه موثر بود. با افزایش شدت تنش خشکی، قابلیت هضم ماده خشک و انرژی متابولیسمی علوفه شلغم از یک روند کاهشی پیروی نمود در حالی که در همین شرایط مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، کربوهیدرات محلول در آب و پروتئین خام از یک روند افزایشی پیروی کرد. به طور کلی در تولید شلغم علوفه‌ای می‌توان کود تلفیقی را جایگزین کود کامل شیمیایی فسفر نمود. عملکرد علوفه کل در تیمار کود تلفیقی تنها ۸ درصد در مقایسه با تیمار کود کامل شیمیایی کاهش یافت. این در حالی است که با مصرف کود تلفیقی ۵۰ درصد در مصرف کود شیمیایی صرفه جویی شد. شایان ذکر است که تیمار کود تلفیقی توانست اثر تنش خشکی را بر رشد و عملکرد شلغم تعدیل نماید.

واژه های کلیدی: شلغم علوفه‌ای، تنش خشکی، کیفیت علوفه، باکتری سودوموناس

مقدمه

نیمه خشک را محدود می‌سازد (Reddy et al., 2004). در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند (از جمله ایران) استفاده از نظام‌های کم آبیاری می‌تواند به خوبی

تنش خشکی و کم آبی، مهمترین عامل غیر زنده است که رشد و تولید گیاهان در جهان به ویژه در مناطق خشک و

کلونیزه کردن ریشه سپهر^۲ بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از مهمترین مزایای تلقیح بذر با زادمایه این باکتری‌ها می‌توان به افزایش سرعت جوانه‌زنی، افزایش رشد ریشه، کنترل عوامل بیماری‌زا، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه اشاره نمود (Vessy, 2003).

هدف این تحقیق در درجه اول مطالعه تاثیر نظام‌های کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی شلغم علوفه‌ای به منظور بررسی امکان استفاده از این روش پایدار مدیریتی در تولید این محصول علوفه‌ای بود. همچنین بررسی تاثیر منابع مختلف تامین فسفر (شیمیایی، زیستی و تلفیق این دو) بر افزایش کمیت و کیفیت علوفه تولیدی تحت نظام‌های کم آبیاری هدف دیگر اجرای این پروژه بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. در این تحقیق تاثیر ۲ عامل نظام‌های مختلف آبیاری به عنوان عامل اصلی و تیمارهای کودی به عنوان عامل فرعی بر رشد و عملکرد گیاه شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa L.*) مورد بررسی قرار گرفت. بذر مورد استفاده غیر اصلاح شده بود که از منطقه ورامین (توده محلی) تهیه گردید. نظام‌های کم آبیاری شامل: شاهد بدون آبیاری (IR_0)، آبیاری در زمان کاشت (IR_1)، آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده‌ها (IR_2)، آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده‌ها + آبیاری در آغاز رشد ساقه (IR_3) و آبیاری کامل در تمام طول دوره رویش بر اساس نیاز آبی گیاه (IR_N) و تیمارهای کودی شامل: شاهد بدون کود فسفره (F_{C0})، کود شیمیایی فسفر (مصرف کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به طور کامل بر اساس آزمون خاک) (100%

مورد استفاده قرار گیرد. کم آبیاری یکی از راهکارهای بهینه سازی مصرف آب است که طی آن به گیاهان زراعی اجازه داده می‌شود تا مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل کنند (Wang et al., 2001). کم آبیاری ممکن است باعث کاهش عملکرد در واحد سطح شود، اما در نهایت منجر به افزایش سطح زیر کشت و به حداکثر رساندن ظرفیت تولید محصولات زراعی در یک منطقه می‌شود. عملکرد گیاهان تحت تاثیر زمان اعمال کم آبیاری قرار می‌گیرد و موفقیت نسبی در کم آبیاری به عدم برخورد مراحل حساس فنولوژیکی گیاه به تنش خشکی بستگی دارد (Kirda, 2000). در کم آبیاری باید طوری برنامه ریزی شود که مراحل حساس نمو، که طی آن اجزای مهم عملکرد اقتصادی شکل می‌گیرند، با تنش خشکی برخورد نکنند. به همین دلیل شناسایی مراحل حساس فنولوژیک گیاهان مختلف برای اعمال موفقیت آمیز نظام‌های کم آبیاری امری ضروری می‌باشد.

فسفر یک عنصر ضروری برای تمام اندام‌های زنده از جمله اندام‌های گیاهی می‌باشد که پس از نیتروژن، دومین عنصر اصلی محدود کننده رشد گیاهان محسوب می‌شود (Conbolat et al., 2006).

کود شیمیایی فسفر اصلی‌ترین منبع تامین فسفر در کشاورزی است ولی تقریباً ۷۵ تا ۹۰ درصد از کود فسفر اضافه شده به خاک توسط کمپلکس‌های آهن، آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌شود (Turan et al., 2006). گروه بزرگی از میکروارگانیسم‌های خاکزی این توانایی را دارند که فسفر نامحلول خاک را به فرم قابل جذب گیاه تبدیل نمایند. این ریزجانداران خاکزی را اصطلاحاً ریزجانداران حل کننده فسفات^۱ یا PSM می‌نامند (Egamberdiyeva et al., 2004). ریزجانداران حل کننده فسفات در افزایش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی همچون چغندر قند (Cakmakci et al., 2006)، خردل (Asghar et al., 2002)، کلزا (Glick et al., 1994) و غیره نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. در بین باکتری‌های حل کننده فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی

آغاز طرح از خاک محل انجام آزمایش نمونه گیری مرکب صورت گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

(F_{Ch})، کود زیستی (تلقیح بذر با دو سویه باکتری سودوموناس سویه های ۴۱ و ۱۶۸ به تنهایی) (F_{Bi}) و کود تلفیقی (مصرف کود شیمیایی فسفره به میزان ۵۰ درصد + تلقیح بذر با دو سویه باکتری سودوموناس سویه های ۴۱ و ۱۶۸) (۱۶۸ + F_{Ch}+F_{Bi}) 50% بودند. پیش از

جدول ۱- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

سدیم	کلسیم	منیزیوم	سدیم قابل تبادل	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
محلول (meq/l)			٪		قابل جذب (mg/kg)					
۷/۱	۲۰	۸/۲	۱/۹	۰/۰۹	۱۴	۲۳۷	۶/۴۳	۱/۲۵	۱۲/۷	۱/۵۸

انجام گرفت و بلافاصله پس از اتمام عملیات کاشت آبیاری (به غیر از تیمارهایی که کشت بدون آبیاری داشتند) انجام شد. در زمان برداشت (اوایل گلدهی مصادف با هفته ۲۸ خرداد) بعد از حذف اثر حاشیه، با استفاده از کوادرات ۱ متر مربعی از ۳ خط میانی هر کرت نمونه برداری انجام گرفت و وزن تر غده و شاخساره اندازه گیری شد. سپس نمونه ها به مدت پنج روز در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از سپری شدن این زمان، نمونه های خشک شده توزین شدند تا عملکرد ماده خشک محاسبه شود.

نمونه های گیاهی خشک شده، کاملاً آسیاب شده و برای انجام آزمون های کیفی سه تکرار از هر تیمار انتخاب و با استفاده از دستگاه^۱ NIRS به اندازه گیری خصوصیات کیفی اقدام گردید. با توجه به اینکه دستگاه NIRS برای شلغم علوفه ای کالیبره نبود، ابتدا درصد پروتئین، کربوهیدرات محلول در آب، خاکستر و فیبر نامحلول در شوینده های اسیدی یک تکرار از تمام تیمارها با روش شیمیایی اندازه گیری شد و به کمک این داده ها و نرم افزار مخصوص، دستگاه کالیبره شد.

پس از کالیبراسیون دستگاه NIRS، صفات کیفی شامل درصد ماده خشک قابل هضم (DMD)، درصد قندهای محلول در آب (WSC)، درصد پروتئین خام (CP)، درصد الیاف نامحلول در شوینده های اسیدی (ADF) و

برای تیمارهای کودی، تلقیح بذر پیش از کاشت و بر اساس دستورالعمل ارائه شده از سوی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور انجام پذیرفت. پس از محاسبه میزان بذر مورد نیاز برای کاشت، مقدار بذر مورد نیاز برای کاشت تیمارهایی که نیاز به تلقیح داشتند، جدا شدند و در داخل یک کیسه پلی اتیلنی ریخته شدند. سپس بر روی بذور مقدار ۳۰ میلی لیتر ماده چسباننده (صمغ عربی) ریخته شد و برای مدت ۵ دقیقه به خوبی تکان داده شد تا سطح تمام بذور به شکل یکنواختی به این ماده آغشته شود. سپس بر اساس دستورالعمل مقدار کافی باکتری سودوموناس بر روی بذور ریخته شد و برای پنج دقیقه دیگر به خوبی تکان داده شد تا سطح تمام بذور به شکلی کاملاً یکنواخت به ماده تلقیح آغشته شود. در پایان، بذور آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه، پهن گردید تا بذور خشک شوند (Somasegaran & Hoben, 1994). سپس به سرعت نسبت به کاشت بذور اقدام شد. کاشت بذور بر روی خطوط کاشت در عمق یک تا دو سانتی متری انجام گرفت.

فاصله بین ردیف های کاشت، ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته بر روی ردیف کاشت نیز پنج سانتی متر در نظر گرفته شد و بعد از رسیدن بوته ها به مرحله سه تا چهار برگی، بوته های اضافی تنک شدند. ابعاد هر کرت ۳×۵ متر در نظر گرفته شد و بین تکرارها ۵ متر فاصله در نظر گرفته شد تا برای هر تکرار جوی زهکشی جداگانه ای تعبیه شود. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۸۸/۱/۱۰

1. Near Infrared Reflectance Spectroscopy

غذایی موجود در لایه‌های زیرین خاک فراهم شده است. در نتیجه این امر موجب تحریک رشد و افزایش معنی‌دار عملکرد این تیمار نسبت به شاهد بدون آبیاری شد. موفقیت نسبی در کم آبیاری بستگی به عدم برخورد مراحل حساس رشد گیاه به تنش خشکی دارد (Kirda, 2000). بروز تنش خشکی در مرحله رشد زایشی گیاهانی که اندام اقتصادی آنها دانه و یا گل می‌باشد می‌تواند به مراتب مهم‌تر از بروز تنش در مرحله رشد رویشی باشد (Goksoy et al., 2004). ولی شلغم گیاهی علوفه‌ای است و بنابراین تنش آبی در مراحل رشد رویشی به ویژه در مرحله حساس جوانه زنی و سبز شدن می‌تواند تاثیر بیشتری در مقایسه با مراحل دیگر رشد (به عنوان مثال آغاز رشد ساقه و شروع گلدهی) داشته باشد.

تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر (F_{ch} 100%) و کود تلفیقی ($F_{ch}+F_{Bi}$ 50%) توانست عملکرد شاخساره شلغم را نسبت به شاهد بدون کود فسفر افزایش دهد (جدول ۲). بیشترین عملکرد شاخساره با ۲۵ درصد افزایش نسبت به شاهد توسط تیمار F_{ch} 100% تولید شد. این امر نشان می‌دهد شلغم برای تولید شاخساره با عملکردی مطلوب نیازمند دریافت مقادیر کافی فسفر می‌باشد. در پژوهشی مصرف کود فسفر عملکرد شاخساره و عملکرد ماده خشک برگ‌های شلغم را افزایش داد (Turk et al., 2009). تیمار کود تلفیقی ($F_{ch}+F_{Bi}$ 50%) نیز منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شاخساره نسبت به شاهد (F_{Co}) شد (جدول ۲). این درحالی است که تیمار کود زیستی (F_{Bi}) نتوانست تاثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد شاخساره نسبت به تیمار شاهد بدون کود داشته باشد (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مقادیری از کود شیمیایی فسفر بهتر از کاربرد این باکتری‌ها به صورت انفرادی است. در تحقیقات زیادی نشان داده شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات زمانی که همراه با مقادیری کود شیمیایی فسفر (بسته به شرایط انجام آزمایش) به کار برده شوند به مراتب تاثیر گذاری بیشتری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارند. در آزمایشی با تیمارهای مختلف کود فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات در سویا، بالاترین

درصد خاکستر کل (Ash) اندازه‌گیری شدند. عملکرد پروتئین خام در هکتار از حاصل ضرب وزن علوفه خشک تولیدی و درصد پروتئین خام بدست آمد. انرژی متابولیسمی نیز با استفاده از فرمول ارائه شده توسط کمیسیون کشاورزی استرالیا محاسبه گردید (CSIRO, 1990):

$$ME/D = 0.17 DMD \% - 2$$

ME/D = مقدار انرژی متابولیسمی بر حسب مگاژول در هر کیلوگرم علوفه خشک

نخست نرمال بودن داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC و انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از نرم افزار MSTATC و آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد شاخساره

با افزایش شدت تنش کم آبی، عملکرد شاخساره شلغم علوفه‌ای از یک روند کاهشی پیروی نمود (جدول ۲). کاهش عملکرد شاخساره در شرایط کم آبیاری ممکن است ناشی از کاهش سطح برگ و دوام آن باشد (Nagajaran et al., 1999). مهمترین دلیل کاهش سطح برگ و دوام آن را در شرایط تنش ناشی از کاهش آماس و طول شدن سلول‌ها می‌دانند که خود می‌تواند منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه زراعی شود (Araus et al., 2003). آبیاری در زمان کاشت (تیمار IR_1) منجر به افزایش بیش از ۳۴۰ درصدی عملکرد ماده خشک شاخساره نسبت به تیمار بدون آبیاری (IR_0) شد، ولی آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده فقط به مقدار ۲۰٪ منجر به افزایش ماده خشک شاخساره شد. این درحالی است که آبیاری در زمان آغاز ساقه رفتن هیچ تاثیر معنی‌داری بر عملکرد شاخساره نسبت به آبیاری قبلی نداشت. لازم به ذکر است که شلغم علوفه‌ای در مرحله جوانه زنی و سبز شدن به رطوبت خاک بسیار حساس است (Schneider & Gupta, 1985) و به نظر می‌رسد که با انجام آبیاری در زمان کاشت، ضمن افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی و بهبود استقرار گیاهچه‌ها در خاک، زمینه‌ای مناسب جهت رشد اولیه مطلوب‌تر ریشه‌چه و به دنبال آن دسترسی بهتر ریشه به رطوبت و عناصر

میزان عملکرد و اجزای عملکرد در تیمار واجد ۷۵ کیلوگرم کود فسفر همراه با تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات به دست آمد (Umale *et al.*, 2002). پیشنهاد شده است که برای حصول عملکرد بالا تلقیح ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی توصیه شده به همراه تلقیح با کودهای زیستی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Ansari Jovini *et al.*, 2011).

جدول ۲: مقایسه میانگین خصوصیات کمی شلغم علوفه ای تحت تاثیر نظام های کم آبیاری و کود

تیمار	عملکرد شاخساره (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه کل (کیلوگرم در هکتار)
نظام آبیاری		
IR ₀	۴۶۱/۸ (±۳۷) d	۷۶۸/۸ (±۶۷) d
IR ₁	۱۶۰۰/۳ (±۴۴) c	۲۰۹۱/۱ (±۴۷) c
IR ₂	۱۸۹۰/۷ (±۸۴) b	۲۵۲۵/۵ (±۹۴) b
IR ₃	۱۹۳۵/۳ (±۸۲) b	۲۵۹۱/۵ (±۹۱) b
IR _N	۲۷۰۹/۸ (±۵۴) a	۳۶۴۰/۶ (±۶۸) a
کود		
F _{Co}	۱۵۵۸/۴ (±۱۶۷) c	۲۰۹۵/۵ (±۲۲۵) c
100%F _{Ch}	۲۰۰۸/۲ (±۱۹۱) a	۲۶۷۱/۴ (±۲۲۲) a
50%F _{Ch} +F _{Bi}	۱۷۶۷/۱ (±۱۶۱) b	۲۰۸۶/۴ (±۲۱۶) b
F _{Bi}	۱۵۴۴ (±۱۶۱) c	۲۴۴۰/۹ (±۱۹۹) b
تجزیه واریانس		
اثر آبیاری	*	**
اثر کود	*	**
اثر متقابل کود × آبیاری	*	**

*: معنی دار در سطح ۵٪، **: معنی دار در سطح ۱٪ و ^{ns}: غیرمعنی دار. میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح پنج درصد آزمون شده اند. حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می دهند.

اختصارات:

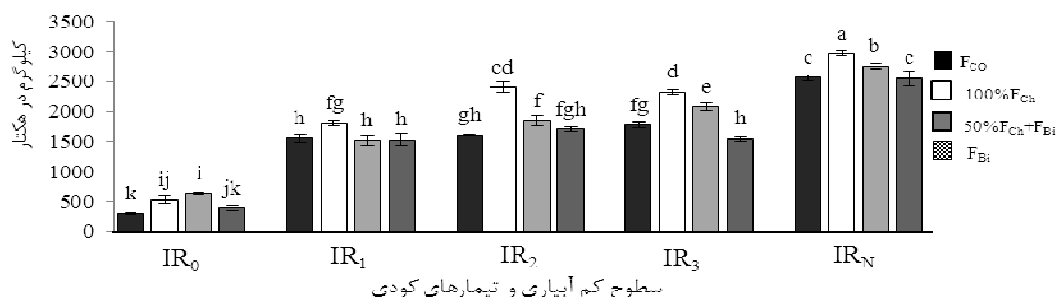
IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه)

F_{Co} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{Ch} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{Ch}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

باکتری‌های حل‌کننده فسفات تولید می‌شود و این تیمار تنش خشکی را بهتر از سایر تیمارها تحمل می‌کند (Kantwa & Meena, 2002). این موضوع نشان می‌دهد که استفاده تلقیحی از باکتری سودوموناس و کود شیمیایی فسفر می‌تواند اثرات تنش خشکی را بر عملکرد شاخساره شلغم علوفه‌ای تعدیل نماید. به جز تنش شدید کم آبیاری (تیمار شاهد بدون آبیاری) در سایر سطوح آبیاری، کود کامل شیمیایی فسفر

اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد شاخساره شلغم علوفه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط تنش شدید کم آبی (IR₀)، کود 50%F_{Ch}+F_{Bi} بالاترین عملکرد را تولید کرد (شکل ۱). در آزمایشی بر روی خردل با مطالعه تیمارهای مختلف کود فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات تحت شرایط تنش کم آبی نتیجه‌گیری نمودند که حداکثر عملکرد دانه در تیمار واجد ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر همراه با

عملکرد بیشتری را به خود اختصاص داد (شکل ۱). تاثیر مثبت کود فسفر بر افزایش عملکرد شاخساره شلغم



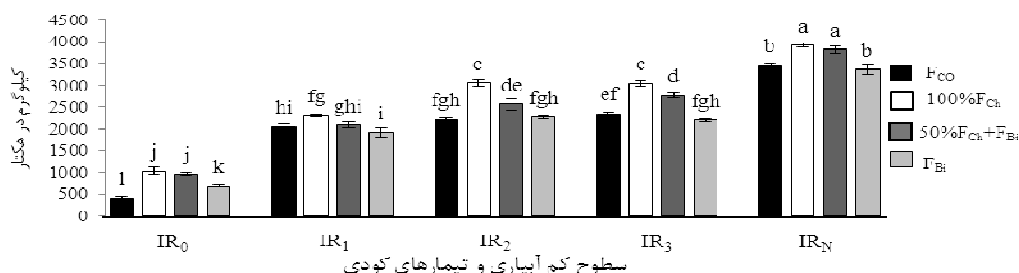
شکل ۱ - اثر متقابل سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد شاخساره شلغم علوفه ای، میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده اند. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. Error bar خطای استاندارد را نشان می دهد.

اختصارات: IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه). F_{CO} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{CH} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{CH}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

عملکرد علوفه کل

تیمار شاهد (بدون کود فسفره) به طور معنی داری افزایش دادند (شکل ۲).

در شرایط تنش شدید کم آبیاری (IR₀) کود شیمیایی فسفر و کود تلفیقی عملکرد زیست توده را در مقایسه با



شکل ۲ - اثر متقابل سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد علوفه کل شلغم علوفه ای، میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده اند. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. Error bar خطای استاندارد را نشان می دهد.

اختصارات: IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه). F_{CO} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{CH} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{CH}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

هدایت هیدرولیکی ریشه و در نتیجه مقاومت به خشکی می شود (Bethlenfalvay, 1992). Sharma (2002) مزیت تغذیه با فسفر برای گیاه را در تولید ریشه های عمیق تر و فراوان تر گزارش کرده است که منجر به افزایش توان گیاه در جذب رطوبت موجود در لایه های

فسفر از طریق تحریک رشد ریشه، توان گیاه برای جذب آب را افزایش می دهد و با افزایش جذب فسفر ضمن کاهش و تعدیل اثرات تنش خشکی (Hardie & Leyton, 1981)، منجر به افزایش رشد ریشه و افزایش جذب این عنصر می شود که خود سبب افزایش

افزایش پیدا کرد (Kipnis et al., 1994). این نتایج متناقض نشان می‌دهند بسته به شرایط محیطی و نوع گیاه تنش خشکی می‌تواند در مواردی سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و در مواردی کاهش این صفت شود و در برخی موارد نیز تاثیری بر آن ندارد. با تامین فسفر مورد نیاز گیاه چه از طریق کود شیمیایی و چه از طریق کود زیستی و یا تلفیقی DMD شلغم افزایش پیدا کرد. در تیمار کود کامل شیمیایی (100%F_{ch}) بیشترین قابلیت هضم علوفه شلغم بدست آمد ولی با کود تلفیقی و کود کامل زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). برخی تحقیقات نشان می‌دهند باکتری‌های حل کننده فسفات (Fateh, 2008) و کود شیمیایی فسفر (Turk et al., 2009) منجر به کاهش الیاف (ADF و NDF) علوفه در گیاهانی همچون کنگر فرنگی و شلغم (NDF) علوفه‌ای می‌شود. وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین درصد الیاف و قابلیت هضم علوفه پیش از این توسط Hacker (1982) و Jensen et al (2007) نشان داده شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کود شیمیایی فسفر و یا کود زیستی فسفر می‌تواند باعث کاهش الیاف و در نتیجه افزایش DMD شود. اثر متقابل آبیاری و کود بر قابلیت هضم ماده خشک شاخساره شلغم نیز معنی‌دار بود ($p < 0.01$) (جدول ۳). در شرایط تنش شدید کم آبی (IR₀ و IR₁) تیمارهای حاوی کود زیستی بیشتر از کود شیمیایی فسفر توانستند DMD شلغم را افزایش دهند ولی با افزایش دفعات آبیاری و در نتیجه کاهش تنش خشکی، اثر کود شیمیایی فسفر در افزایش DMD بیشتر از کودهای زیستی بود (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهند که در شرایط تنش کم آبیاری استفاده از کود زیستی و باکتری‌های حل کننده فسفات می‌تواند منجر به افزایش قابلیت هضم علوفه و در نتیجه افزایش کیفیت علوفه می‌شود.

پروتئین خام (CP²)

با کاهش شدت تنش کم آبی، مقدار پروتئین خام شلغم نیز کاهش پیدا کرد به گونه‌ای که بالاترین مقدار پروتئین خام در IR₀ و کمترین آن در IR_N تولید شد (جدول ۳). در تحقیقات زیادی نشان داده شده است

زیرین خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه می‌شود. در برخی تحقیقات نشان داده شده است که استفاده از کود تلفیقی (باکتری‌های حل کننده فسفات همراه با مقادیری کود شیمیایی فسفر) می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تعدیل کند (Arpana et al., 2002; Kantwa & Meena, 2002). در سطوح آبیاری IR₂ و IR₃، تیمار کودی 100%F_{ch} بالاترین عملکرد زیست‌توده را تولید کرد ولی در سطح IR_N کود شیمیایی و کود تلفیقی در یک سطح معنی‌دار قرار گرفتند (شکل ۲). به جز در شرایط تنش شدید کم آبی (IR₀) که تیمار F_{Bi} در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود فسفره) منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گردید، در سایر سطوح آبیاری بین این تیمار و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری دیده نشد (شکل ۲). در برخی تحقیقات نشان داده شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات از جمله سودوموناس می‌توانند از طریق تولید هورمون‌های گیاهی منجر به افزایش سطح جذب ریشه و در نتیجه افزایش قابلیت جذب آب شوند و بدین ترتیب اثرات تنش خشکی را تعدیل کرده و در این شرایط عملکرد گیاهان زراعی را افزایش دهند (Okon & Kapulnik, 1986).

خصوصیات کیفی علوفه قابلیت هضم ماده خشک (DMD¹)

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش دفعات آبیاری و در نتیجه تامین رطوبت مورد نیاز گیاه، قابلیت هضم ماده خشک افزایش پیدا کرد (جدول ۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که تاثیر تنش خشکی بر کیفیت علوفه به ویژه هضم پذیری آن بسیار متفاوت و حتی متضاد است. گزارش شده است که در اثر بروز تنش خشکی مقدار کربوهیدرات‌های ساختمانی و الیاف گیاه افزایش می‌یابد که خود می‌تواند سبب کاهش قابلیت هضم علوفه شود (Haug et al., 1997). برخی محققین نیز گزارش کرده‌اند قابلیت هضم تحت تاثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد (Ortega-Ochoa, 2005; Jensen et al., 2003). این درحالی است که در سورگوم علوفه‌ای با کاهش رطوبت، قابلیت هضم ماده خشک

که تنش خشکی منجر به افزایش درصد پروتئین خام گیاهان علوفه‌ای همچون چچم چند ساله و فسٹوکا می‌شود (Asay et al., 2002; Jensen et al., 2003). دلیل این امر احتمالاً این است که در یک خاک خشک

غلظت بیشتری از نیتروژن وجود دارد (Jensen et al., 2007). Buxton et al. (1996) نشان دادند مقدار پروتئین خام پروتئین به شدت بستگی به غلظت نیتروژن خاک دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی شلغم علوفه ای تحت تأثیر نظام های کم آبیاری و کود

تیمار	DMD گرم در کیلوگرم ماده خشک	CP گرم در کیلوگرم ماده خشک	WSC گرم در کیلوگرم ماده خشک	ADF گرم در کیلوگرم ماده خشک	ME مگازول در کیلوگرم ماده خشک
نظام آبیاری					
IR ₀	۵۲۹(±۱۱)b	۲۳۴ (±۵)a	۲۰۹ (±۵)a	۳۴۰(±۸)a	۴۸(±۷) d
IR ₁	۵۴۸(±۶)b	۲۲۱(±۶)ab	۱۹۵(±۵)b	۳۲۰(±۸)a	۷۴(±۴) c
IR ₂	۶۰۳(±۳)a	۲۱۰ (±۵)bc	۱۹۶(±۳)b	۲۷۲(±۷)c	۹۴(±۵) b
IR ₃	۶۲۱(±۹)a	۱۹۹(±۴)c	۱۹۵(±۵)b	۲۷۵(±۶)c	۹۴(±۴)
IR _N	۶۲۲(±۷)a	۱۸۲(±۳)d	۱۸۰(±۳)c	۲۴۰(±۵)d	۱۲۹(±۴)
کود					
F _{Co}	۵۷۱(±۱۳)b	۱۹۹(±۴)c	۱۸۵(±۳)b	۳۰۳(±۱۱)a	۷۷(±۹) b
100%F _{Ch}	۵۹۱(±۱۵)a	۲۱۰(±۸)b	۱۹۱(±۳)b	۲۹۹(±۱۲)a	۹۷(±۶) a
50%F _{Ch} +F _{Bi}	۵۸۹(±۱)a	۲۲۲(±۶)a	۲۱۲(±۵)a	۲۸۵(±۱۱)b	۹۷(±۹) a
F _{Bi}	۵۸۷(±۸)a	۲۰۶(±۶)bc	۱۹۲(±۴)b	۲۷۱(±۸)c	۷۸(±۷) b
تجزیه واریانس					
اثر آبیاری	*	*	*	*	*
اثر کود	*	*	*	*	*
اثر متقابل	*	*	ns	ns	*

*: معنی دار در سطح ۵٪، **: معنی دار در سطح ۱٪ و ^{n.s}: غیرمعنی دار. میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح پنج درصد آزمون شده اند. حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می دهند.

اختصارات:

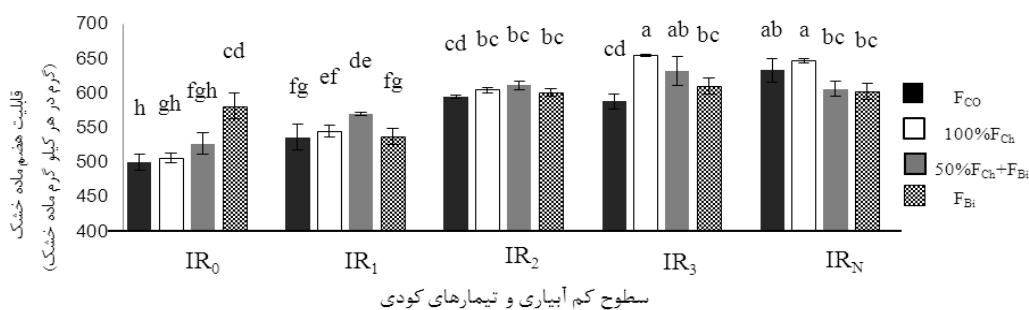
IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه)

F_{Co} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{Ch} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{Ch}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

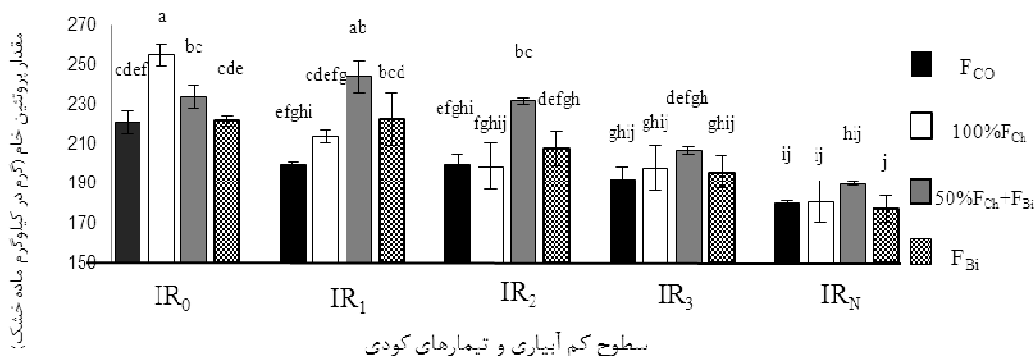
نشان داده شد که مصرف کود فسفر مقدار پروتئین خام علوفه شلغم را افزایش می‌دهد (Turk et al., 2009) که با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد. اثر متقابل آبیاری و کود نیز بر مقدار پروتئین خام شلغم معنی‌دار بود ($p < 0.05$) (جدول ۳ و شکل ۴). در شرایط تنش شدید کم آبی (IR₀) کود کامل شیمیایی بیشترین مقدار پروتئین خام را تولید کرد در حالیکه در سایر سطوح آبیاری تیمار کود تلفیقی بیشترین مقدار پروتئین خام را تولید کرد هر چند تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت. Fateh (2008) نشان داد باکتری‌های

اگرچه در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین افزایش می‌یابد ولی چون در این شرایط عملکرد علوفه کاهش می‌یابد، افزایش درصد پروتئین چندان قابل توجه نیست (Jensen et al., 2007). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تامین فسفر مورد نیاز گیاه می‌تواند مقدار پروتئین خام علوفه شلغم را افزایش دهد و در این میان تاثیرگذاری کود تلفیقی بیشتر از کود کامل شیمیایی و یا زیستی بود. Fateh (2008) نیز نشان داد باکتری‌های حل کننده فسفات به تنهایی قادر به افزایش درصد پروتئین خام کنگر فرنگی نیستند. در تحقیقی

سودوموناس تاثیر در افزایش پروتئین خام گیاه کنگر فرنگی ندارند.



شکل ۳- اثر متقابل سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر قابلیت هضم علوفه (IVDMD) بر حسب گرم در کیلو گرم ماده خشک شلغم علوفه ای. میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده اند. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. Error bar خطای استاندارد را نشان می دهد. اختصارات: IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه). F_{CO} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{Ch} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{Ch}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)



شکل ۴- اثر متقابل سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر مقدار پروتئین خام تولیدی توسط شلغم علوفه ای. میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده اند. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. Error bar خطای استاندارد را نشان می دهد. اختصارات: IR₀ (شاهد بدون آبیاری)، IR₁ (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR₂ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها)، IR₃ (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه). F_{CO} (شاهد بدون کود فسفره)، 100%F_{Ch} (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، 50%F_{Ch}+F_{Bi} (۵۰٪ کود شیمیایی + تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸) و F_{Bi} (تلقیح بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

نیترژن موجود در اندام های گیاه باشد. بین DMD و CP نیز همبستگی منفی و معنی داری ($r = -0.654^{**}$) دیده شد. Ward et al. (2001) با تحقیقی که بر روی گیاهان علوفه ای یکساله تابستانه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ماده خشک قابل هضم همبستگی

جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) نشان داد بین عملکرد شاخساره و مقدار پروتئین خام آن همبستگی منفی و معنی داری ($r = -0.745^{**}$) وجود دارد. در این شرایط همگام با افزایش عملکرد گیاه، درصد پروتئین آن کاهش می یابد. به نظر می رسد دلیل آن کاهش غلظت

منفی با مقدار پروتئین خام، مقدار فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد.

جدول ۴- همبستگی ساده صفات کمی و کیفی علوفه شلغم

CP Yield	ME	ADF	WSC	CP	DMD	عملکرد شاخساره
						عملکرد شاخساره
						۱
					۱	DMD
				۱	-.۶۵۴**	-.۷۴۵**
			۱	.۰۶۹۰**	-.۱۹۴	-.۵۲۳*
		۱	.۰۳۳۵	.۰۶۹۲**	-.۸۷۹**	-.۷۹۳**
	۱	-.۸۷۹**	-.۱۹۴	-.۶۵۵**	۱**	.۰۷۸۲**
۱	.۰۷۵۹**	-.۷۵۱**	-.۴۲۱	-.۶۱۸**	.۰۷۵۹**	.۰۹۸۰**
						CP yield

علائم: DMD قابلیت هضم علوفه، CP پروتئین خام، WSC کربوهیدرات محلول در آب، ADF لیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، ME انرژی متابولیسمی و CP yield عملکرد پروتئین خام در واحد سطح
** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

کیفیت علوفه شلغم بدلیل افزایش ADF کاهش می‌یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه شاخساره نیز همراه بوده و آن را توجیه می‌نماید. Haung & Duncan (1997) نیز نشان دادند تنش خشکی درصد لیاف اندام‌های گیاهی را افزایش می‌دهد.

در حالیکه استفاده از کود کامل شیمیایی فسفر ($100\%F_{Ch}$) تاثیر معنی‌داری بر کاهش ADF شلغم نداشت ولی استفاده از کود کامل زیستی (F_{Bi}) و کود تلفیقی ($50\%F_{Ch}+F_{Bi}$) سبب کاهش ADF و در نتیجه افزایش کیفیت آن شدند (جدول ۳).

این نتایج با نتایج Fateh (2008) مطابقت دارد. او نشان داد استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌تواند سبب کاهش ADF علوفه کنگر فرنگی شود و بدین ترتیب کیفیت علوفه آن را افزایش دهد. در پژوهشی Turk et al. (2009) نیز نشان دادند که با مصرف کود فسفر ADF و NDF علوفه شلغم کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تامین فسفر می‌تواند در کاهش مقدار لیاف علوفه شلغم موثر واقع شود و در این میان تاثیرگذاری کود زیستی بیشتر از کود شیمیایی می‌باشد. جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴) و رگرسیون خطی (شکل ۵) نشان داد بین قابلیت هضم و ADF علوفه شلغم همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد ($r = -0.879^{**}$) (شکل ۵). وجود همبستگی منفی بین این دو صفت پیش از این توسط Hacker (1982) و Jensen et al (2007) نیز گزارش شده است.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC^1)

با افزایش شدت تنش کم آبیاری، مقدار WSC شلغم از یک روند افزایشی پیروی کرد (جدول ۳). Weinberg et al. (2005) نتیجه گرفتند گیاهانی که رطوبت کمتری دریافت می‌کنند WSC بیشتری دارند و در نتیجه کیفیت آنها برای سیلو کردن بیشتر است. آنها وجود همبستگی منفی بین آبیاری و WSC را نشان دادند. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مطابقت کامل دارد. مصرف کود کامل شیمیایی فسفر و کود زیستی نتوانست WSC را در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش دهد ولی کود تلفیقی نتوانست WSC را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش دهد (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که استفاده تلفیقی از کود شیمیایی و کود زیستی می‌تواند WSC و در نتیجه کیفیت علوفه تولیدی را افزایش دهد ولی کود شیمیایی فسفر و یا باکتری‌های حل‌کننده فسفات به تنهایی قادر به افزایش WSC نیستند. این در حالی است که Fateh (2008) نشان داد باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند بر افزایش کربوهیدرات تاثیر گذار باشند.

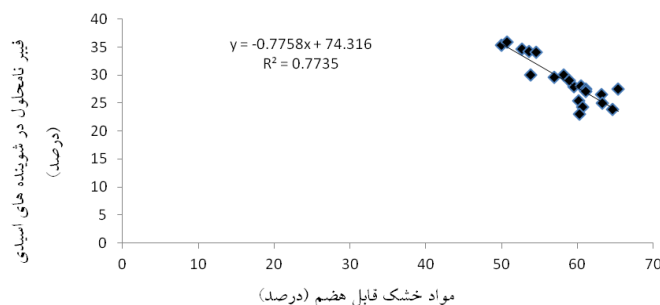
الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF^2)

با افزایش شدت تنش کم آبیاری، ADF شلغم افزایش یافت. این امر نشان می‌دهد که با اعمال تنش خشکی

1. Water soluble carbohydrate
2. Acid detergent fiber

شوینده‌های خنثی نیز پیش از این توسط Jensen et al (2007) در برخی گیاهان علوفه‌ای گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد.

همچنین بین ADF و CP شلغم نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.692^{**}$) دیده شد (جدول ۴). وجود همبستگی منفی بین مقدار پروتئین و الیاف نامحلول در

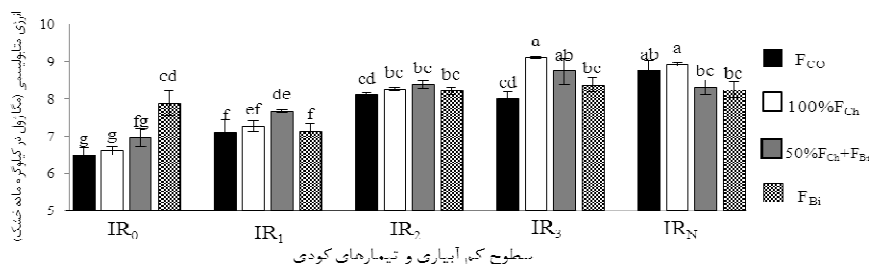


شکل ۵- رابطه بین قابلیت هضم و فیبر نامحلول در شوینده های اسیدی شلغم علوفه ای

در سطح IR_1 تیمار کود تلفیقی بیشترین انرژی متابولیسمی را تولید کرد. در سطح IR_2 نیز بین هیچ یک از روش‌های کودی و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سایر سطوح آبیاری نیز تیمار کود کامل شیمیایی بهتر از سایر تیمارها ظاهر شد (شکل ۶). این روند نشان می‌دهد با افزایش دفعات آبیاری و بهبود شرایط رطوبتی خاک تاثیر کود شیمیایی فسفر در افزایش انرژی متابولیسمی ریشه بیشتر می‌شود و در واقع گیاه استفاده بهتری از فسفر افزوده شده به خاک می‌نماید.

انرژی متابولیسمی شاخساره

اثر متقابل آبیاری و کود بر انرژی متابولیسمی شاخساره شلغم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در مجموع افزایش رطوبت تاثیر مثبتی بر تولید انرژی متابولیسمی شاخساره شلغم دارد. گزارش شده است که در اثر بروز تنش خشکی مقدار کربوهیدرات‌های ساختمانی و الیاف گیاه افزایش می‌یابد که خود می‌تواند سبب کاهش انرژی متابولیسمی در شرایط تنش باشد (Haung & Duncan, 1997). در سطح IR_0 فقط F_{Bi} توانست تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دهد.



شکل ۶- اثر متقابل سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر مقدار انرژی متابولیسمی تولیدی توسط شلغم علوفه ای. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند. حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است. Error bar خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

اختصارات: IR_0 (شاهد بدون آبیاری)، IR_1 (یک مرتبه آبیاری در زمان کاشت)، IR_2 (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده‌ها)، IR_3 (آبیاری در زمان کاشت + آبیاری در زمان آغاز تشکیل غده‌ها + آبیاری در زمان آغاز رشد ساقه) و IR_N (آبیاری کامل در تمام دوره رشد بر اساس نیاز آبی گیاه). F_{CO} (شاهد بدون کود فسفره)، $100\%F_{Ch}$ (۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک)، $50\%F_{Ch}+F_{Bi}$ (۵۰٪ کود شیمیایی + تلفیق بذر با باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۱۶۸)

زنی و سبزی شدن است و در صورت استفاده از کم آبیاری، تامین آب در این مرحله می‌تواند نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد داشته باشد. اما آبیاری در

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق شلغم علوفه ای گیاهی حساس به تنش خشکی به ویژه در مرحله جوانه

چنانچه به طور دقیق مباحث اقتصادی مانند هزینه مصرف کود و درآمد حاصل از آن به همراه تمام عوامل اجتماعی و اکولوژیکی (به ویژه اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از اندازه کود شیمیایی) مورد توجه قرار گیرد، احتمالاً می‌توان سودمندی این روش کود دهی را در مقایسه با روش شیمیایی، مورد تایید قرار داد.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه های اجرای این طرح توسط قطب علمی به زراعی، به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهان علوفه ای تامین شده است. بدین وسیله از مساعدت مسئولین قطب تشکر و قدردانی می نماید.

زمان آغاز رشد ساقه، تاثیری بر افزایش عملکرد علوفه این گیاه نداشت. با توجه به نتایج آزمایش به نظر می‌رسد که استفاده از کود تلفیقی فسفر (۵۰ درصد کود شیمیایی به همراه کود زیستی حل کننده فسفات به ویژه باکتری های سودوموناس پوتیدا) تا حد زیادی می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی را در راستای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار تعدیل نماید. در صورت استفاده از کود تلفیقی با یک کاهش ۵۰ درصدی در مصرف کود شیمیایی فسفر مقدار عملکرد زیست توده شلغم فقط ۸ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر، کاهش یافت. همچنین تیمار کود تلفیقی توانست اثر تنش خشکی را بر عملکرد این گیاه تعدیل کند.

REFERENCES

1. Ansari Jovini, M., Chaichi, M. R., Keshavarz Afshar, R., & Ehteshami, S. M. R. (2011). Effect of biological and chemical phosphorous fertilizers on grain yield of two grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Cultivars under Deficit Irrigation Conditions. *Seed and Plant*, 27 (4), 471-490.
2. Araus, J. L., Bort, J., Steduto, P., Villegase, D., & Royo, C. (2003). Breeding cereals for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. *Annals of Applied Biology*, 142, 129-141.
3. Arpana, N., Kumar, S. D., & Prasad, T. N. (2002). Effect of seed inoculation, fertility and irrigation on uptake of major nutrients and soil fertility status after harvest of late sown lentil. *Journal of Applied Biology*, 12, 23-26.
4. Asay, K. H., Jensen, K. B., Waldron, B. L., Han, G., Johnson, D. A., & Monaco, T. A. (2002). Forage quality of tall fescue across an irrigation gradient. *Agronomy Journal*. 94, 1337-1343.
5. Asghar, H. N., Zahir, Z. A., Arshad, M., & Khaliq, A. (2002). Relationship between invitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 231-237.
6. Bethlenfalvay, G. J. (1992). Mycorrhizae and crop productivity. In: G. J. Bethlenfalvay, & R. G. Linderman, (Ed.), *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. American Society of Agronomy, Special Publication, 54. Madison, WI, pp. 1-27.
7. Buxton, D. R., Mertens, V., & Fisher, D. S. (1996). *Forage Quality and Ruminant Utilization*. Pp. 229-266. In: L. E. Moser, D. R. Buxton, & M. D. Casler (Ed.) Cool-Season Forage Grasses. American Society of Agronomy Monograph Series 34. Madison, Wisconsin.
8. Cakmakci, R., Donmez, F., Aydin, A. & Sahin, F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1482-1487.
9. Conbolat, M. Y., Belin, S., Cakmakci, R., Sahin, F., & Adin, A. (2006). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 350-357
10. CSIRO (1990). *Feeding standards for Australian ruminants, standing committee on agriculture and resource management*. Ruminants subcommittee, Melbourne, Australia. Pp 225
11. Egamberdiyeva, D., Juraeva, D., Poberejskaya, S., Myachina, O., Teryuhova, P., Seydaliyeva, L. & Aliev, A. (2004). Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. In: *Proceedings of 26th Southern Conservation Tillage Conference*. June 8-9. Raleigh, North Carolina. North Carolina Agricultural Research Service, pp. 322
12. Glick, B. R., Jacobson, C. B., Schwarze, M. M. K., & Pasternak, J. J. (1994). 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Canadian Journal of Microbiology*, 40, 911-915.

13. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. N., & Dagustu, N. (2004), Responses of safflower (*Helianthus annuus*) to full and limited irrigation at different growth stage. *Field Crop Research*, 87, 167-178
14. Hacker, J. B. (1982). *Selecting and breeding better quality grasses*. In J. B. Hacker (Ed.), Nutritional limits to animal production from pasture. In: Proceedings of an *International Symposium*. Queensland, August, Australia, P. 305-326.
15. Hardie, K., & Leyton, L. (1981). The influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth and water relations of red clover. I. In phosphate deficient soil. *New Phytologist*, 89, 599-608.
16. Haung, R. & Duncan, R. (1997). Drought resistance mechanisms of seven warm season turf grass-soil drying. *Crop Science*, 37, 1858-1663
17. Jensen, K. B., Waldron, B. L., Peel, M. D., Robins, J. G., & Monaco, T. A. (2007). Forage quality of irrigated pasture species as affected by irrigation rate. In Proceedings of the *XXVIIth Eucarpia symposium on improvement of fodder crops and amenity grasses*. August. Copenhagen, Denmark
18. Jensen, K. B., Asay, K. H., Waldron, B. L., Johnson, D. A., & Monaco, T. A. (2003). Forage quality traits of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal*, 95, 668-675.
19. Kantwa, S. R., & Meena, N. L. (2002). Effect of irrigation, phosphorus and PSB on growth and yield of mustard. *Annals of Agricultural Research*, 23(3), 456-460.
20. Kipnis, T., Krivat, G., Dvash, L., Granoth, I., & Jonathan, R. (1994). Yield and quality of forage sorghum as affected by water supply. In: Proceedings of the *15th General Meeting of the European Grassland Federation*. June 6-9. Wageningen, The Netherlands. pp. 173-176.
21. Kirda, C. (2000). *Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance*. Publishing and Multimedia service, Information Division, FAO, Rome, Italy.
22. Nagajaran, S., Rane, J., Maheswari, M., & Gambhir, P. (1999). Effect of post anthesis water stress on accumulation of dry matter, carbon and nitrogen and their partitioning of dry matter, carbon and nitrogen and their partitioning in wheat varieties differing in drought tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 183, 129-136
23. Okon, Y., & Kapulnik, Y. (1986). Development and functions of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant and Soil*, 86, 3-16.
24. Ortega-Ochoa, C. (2005). *Effect of levels of irrigation on forage standing crop and quality of Dahl (Bothriochloa bladhii) pasture under summer grazing*. Ph.D. dissertation. Texas Tech University
25. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. & Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1189-1202.
26. Schneider, E. C., & Gupta, S. C. (1985). Corn emergence as influenced by soil temperature matric potential and aggregate size distribution. *Soil Science Society of America Journal*. 49, 415-422
27. Sharma, A. K. (2002). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios India Publications. pp. 424.
28. Somasegaran, P., & Hoben, H. J. (1994). *Hand book for rhizobia: Methods in legume-Rhizobium technology*. New York. Springer-Verlag, U. S. A.
29. Turan, M., Ataoglu, N., & Sahin, F. (2006). Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28, 99-108.
30. Türk, M., Albayrak, S., Balabanli, C., & Yüksel, O. (2009). Effects of fertilization on root and leaf yields and quality of forage turnip (*Brassica rapa L.*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 339-342
31. Umale, S. M., Thosar, V. R., Chorey, A. B., & Chimote, A. N. (2002). Growth responses of soybean to phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus levels. *Journal of Soils and Crops*, 12 (2), 258-261.
32. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant and Soil*. 255, 571-586.
33. Wang, H., Zhang, L., Dawes, W. R. & Liu, C. (2001). Improving water use efficiency of irrigated crops in North China plain- measurements and modeling. *Agricultural Water Management*, 48, 151-167
34. Ward, J. D., Redfearn, D. D., McCormick, M. E., & 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
35. Weinberg, Z. G., Landau, S. Y., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S., & Dvash, L. (2005). Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop in Israel. In: R. S. Park, & M. D. Stronge, (Ed), In Proceedings of the *15th International Silage Conference*. July 3-6. Belfast, Northern Ireland. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p. 169.