دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و نه، ۱۳۹۶

تأثیر منابع کودی مختلف بر رشد و عملکرد علوفه‌ی یونجه

محمدرضا نادری[۱]

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۳۱

چکیده

تغذیه بهینه‌ی گیاه، نقش مهمی در بهبود رشد و عملکرد آن و افزایش کارآیی استفاده از نهاده‌ها دارد. مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی تأثیر منابع کودی مختلف، شامل کود بیولوژیک محتوی مایه تلقیح باکتری ریزوبیوم ملیلوتی، عصاره جلبک دریایی، کود محتوی عناصر کم‌مصرف و کود اوره، بر رشد و عملکرد علوفه‌ی یونجه، طی سال ۱۳۹٤ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی مجتمع کشاورزی و دامپروری ورامین به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که کاربرد برگی کود اوره و کاربرد خاکی کود بیولوژیک تأثیر معنی‌دار بر رشد و عملکرد علوفه‌ی یونجه نداشت. این در حالیست که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و کود مولتی‌میل، به ترتیب موجب افزایش ۱۲/۷ و ۲٤/۷ درصدی عملکرد علوفه‌ی خشک یونجه نسبت به تیمار شاهد گردید. علاوه‌براین، تأثیر محلول‌پاشی کود مولتی‌میل بر عملکرد علوفه‌ی یونجه بیشتر از عصاره جلبک بود، به‌طوری‌که افزایش عملکرد ناشی از محلول‌پاشی کود مولتی‌میل، ۱۲ درصد بیشتر از افزایش عملکرد ناشی از محلول‌پاشی عصاره جلبک بود. بنابراین، نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و کود محتوی عناصر کم‌مصرف می‌تواند با بهبود مؤلفه‌های رشدی یونجه و تولید ماده خشک بیشتر به ازای هر واحد از نهاده‌های مصرفی، موجب افزایش عملکرد و کارآیی استفاده از منابع در این گیاه ارزشمند شود.

واژه‌های کلیدی: کود بیولوژیک، کود شیمیایی، عصاره جلبک دریایی، عناصر کم‌مصرف

نادری، م.ر. ۱۳۹٦. تأثیر منابع کودی مختلف بر رشد و عملکرد علوفه‌ی یونجه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۹: ۱٦۸-۱۵٦.

۱- پژوهشگر مرکز تحقیقات، توسعه و کیفیت سازمان اتکا. پست الکترونیک: mr_naderi2011@yahoo.com

مقدمه

در میان ۱۷ عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاه، نیتروژن بیشترین نقش را در افزایش تولید محصولات زراعی دارد (آیولاخ و مالهی، ۲۰۰۵). از این رو، تأمین مقدار کافی نیتروژن طی دوره رشد گیاه جهت دستیابی به حداکثر رشد و عملکرد گیاه زراعی، ضروری می‌باشد (الیا و کونورسا، ۲۰۱۲). نیتروژن از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر افزایش میزان جذب تشعشع خورشیدی، فتوسنتز، کارآیی مصرف نور (مختاصی-بیدگلی و همکاران، ۲۰۱۳) و کارآیی مصرف آب (مورل و همکاران، ۲۰۱۱)، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نقش بی‌بدیل نیتروژن در افزایش تولید محصولات غذایی منجر به رواج گسترده‌ی استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و متعاقباً افزایش عملکرد محصولات زراعی در سیستم‌های کشاورزی مرسوم شده است (نادری و همکاران، ۱۳۹۲). این در حالیست که حدود ٤٠ تا ۷۰ درصد از نیتروژن کودهای شیمیایی بر اثر فرآیندهایی نظیر آبشویی نیترات و شوره‌زدایی (دنیتریفیکاسیون) به درون محیط نشت کرده و معضلات زیست محیطی متعددی را به وجود می‌آورد (لیو و همکاران، ۲۰۰٦).

ممکن است از طریق کاربرد برگی (محلول‌پاشی) اوره، که رایج‌ترین کود شیمیایی نیتروژنه محسوب می‌شود، بتوان عملکرد و کیفیت محصول را افزایش داد و در عین حال، از میزان اتلاف نیتروژن بر اثر آبشویی نیترات و شوره‌زدایی نیز کاست (آباد و همکاران، ۲۰۰٤). با این وجود، نتایج متناقضی در ارتباط با واکنش عملکرد گیاه نسبت به کاربرد برگی اوره گزارش شده است و تنها در صورتی عملکرد محصول بر اثر محلول‌پاشی اوره افزایش خواهد یافت که مقدار کاربرد نیتروژن در دفعات قبل کمتر از مقدار بهینه بوده باشد (آباد و همکاران، ۲۰۰٤). علاوه‌براین، به نظر می‌رسد که در نواحی با مقدار بارش بیشتر، احتمال افزایش عملکرد محصول در نتیجه‌ی کاربرد برگی اوره نیز بیشتر است، چرا که در این نواحی، پتانسیل عملکرد بالاتر بوده و آبشویی نیترات نیز شدیدتر می‌باشد (گودینگ و دیویس، ۱۹۹۲).

از دیگر منابع تأمین حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی می‌توان به استفاده از کودهای بیولوژیک به‌ویژه باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره نمود. گروه خاصی از باکتری‌های گرم منفی خاک که در مجموع تحت عنوان ریزوبیوم نامیده می‌شوند دارای توانایی منحصربه‌فردی در برقراری رابطه‌ی همزیستی با ریشه‌ی گیاهان خانواده لگوم و تشکیل گره‌های تثبیت نیتروژن بر سطح ریشه‌های این گیاهان می‌باشند. در این همزیستی، باکتری‌های ریزوبیوم با استفاده از آنزیم نیتروژناز خود، نیتروژن موجود در اتمسفر را تثبیت می‌نمایند که بخشی از این نیتروژن به مصرف گیاه میزبان می‌رسد و بخش دیگر آن برای استفاده گیاه بعدی در خاک باقی می‌ماند. بنابراین، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم هم از لحاظ کشاورزی و هم از لحاظ اکولوژیکی دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است، چراکه طی این روش مقدار قابل توجهی نیتروژن در اختیار گیاه میزبان قرار می‌گیرد و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود و ضمن آنکه این روش برخلاف کودهای شیمیایی نیتروژنه هیچ‌گونه تأثیر منفی بر منابع آب و خاک و سلامت محصولات تولید شده نخواهد داشت (استیسی، ۲۰۰۷). علاوه بر این، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن منجر به افزایش تنوع زیستی خاک و در نتیجه کاهش خطرات تهدیدکننده پایداری سیستم‌های کشاورزی نیز می‌گردد. با این وجود، کارآیی این روش وابسته به عوامل متعددی نظیر گونه‌ی گیاه و باکتری، روش کاربرد، شرایط نگه‌داری مایه تلقیح، شرایط اقلیمی منطقه، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک مزرعه و غیره می‌باشد.

آب دریا سرشار از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز برای رشد گیاهان زراعی است (ورکلیجی، ۲۰۱۲). بنابراین از فرآورده‌های دریایی می‌توان به‌عنوان کودهای آلی جهت تأمین حاصلخیزی خاک استفاده نمود (لوپز-موسکوئرا و همکاران، ۲۰۱۱). جلبک‌های دریایی یکی از این فرآورده‌ها هستند که طی سال‌های اخیر استفاده از آن‌ها در سیستم‌های کشاورزی به‌ویژه سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و کم‌نهاده روبه گسترش می‌باشد. این جلبک‌ها برای قرن‌های متمادی به‌عنوان یک کود طبیعی در مزارع کشاورزیِ بسیاری از مناطق ساحلی جهان مورد استفاده قرار می‌گرفتند. امروزه مشخص شده است که جلبک‌های دریایی ساختار خاک را بهبود می‌بخشند و با افزایش ماده‌ی آلی خاک سبب ارتقای فعالیت ریزجاندارن سودمندی که در ناحیه ریزوسفر گیاه زراعی فعالیت می‌کنند، می‌شوند (لوپز-موسکوئرا و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه‌براین، عصاره‌ی این جلبک‌ها محتوی برخی از ریزمغذی‌های مورد نیاز گیاه نظیر آهن، روی، مس، منگنز، مولیبدن و همچنین هورمون‌های محرک رشد گیاه به‌ویژه سیتوکنین می‌باشد و ازاین‌رو، به‌منظور ارتقای رشد گیاه، جلوگیری از اثرات مخرب ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر رشد و عملکرد گیاه

زراعی و بهبود کیفیت محصول تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ورکلیجی، ۲۰۱۲).

در خاک‌های مناطق خشک، بالا بودن pH، پایین بودن ماده‌ی آلی، انجام آبیاری منظم و فشردگی خاک موجب کاهش فراهمی عناصر کم‌مصرف (به‌ویژه روی، منگنز و آهن) برای گیاهان زراعی می‌شود (الساوی و محمِد، ۲۰۰۲). در چنین خاک‌هایی، کاربرد برگی عناصر غذایی کم‌مصرف می‌تواند مکملی ارزشمند برای کودهای افزوده شده به خاک باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳). بسیاری از مطالعات، اثرات مثبت کاربرد برگی عناصر کم‌مصرف بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مختلف نظیر سویا، پنبه و گندم را گزارش نموده‌اند (برنال و همکاران، ۲۰۰۷؛ دورداس، ۲۰۰۹؛ سیموگلو و دورداس، ۲۰۰۶).

یونجه، مهمترین گیاه علوفه‌ای جهان است و در عین حال، دارای نیاز آبی بالایی نیز می‌باشد. بنابراین، با تغذیه بهینه یونجه و در نتیجه، افزایش عملکرد آن در واحد سطح، می‌توان عملکرد و کارآیی مصرف آب این محصول با ارزش را بهبود بخشید. نتایج بسیاری از مطالعات پیشین حاکی از بهبود عملکرد علوفه یونجه در پاسخ به کاربرد کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی هستند (التگانی و عبدالرحمان، ۲۰۱۳؛ دلیچ و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژای، ۲۰۱۲؛ السید و همکاران، ۲۰۱۵؛ سوسنوسکی و همکاران، ۲۰۱۴؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲؛ گروال، ۲۰۰۱). از این رو، با توجه به اهمیت بسیار زیاد یونجه و ضرورت افزایش عملکرد آن در واحد سطح، مطالعه‌ی حاضر با هدف ارزیابی تأثیر منابع کودی مختلف، شامل کود بیولوژیک محتوی مایه تلقیح باکتری رایزوبیوم ملیلوتی، کود شیمیایی اوره، عصاره جلبک دریایی و کود محتوی عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز، بُر و مس، بر رشد و عمکرد علوفه‌ی یونجه به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر کاربرد منفرد و همچنین کاربرد ترکیبی فرم‌های مختلف کودی بر رشد و عملکرد علوفه یونجه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بخشی از مزرعه‌ی یونجه مجتمع دامپروری و کشاورزی ورامین به اجرا در آمد. نتایج آزمون خاک مزرعه‌ی مورد استفاده برای اجرای این طرح، در جدول ۱ ارائه گردیده است. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش دربرگیرنده دو سطح کود بیولوژیکِ بیومدیکا (شامل کاربرد بیومدیکا با مقدار توصیه شده و عدم کاربرد بیومدیکا)، سه سطح محلول‌پاشی ریزمغذی (شامل محلول‌پاشی به وسیله عصاره جلبک دریایی سی‌پاور[1] با مقدار توصیه شده، محلول‌پاشی به وسیله مولتی‌میل[2] با مقدار توصیه شده و بدون محلول‌پاشی) و دو سطح کود شیمیایی (شامل کاربرد برگی کود اوره با مقدار توصیه شده برای یونجه و عدم کاربرد برگی کود اوره) بودند، که طی سه چین متوالی، تأثیر آن‌ها بر رشد و عملکرد علوفه یونجه مورد ارزیابی قرار گرفت. در جدول ۲، لیست تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش ارائه گردیده است.

به‌منظور اعمال تیمارها، پس از برداشت چین چهارم یونجه، بخشی از مزرعه که از لحاظ پوشش گیاهی دارای یکنواختی مناسبی بود، با استفاده از نخ نایلونی و میخ‌های چوبی به سه بلوک (هر یک با ابعاد ۳ × ۴۷ متر) تقسیم‌بندی شد. مابین هر بلوک با بلوک بعد نیز ۱ متر فاصله در نظر گرفته شد. بنابراین، ابعاد کلی قطعه مزرعه مورد استفاده جهت اجرای این آزمایش ۱۱ × ۴۷ متر بود. سپس هر بلوک به ۱۲ کرت (هر یک با ابعاد ۳ × ۳ متر) تقسیم گردید و بین هر کرت با کرت بعد نیز ۱ متر فاصله در نظر گرفته شد. پس از کرت‌بندی بلوک‌ها، تیمارهای مورد مطالعه به‌صورت تصادفی درون کرت‌های هر بلوک آرایش یافتند.

کود بیولوژیک بیومدیکا ساخت شرکت فناوری زیستی مهرآسیا و محتوی مایه تلقیح باکتری رایزوبیوم ملیلوتی[3] (باکتری اختصاصی یونجه) بوده و مقدار توصیه شده‌ی آن در روش کاربرد توسط آب آبیاری، ٤ لیتر مایه تلقیح در ٤۰۰ لیتر آب می‌باشد. طبق توصیه شرکت سازنده، بهترین روش کاربرد بیومدیکا، روش بذرمال است، اما به دلیل آنکه این آزمایش پس از استقرار بوته‌های یونجه و از چین چهارم به بعد به اجرا درآمد، لذا به ناچار از روش مصرف توسط آبِ آبیاری به‌منظور کاربرد کود بیومدیکا استفاده شد. در تیمارهای مربوطه، مقدار توصیه‌شده از کود بیولوژیک بیومدیکا طی دو مرتبه و به ترتیب، در روزهای دهم و سیزدهم پس از برداشت چین‌های چهارم و پنجم همراه با آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور و به جهت کاهش مرگ و میر باکتری‌ها، ابتدا سطح خاک کرت‌ها را اندکی مرطوب نموده، سپس مقدار توصیه‌شده برای این کود را به‌طور یکنواخت با استفاده از یک سمپاش نو در فاصله بین ردیف‌های یونجه بر سطح خاک اسپری کرده و بلافاصله یک آبیاری سبک انجام شد.

1- Sea Power
2- Multi Mill
3- *Rhizobium meliloti*

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه‌ی مورد استفاده برای اجرای طرح آزمایشی

کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	TNV (٪)	رس (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	بافت خاک
۱/۰۵	۰/۰۹	۲۸/۵۰	۳۵۸/۹۰	۸/۵٦	۱/۵۸	۱۵/٦۱	۳۷/۸۰	۲۱/٦۰	٤۰/۳۳	لوم رسی

جدول ۲- لیست تیمارهای مورد مطالعه

کد تیمار	شرح تیمار
۱	کود بیولوژیک بیومدیکا + مولتی‌میل + کود اوره
۲	کود بیولوژیک بیومدیکا + مولتی‌میل
۳	کود بیولوژیک بیومدیکا + عصاره جلبک سی‌پاور + کود اوره
٤	کود بیولوژیک بیومدیکا + عصاره جلبک سی‌پاور
۵	کود بیولوژیک بیومدیکا + کود اوره
٦	کود بیولوژیک بیومدیکا
۷	مولتی‌میل + کود اوره
۸	مولتی‌میل
۹	عصاره جلبک سی‌پاور + کود اوره
۱۰	عصاره جلبک سی‌پاور
۱۱	کود اوره
۱۲	بدون کود بیولوژیک، عصاره جلبک، مولتی‌میل و اوره (شاهد)

در تیمارهایی که دربرگیرنده محلول‌پاشی عصاره جلبک سی‌پاور و کود مولتی‌میل یا کاربرد برگی کود اوره بودند، بر حسب نوع تیمار، یک-سوم از مقدار توصیه شده این کودها در مقدار کافی آب حل شده و محلول حاصل، طی سه مرتبه و به ترتیب در روزهای دهم، سیزدهم و هجدهم پس از برداشت چین‌های چهارم، پنجم و ششم با استفاده از یک سمپاش نو بر سطح پوشش گیاهی یونجه پاشیده شد. مقدار توصیه شده‌ی عصاره جلبک سی‌پاور، کود مولتی‌میل و کود اوره به ترتیب برابر با ۱۵۰ گرم در ۱۰۰ لیتر آب، ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و ۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. سی‌پاور متشکل از عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوزوم می‌باشد که با نیتروژن و پتاسیم غنی شده و بر حسب وزن، محتوی ۱۰ درصد نیتروژن، ۳ درصد اکسیدپتاسیم، ۲۰ درصد ماده آلی و ۳۰ درصد آمینواسید است. کود مولتی‌میل نیز بر حسب وزن، محتوی ۵ درصد آهن، ۵ درصد روی، ٤ درصد منگنز، ۱ درصد بُر و ۱ درصد مس می‌باشد.

ارزیابی تأثیر این منابع کودی بر رشد و عملکرد یونجه طی سه چین متوالی (پنجم، ششم و هفتم) با اندازه‌گیری صفاتی نظیر ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد گره تثبیت نیتروژن تشکیل شده بر روی ریشه یونجه صورت پذیرفت. بدین منظور، از هر کرت ۱۰ بوته به تصادف انتخاب شد و بخش هوایی آن‌ها از کف زمین قطع گردید و با قرار دادن بوته‌های برداشت شده در کیسه‌های پلاستیکی و انتقال آن‌ها به مکان مناسب، ارتفاع بوته و تعداد شاخه اندازه‌گیری شد. سپس، برگ‌ها و ساقه‌های مربوط به هر کرت درون پاکت‌های جداگانه ریخته شده و پس از ۲۰ روز هواخشک نمودن آن‌ها در سایه، وزن خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و عملکرد علوفه‌ی خشک با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سطح برگ بوته‌ها نیز بر مبنای رابطه‌ی آن با وزن خشک برگ و با استفاده از رابطه‌ی ۱ که توسط شارات و بیکر (۱۹۸۵) پیشنهاد شد، محاسبه گردید.

$$LA = 28.7 LDM^{0.993} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، LA سطح برگ بر حسب مترمربع و LDM وزن خشک برگ بر حسب کیلوگرم می‌باشد. سرعت رشد محصول (CGR) و دوام سطح برگ (LAD) نیز به ترتیب با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند.

$$CGR\,(\mathrm{g\ m^{-2}\ day^{-1}}) = \frac{DM_2 - DM_1}{t_2 - t_1} \qquad (۲)$$

$$LAD\,(\mathrm{m^2.day}) = \left(\frac{LA_1 + LA_2}{2}\right) \times (t_2 - t_1) \quad (۳)$$

که در این روابط، DM_1 و DM_2 به ترتیب وزن خشک اندام هوایی (برحسب گرم بر مترمربع) در زمان آغاز رشد مجدد بوته‌های یونجه پس از برداشت چین قبل و در زمان برداشت چین بعد، t_2-t_1 فاصله زمانی بین دو چین متوالی (بر حسب روز) و LA_1 و LA_2 به ترتیب سطح برگ یونجه (بر حسب مترمربع) در زمان آغاز رشد مجدد بوته‌های یونجه پس از برداشت چین قبل و در زمان برداشت چین بعد می‌باشند. در هر دو رابطه، به دلیل ناچیز بودن وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ یونجه در زمان آغاز رشد مجدد بوته‌ها، مقدار DM_1 و LA_1 صفر در نظر گرفته شد.

برای تعیین کارآیی مصرف نور (RUE)، ابتدا با استفاده از تعداد ساعات آفتابی و توسط رابطه انگستروم (رابطه ٤) میزان تشعشع خورشیدی روزانه (R_s) برآورد گردید (پوهلرت، ۲۰۰٤).

$$R_s = R_a\left(A + B\left(\frac{n}{N}\right)\right) \quad (٤)$$

که در این رابطه، R_s تشعشع خورشیدی روزانه برحسب مگاژول بر مترمربع بر روز، R_a تشعشع فرازمینی روزانه برحسب مگاژول بر مترمربع بر روز، A و B ضرایب تجربی، n تعداد ساعات آفتابی و N طول روز برحسب ساعت می‌باشند. براساس میانگین ۱۲ ماه سال، ضرایب A و B برای شهرستان تهران به ترتیب برابر ۰/۲۹ و ۰/٤٦ هستند (آقا شریعتمداری و همکاران، ۱۳۹۰).

سپس با ضرب تشعشع خورشیدی روزانه (R_s) در مقدار ۰/٤٥، تشعشع فعال فتوسنتزی روزانه (PAR_0) به دست آمد (مادونی و اوتگوی، ۱۹۹٦). در نهایت، تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده (PAR_i) نیز با استفاده از رابطه‌ی لامبرت–بیر (رابطه ۵) و براساس شاخص سطح برگ و ضریب استهلاک نورِ کانوپی یونجه محاسبه گردید (جونگسچاپ، ۲۰۰۷).

$$PAR_i = (1-\rho)PAR_0(1-e^{-kLAI}) \quad (۵)$$

که در این رابطه، ρ ضریب بازتاب کانوپی (با مقدار ۰/۰۷) (مارسلیس و همکاران، ۱۹۹۸)، k ضریب استهلاک نور کانوپی (برای یونجه = ۰/۸۱) (تیکسیرا و همکاران، ۲۰۰۷) و LAI شاخص سطح برگ می‌باشند.

در نهایت کارآیی مصرف نور (RUE) (برحسب گرم ماده خشک تولیدی به ازای هر مگاژول تشعشع جذب شده) به صورت نسبت ماده خشک بخش هوایی یونجه (برحسب گرم بر مترمربع) به تشعشع تجمعی جذب شده توسط کانوپی (برحسب مگاژول بر مترمربع) محاسبه گردید (سادراس و همکاران، ۲۰۱۲).

برای محاسبه کارآیی مصرف آب (WUE) نیز، ابتدا با استفاده از رابطه‌ی زیر مقدار آب مصرفی در حد فاصل بین دو چین متوالی محاسبه شد.

«مقدار آب مصرفی در هکتار= تعداد دفعات آبیاری در حد فاصل بین دو چین × تعداد آبپاش‌ها در هکتار × تعداد ساعات کار کردن آبپاش‌ها × دبی خروجی هر آبپاش در ساعت»

تعداد دفعات آبیاری بین هر دو چین، سه مرتبه، تعداد آبپاش‌ها در هر هکتار، ۱٦ آبپاش، تعداد ساعات کار کردن آبپاش‌ها در هر مرتبه، سه ساعت و دبی خروجی آبپاش‌ها، در حدود ۵ مترمکعب بر ساعت بود. براین‌اساس، در فاصله بین دو چین یونجه، حدود ۲۱۰۰ مترمکعب آب در هکتار به مصرف می‌رسید. کارآیی مصرف آب (WUE) (برحسب گرم ماده خشک تولیدی به ازای هر لیتر آب مصرفی) به صورت نسبت ماده خشک علوفه تولیدی (برحسب گرم بر مترمربع) به مقدار آب آبیاری مصرف شده در طی رشد یونجه (برحسب لیتر بر مترمربع) برآورد گردید (مورل و همکاران، ۲۰۱۱).

به‌منظور تعیین تعداد گره‌های تثبیت نیتروژن تشکیل شده بر روی ریشه‌های یونجه، پس از برداشت تمامی بوته‌های درون کرت‌های تلقیح شده با باکتری، دو بوته به تصادف انتخاب شد، دور تا دور ریشه‌ها گودالی به عمق ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید و با ریختن آب در گودال اطراف ریشه‌ها و صرف زمان کافی تا هنگامی‌که خاک محتوی ریشه به طور کامل مرطوب شود، ریشه‌ها از خاک خارج شدند. سپس بقایای خاک چسبیده به ریشه‌ها با استفاده از آب شسته شده و گره‌های فعال روی ریشه (گره‌های صورتی رنگ) شمارش گردیدند.

داده‌های آب و هوایی مورد نیاز، شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه و تعداد ساعات آفتابی روزانه از ایستگاه هواشناسی ورامین به دست آمدند. تجزیه واریانس مرکبِ داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از رویه‌ی GLM توسط نرم‌افزار SAS صورت پذیرفت. مقایسات میانگین نیز توسط نرم‌افزار SAS و با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. محاسبه ضرایب همبستگی نیز با استفاده نرم‌افزار SigmaPlot انجام گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد مطالعه در چین‌های پنجم، ششم و هفتم

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	دوام سطح برگ	کارآیی مصرف نور	کارآیی مصرف آب
چین (C)	۲	۱۲/٤۰**	٦۸۳۱/۹۷**	۲۳٤٤۲۵/۷۵**	۸/۳۲**	۲۹۸/۰۵**	۱۹۳/۵۲**	۱/۸۱**	۲۸۱۲۷۲۰/۱٦**
خطای ۱ (بلوک داخل چین)	٦	۰/۰٦ns	۲۸/۲۷ns	۲۰٤۳/٤٦ns	۰/۰۷ns	۰/۵۷ns	۱۹/٤٦ns	۰/۰۳ns	۱۳۹۸۳/۵۱ns
کود بیولوژیک (B)	۱	۰/۰۵ns	۱/۲۲ns	۲۰۱/٤۵ns	۰/۰٦ns	۰/٦۲ns	۱۲/۳۱ns	۰/۰۲ns	۱۱۸۵۸/۰۵ns
محلول‌پاشی ریزمغذی (S)	۲	۱/۵۱**	۵۱۹/۰۰**	۲۱۲۲٤/۰۲*	۱/٦٦**	۱٤/۷۷**	٤۳۸/٦۲**	۰/٦۷**	۳٤۳۵٦۰/۳٦**
کود اوره (U)	۱	۰/۲۵ns	۱٦۵/۰۲ns	۱۳۲۷۷/۸۳ns	۰/۲۷ns	۳/۲۰ns	۵۵/۵۷ns	۰/۱۰ns	۵۷۱۷۸/۰۱ns
C × B	۲	۰/۰۱ns	۱۱/۳۵ns	٦۷۱/۲٤ns	۰/۰۱ns	۰/۲۱ns	۲/۵٤ns	۰/۰۱ns	۳۱۷۹/۳۵ns
C × S	٤	۰/۰۵ns	٦۸/۹۹ns	۸۹۹۵/٦۳ns	۰/۰٦ns	۰/٦۰ns	۱۹/۸۵ns	۰/۰۳ns	۱۲۵۱۰/٤۸ns
C × U	۲	۰/۱۹ns	۱۳۸/۵۲ns	۱٤۰٤۵/۵٤ns	۰/۲۱ns	۲/٦۲ns	۳۷/۵۱ns	۰/۰٦ns	٤۲۹۳٤/۹۵ns
B × S	۲	۰/۰٤ns	۰/۰۲ns	۳٦۷۹/۵۷ns	۰/۰۵ns	۰/٤۷ns	۱۱/۳٤ns	۰/۰۲ns	۹۵۷٦/۵۷ns
B × U	۱	۰/۲۷ns	۳/۵۲ns	٦٤۹٤/۵۰ns	۰/۳۰ns	۳/٦٦ns	۵۵/۵۹ns	۰/۱۱ns	٦۱۸۷۲/٤۵ns
S × U	۲	۰/۱۷ns	۸۲/۰۱ns	۱۱۷۲۹/۹۲ns	۰/۱۸ns	۲/۰۲ns	۳۸/۵۳ns	۰/۰٦ns	۳۷۸۲٦/٦۲ns
B × S × U	۲	۰/۲۷ns	۱۳/۸۸ns	۸۰٤/۲۲ns	۰/۳۰ns	۳/۳۳ns	٦۳/۱۱ns	۰/۱۱ns	٦۲۲۲۹/۲٤ns
C × B × S	٤	۰/۰٤ns	۸/۹۸ns	۳۵۲۸/۲۷ns	۰/۰۵ns	۰/۵۱ns	۹/۹۸ns	۰/۰۲ns	۹٦۱٦/۹٦ns
C × B × U	۲	۰/۲۳ns	۹/۸۹ns	۱۰۵٦۱/۱۷ns	۰/۲۵ns	۳/۲۲ns	٤۵/۲۷ns	۰/۰۹ns	۵۲۵۸۷/۷۳ns
C × S × U	٤	۰/۰۷ns	٤٤/٦٦ns	۵۵٤۳/۷۲ns	۰/۰۷ns	۰/۸۹ns	۱٤/۵۸ns	۰/۰۳ns	۱۵۱۷۸/۳٦ns
C × B × S × U	٤	۰/۱۰ns	٤/٤۷ns	٤۷۹۵/۱۱ns	۰/۱۱ns	۱/۵۷ns	۱۸/٤٤ns	۰/۰٤ns	۲۳۷۹٦/۲٦ns
خطای ۲ (باقیمانده)		۰/۱۱	٤۵/۵۰	٦۰٤۹/۲۷	۰/۱۲	۱/۲۵	۲٦/۱۵	۰/۰٤	۲۳۹٦۳/۸۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/٤٤	۱۱/٦۹	۱۸/۸۲	۱٦/٤۳	۱۸/٤۲	۱۵/٦۷	۱۱/۳٦	۱۷/٤٤

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشند

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که در میان فاکتورهای مورد بررسی، تنها زمان برداشت یونجه (چین) و محلول‌پاشی ریزمغذی اثر معنی‌دار بر صفات مورد بررسی داشتند (جدول ۳). تأثیر زمان برداشت یونجه بر تمامی صفات بسیار معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$)، در حالیکه محلول‌پاشی ریزمغذی بر صفت تعداد شاخه، اثر معنی‌دار ($P \leq 0.05$) و بر سایر صفات مورد مطالعه، اثر بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) داشت (جدول ۳). سایر فاکتورها و همچنین اثرات متقابل، تأثیر معنی‌دار بر صفات مورد بررسی نداشتند (جدول ۳).

تأثیر زمان برداشت علوفه (چین) بر رشد و عملکرد یونجه

مقایسات میانگین مربوط به تأثیر زمان برداشت یونجه (چین) بر صفات مورد مطالعه نشان داد که در مورد تمامی صفات، بالاترین مقدار مربوط به چین پنجم بوده است (جدول ٤). بر این اساس، بالاترین میزان عملکرد علوفه‌ی خشک، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در مترمربع، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، دوام سطح برگ، کارآیی مصرف نور و کارآیی مصرف آب، به ترتیب با ۲/٤۹ تن در هکتار، ٦۹/۲۸ سانتی‌متر، ۵۰۵/۵٦ شاخه، ۲/٦۱، ۹/۲۱ گرم بر مترمربع بر روز، ۳۵/۲۸ مترمربع در روز، ۲/۱۰ مگاژول بر مترمربع و ۱۱۸٤/۵٤ گرم بر مترمکعب، متعلق به چین پنجم یونجه بود (جدول ٤). در میان چین‌های مورد بررسی، کمترین مقدار صفات مورد مطالعه نیز مربوط به چین هفتم بود، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در طی دوره اجرای آزمایش، با گذشت زمان، عملکرد علوفه و صفات رشدی یونجه با کاهش معنی‌دار مواجه گردید (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسات میانگین مربوط به تأثیر زمان برداشت یونجه (چین) بر صفات مورد مطالعه

چین	عملکرد علوفه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه در مترمربع	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع بر روز)	دوام سطح برگ (مترمربع در روز)	کارآیی مصرف نور (گرم بر مگاژول)	کارآیی مصرف آب (گرم بر مترمکعب)
پنجم	۲/٤۹a	٦۹/۲۸a	۵۰۵/۵٦a	۲/٦۱a	۹/۲۱a	۳۵/۲۸a	۲/۱۰a	۱۱۸٤/۵٤a
ششم	۱/۷۸b	٦۱/۳۳b	۳۷۷/۵۰b	۱/۸۸b	۵/٤۰b	۳۱/٦۲b	۱/۷۸b	۸٤۹/۱۷b
هفتم	۱/۳۲c	٤۲/٤٦c	۳۵٦/٤٦b	۱/۷۱c	۳/۵۷c	۳۰/۹۹b	۱/٦۸c	٦۲۹/۵۰c

* در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

همانگونه‌که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، عملکرد و اجزای عملکرد علوفه یونجه (شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه در مترمربع) با تمامی شاخص‌های رشدی مورد مطالعه (شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، دوام سطح برگ، کارآیی مصرف نور و کارآیی مصرف آب) دارای همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) می‌باشند. این بدان معناست که طی بازه زمانی مورد مطالعه، کاهش معنی‌دار سرعت رشد محصول بر اثر کاهش شاخص و دوام سطح برگ و متعاقباً کاهش جذب تشعشع خورشیدی و کارآیی مصرف نور، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد علوفه‌ی یونجه در طی دوره اجرای آزمایش گردیده است (جدول ٤). اکنون، با توجه به اینکه میان شاخص‌های رشدی مزبور و میانگین درجه حرارت هوا و تشعشع خورشیدی طی هر چین نیز رابطه‌ای مستقیم وجود دارد (جدول ۵)، اینگونه می‌توان استنباط کرد که دلیل اصلی کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه‌ی یونجه در بازه زمانی مورد مطالعه، چیزی نبوده است جز، کاهش میانگین درجه حرارت هوا و تشعشع خورشیدی. میانگین درجه حرارت هوا در طی چین‌های پنجم، ششم و هفتم، به ترتیب برابر با ۳۰/۹٦، ۲٦/۷٦ و ۲۱/۲۷ درجه سانتیگراد و میانگین تشعشع خورشید در طی این چین‌ها، به ترتیب ۲٤/۸۹، ۲۱/٤۵ و ۱٦/٦۸ مگاژول بر مترمربع بود، که بیانگر کاهش هر دو پارامتر آب و هوایی مورد مطالعه در طی دوره اجرای آزمایش می‌باشد. به‌هرحال، به نظر نمی‌رسد که چنین استنباطی صحیح باشد، چرا که مطالعات پیشین نیز همانند مطالعه‌ی حاضر، کاهش جذب تشعشع خورشیدی و متعاقباً، کاهش کارآیی فتوسنتز گیاه (کاهش کارآیی مصرف نور) را به عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد علوفه‌ی یونجه طی ماه‌های پایانی فصل تابستان گزارش کرده‌اند (اوانز و پیادن، ۱۹۸٤؛ سینکلیر و همکاران، ۱۹۹۳). اما این

کاهش رخ داده در کارآیی فتوسنتز گیاه، ناشی از کاهش درجه حرارت و تشعشع خورشیدی طی روزهای پایانی تابستان نمی‌باشد، بلکه افزایش شدید درجه حرارت هوا طی اوایل تابستان موجب می‌شود تا کارآیی تعرق و فتوسنتز گیاه (کارآیی مصرف نور) و بنابراین، عملکرد علوفه یونجه در اواخر تابستان با کاهش مواجه گردد (سینکلیر و همکاران، ۱۹۹۳).

جدول ۵- ضرایب همبستگی میان صفات یونجه و میانگین درجه حرارت هوا و تشعشع خورشیدی در طی هر چین

	Y	***H***	***S***	***LAI***	***CGR***	***LAD***	***RUE***	***WUE***	T_{ave}	R_s
Y	۱									
H	۰/۸۳**	۱								
S	۰/۶۷**	۰/۵۸**	۱							
LAI	۰/۹۸**	۰/۷۴**	۰/۶۵**	۱						
CGR	۰/۹۸**	۰/۸۳**	۰/۶۸**	۰/۹۵**	۱					
LAD	۰/۷۸**	۰/۴۸**	۰/۴۵**	۰/۸۷**	۰/۶۷**	۱				
RUE	۰/۹۵**	۰/۷۱**	۰/۶۱**	۰/۹۸**	۰/۹۰**	۰/۹۲**	۱			
WUE	۰/۹۹**	۰/۸۳**	۰/۶۵**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۷۸**	۰/۹۵**	۱		
T_{ave}	۰/۷۹**	۰/۸۴**	۰/۵۸**	۰/۶۶**	۰/۸۵**	۰/۲۳*	۰/۵۸**	۰/۷۸**	۱	
R_s	۰/۷۸**	۰/۸۴**	۰/۵۷**	۰/۶۵**	۰/۸۵**	۰/۲۳*	۰/۵۷**	۰/۷۸**	۰/۹۹**	۱

(*Y*: عملکرد علوفه‌ی خشک (تن در هکتار)، *H*: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، *NS*: تعداد شاخه در مترمربع، *LAI*: شاخص سطح برگ، *CGR*: سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع بر روز)، *LAD*: دوام سطح برگ (مترمربع در روز)، *RUE*: کارآیی مصرف نور (گرم بر مگاژول)، *WUE*: کارآیی مصرف آب (گرم بر مترمکعب)، T_{ave}: میانگین درجه حرارت هوا در طی چین (درجه سانتی‌گراد)، R_s: میانگین تشعشع خورشیدی در طی چین (مگاژول بر مترمربع)

کاهش عملکرد علوفه‌ی یونجه طی اواخر تابستان، پدیده‌ای رایج می‌باشد که پیش از این در مطالعات مختلف بدان اشاره شده است (سینکلیر و همکاران، ۱۹۹۳). فلتنر و ماسنگال (۱۹۶۵) از این پدیده تحت عنوان «اُفت تابستانه[1]» یاد کردند و علت وقوع آن را به بالا بودن درجه حرارت هوا طی ماه‌های نخستین فصل تابستان نسبت دادند.

تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی-ریزمغذی بر رشد و عملکرد یونجه

محلول‌پاشی عصاره جلبک سی‌پاور یا کود مولتی‌میل باعث شد تا عملکرد علوفه یونجه و همچنین، سایر صفات و شاخص‌های رشدی مورد مطالعه، به‌طور معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد افزایش یابند. بر این اساس، محلول‌پاشی عصاره جلبک، به ترتیب موجب افزایش ۱۲/۷، ۱۲/۴، ۱۱/۷، ۱۱/۹، ۱۱/۶، ۱۳/۱، ۸/۸ و ۱۲/۹ درصدی عملکرد علوفه‌ی خشک، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در مترمربع، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، دوام سطح برگ، کارآیی مصرف نور و کارآیی مصرف آبِ یونجه در مقایسه با تیمار شاهد شد. این در حالیست که محلول‌پاشی کود مولتی‌میل، عملکرد علوفه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در مترمربع، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، دوام سطح برگ، کارآیی مصرف نور و کارآیی مصرف آبِ یونجه را در مقایسه با تیمار شاهد، به ترتیب به میزان ۲۴/۷، ۱۲/۳، ۹/۹، ۲۳/۲، ۲۳/۶، ۲۴، ۱۶/۴ و ۲۴/۸ درصد افزایش داد. بنابراین، تأثیر محلول‌پاشی کود مولتی‌میل بر عملکرد علوفه‌ی یونجه بیش از عصاره جلبک سی‌پاور بود، به‌طوری‌که این کود، عملکرد علوفه یونجه را ۱۲ درصد بیشتر از عصاره جلبک افزایش داد.

عملکرد بیولوژیک، حاصل‌ضرب سرعت رشد محصول در طول دوره‌ی رشد گیاه می‌باشد (لاولور، ۱۹۹۵). بهبود سرعت رشد محصول نیز عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ یا کارآیی مصرف نور است (لاولور، ۱۹۹۵). بنابراین، با توجه به جدول ۵، که نشان‌دهنده وجود همبستگی مثبت معنی‌دار میان عملکرد و اجزای عملکرد علوفه‌ی یونجه (شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه در مترمربع) با شاخص‌های رشدی مورد مطالعه است، می‌توان این گونه نتیجه گرفت که محلول‌پاشی عصاره جلبک و کود مولتی‌میل، از طریق افزایش شاخص و دوام سطح برگ و متعاقباً، افزایش جذب تشعشع و کارآیی مصرف نور، سبب بهبود سرعت رشد محصول و در نتیجه، افزایش عملکرد علوفه‌ی یونجه گردیده است.

1- Summer slump

تغذیه بهینه‌ی گیاه با افزایش ماده‌ی خشک بر اثر رشد سریع‌تر بوته‌ها و بهبود کارآیی تعرق (مورل و همکاران، ۲۰۱۱) و همچنین، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک به دلیل افزایش شاخص سطح برگ، می‌تواند سبب بهبود کارآیی مصرف آب شود (لاتیری–سوکی و همکاران، ۱۹۹۸). در مطالعه‌ی حاضر نیز با توجه به همبستگی بسیار قوی کارآیی مصرف آب با عملکرد علوفه‌ی خشک و شاخص سطح برگ و همچنین، با توجه به رابطه‌ی مستقیم عملکرد علوفه‌ی خشک با سرعت رشد محصول و کارآیی مصرف نور (جدول ۵)، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ماده خشک یونجه بر اثر بهبود سرعت رشد محصول و کارآیی مصرف نور و در عین حال، کاهش میزان تلفات ناشی از تبخیر آب به دلیل افزایش سطح برگ، دلایل احتمالی ارتقای کارآیی مصرف آب بوته‌های یونجه‌ی تیمار شده با عصاره جلبک و کود مولتی‌میل بودند. یونجه، گیاهی است که نیاز آبی بسیار بالایی دارد، بنابراین مصرف بهینه آب در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان دادند که از طریق بهبود تغذیه یونجه، می‌توان کارآیی مصرف آب را در این گیاه افزایش داد.

جدول ٦- مقایسات میانگین مربوط به تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی بر صفات و شاخص‌های مورد مطالعه

محلول‌پاشی	عملکرد علوفه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه در مترمربع	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع بر روز)	دوام سطح برگ (مترمربع در روز)	کارآیی مصرف نور (گرم بر مگاژول)	کارآیی مصرف آب (گرم بر مترمکعب)
عصاره جلبک سی‌پاور	۱/۸۷b	۵۹/۹۰a	٤۳۰/٤۹a	۲/۰۷b	٦/۰٦b	۳۲/۸٤b	۱/۸٦b	۸۹۰/٤٤b
کود مولتی‌میل	۲/۰۷a	۵۹/۸٦a	٤۲۳/٦۱a	۲/۲۸a	٦/۷۱a	۳٦/۰۱a	۱/۹۹a	۹۸٤/۰۵a
بدون محلول‌پاشی (شاهد)	۱/٦٦c	۵۳/۳۱b	۳۸۵/٤۲b	۱/۸۵c	۵/٤۳c	۲۹/۰٤c	۱/۷۱c	۷۸۸/۷۲c

* در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

عصاره جلبک دریایی نسل جدیدی از کودهای آلی است که محتوی مواد مغذی بسیاری مؤثری بوده و کاربرد آن در اراضی زراعی می‌تواند منجر به استقرار سریعتر گیاه و افزایش عملکرد محصول و مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی شود (سلوام و سیواکومار، ۲۰۱۳). برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره جلبک‌های دریایی تجزیه‌پذیر و غیرسمی است و سبب آلودگی محیط زیست و به خطر افتادن سلامت انسان‌ها، حیوانات و پرندگان نیز نمی‌شود. عصاره جلبک‌های دریایی به دلیل برخورداری از مقدار زیادی ماده آلی، عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، جایگزین بسیار مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشد (سلوام و سیواکومار، ۲۰۱۳). بسیاری از محققین تأثیر محرک رشدی عصاره جلبک‌های دریایی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مختلف نظیر یونجه، گندم، ماش سیاه، بادام زمینی، لوبیا و اسفناج را گزارش نموده‌اند (ژای، ۲۰۱۲؛ السید و همکاران، ۲۰۱۵؛ سوسنوسکی و همکاران، ۲۰۱٤؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲؛ کومار و شاهو، ۲۰۱۱؛ سلوام و سیواکومار، ۲۰۱۳؛ سریدهار رنگاسامی، ۲۰۱۰؛ ویجایاناند و همکاران، ۲۰۱٤؛ زو و لسکووار، ۲۰۱۵). نتایج مطالعات پیشین (ژای، ۲۰۱۲؛ السید و همکاران، ۲۰۱۵؛ سوسنوسکی و همکاران، ۲۰۱٤؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲) نشان داده‌اند که کاربرد عصاره جلبک‌های دریایی، با بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش تحمل نسبت به تنش‌های محیطی و ارتقای رابطه همزیستی ریزوبیوم–ریشه، موجب افزایش رشد و عملکرد علوفه یونجه می‌شود.

محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف یکی از روش‌های بسیار مؤثر به‌منظور برطرف نمودن علائم کمبود این عناصر در خاک‌های قلیایی است (موحدی–دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات مختلف ثابت کرده‌اند که محلول‌پاشی مقادیر اندک عناصر کم‌مصرف می‌تواند موجب افزایش عملکرد گیاهان زراعی شود (کرابتری، ۱۹۹۹ برای باقلای مصری؛ گادالاه، ۲۰۰۰ برای سویا؛ هِبرن، ۲۰۰۵ جو پاییزه؛ میرزاپور و خوش‌گفتار، ۲۰۰٦ برای آفتابگردان؛ موحدی–دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹ برای گلرنگ؛ سارکار و همکاران، ۲۰۰۷ برای گندم، خردل و سیب‌زمینی).

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌های دریایی و همچنین کود محتوی عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز، بُر و مس می‌تواند از طریق بهبود سرعت رشد محصول به واسطه‌ی ارتقای شاخص و دوام سطح برگ و متعاقباً، افزایش جذب تشعشع خورشیدی و کارآیی مصرف نور، سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد یونجه شود. بر این اساس، محلول‌پاشی عصاره جلبک و کود مولتی‌میل، به ترتیب سبب افزایش ۱۲/۷ و ۲٤/۷ درصدی عملکرد علوفه‌ی خشک یونجه نسبت به تیمار شاهد گردید. بنابراین، با کاربرد این کودها، می‌توان ضمن افزایش معنی‌دار عملکرد یونجه، با مصرف بهینه‌تر آب، کارآیی مصرف آب را نیز بهبود بخشید. با این وجود، از آنجایی که ممکن است کاربرد تلفیقی کودهای مزبور دارای اثر افزاینده باشد و یا حتی ممکن است کاربرد عصاره جلبک در تلفیق با کود اوره، سبب کاهش میزان مصرف کود شیمیایی گردد، بنابراین توصیه می‌شود که در آزمایشی مجزا به بررسی روابط متقابل میان این کودها با یکدیگر و همچنین، اثر متقابل عصاره جلبک با کود شیمیایی اوره پرداخته شود، چرا که در صورت وجود روابط متقابل افزاینده میان عصاره جلبک و کود مولتی‌میل و یا امکان جایگزینی بخشی از کود شیمیایی با عصاره جلبک، می‌توان به عملکردهای بالاتر و علوفه‌ای سالم‌تر دست یافت.

سپاسگزاری

از مسئولین مجتمع کشاورزی و دامپروری ورامین، که زحمات و حمایت‌های ایشان نقش به سزایی در اجرا و به ثمر رسیدن این طرح پژوهشی داشت، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

منابع

آقا شریعتمداری، ز.، ع. خلیلی، پ. ایران‌نژاد و ع. لیاقت. ۱۳۹۰. واسنجی و تغییرات سالانه ضرایب رابطه انگستروم- پرسکات (a و b) در مقیاس های زمانی مختلف (مطالعه موردی: ایستگاه تهران‌شمال (اقدسیه)). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(٤): ۹۱۱-۹۰۵.

نادری، م. ر.، ع. دانش شهرکی و ر. نادری. ۱۳۹۲. فناوری زیست‌پالایی و نقش آن در آماده‌سازی بستر مناسب جهت تولید محصولات غذایی ارگانیک. اولین همایش ملی یافته‌های نوین در علوم زیستی، ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا.

Abad, A., J. Lloveras and A. Michelena. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on durum wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. Field Crop Res. 87: 257-269.

Aulakh, M. S. and S. S. Malhi. 2005. Interactions of nitrogen with other nutrients and water: effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. Adv. Agron. 86: 341-409.

Bernal, M., R. Cases, R. Picorel and I. Yruela. 2007. Foliar and root Cu supply affect differently Fe- and Zn-uptake and photosynthetic activity in soybean plants. Environ. Exp. Bot. 60: 145-150.

Crabtree, W. L. 1999. Deep placement of Mn fertiliser on a sandy soil increased grain yield and reduced split seed in *Lupinus angustifolius*. Plant Soil 214: 9-14.

Delić D., O. Stajković-Srbinović and J. Knežević-Vukčević. 2016. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Sinorhizobium meliloti: prospects of using rhizobial inoculants in Serbia. Bot. Serbica. 40(1): 13-19.

Dordas, C. 2009. Foliar application of manganese increases seed yield and improves seed quality of cotton grown on calcareous soils. J. Plant Nutr. 32: 160-176.

El Sayed, S. A. A., F. A. Hellal, O. A. Nofal, M. F. EL-Karamany and B. A. Bakry. 2015. Influence of Algal Extracts on Yield and Chemical Composition of Moringa and Alfalfa Grown Under Drought Condition. Int. J. Environ. 4(2): 151-157.

Elia, A. and G. Conversa. 2012. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. Eur. J. Agron. 40: 64-74.

El-Sawi, S. A. and M. A. Mohamed. 2002. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. Food Chem. 77: 75-80.

Eltegani, A. B. A. and E. M. Abdel-Rahman. 2013. Impact of chicken manure and sowing methods on alfalfa (*Medicago sativa* L.) Growth, forage yield and some quality attributes. Int. J. Sudan Res. 3(1): 35-54.

Evans, D. W. and R. N. Peaden. 1984. Seasonal forage growth rate and solar energy conversion of irrigated vernal alfalfa. Crop Sci. 24: 981-984.

Feltner, K. C. and M. A. Massengale. 1965. Influence of temperature and harvest management on growth, level of carbohydrates in the roots, and survival of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Sci. 5: 585-588.
Gadallah, M. A. A. 2000. Effects of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. J. Arid Environ. 44: 451-467.
Gooding, M. J. and W. P. Davies. 1992. Foliar urea fertilization of cereals: a review. Fert. Res. 32: 209-222.
Grewal, H. S. 2001. Zinc influences nodulation, disease severity, leaf drop and herbage yield of alfalfa cultivars. Plant Soil. 234: 47-59.
Hebbern, C. A., P. Pedas, J. K. Schjoerring, L. Knudsen and S. Husted. 2005. Genotypic differences in manganese efficiency: field experiments with winter barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Soil. 272: 233-244.
Jongschaap, R. E. E. 2007. Sensitivity of a crop growth simulation model to variation in LAI and canopy nitrogen used for run-time calibration. Ecol. Model. 200: 89-98.
Khan, W., R. Zhai, A. Souleimanov, A. T. Critchley, D. L. Smith and B. Prithiviraj. 2012. Commercial Extract of *Ascophyllum nodosum* Improves Root Colonization of Alfalfa by Its Bacterial Symbiont *Sinorhizobium meliloti*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 43: 2425-2436.
Kumar, G. and D. Sahoo. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. J. Appl. Phycol. 23: 251-255.
Latiri-Souki, K., S. Nortcliff and D.W. Lawlor. 1998. Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. Eur. J. Agron. 9: 21-34.
Lawlor, D. W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. J. Exp. Bot. 46: 1449-1461.
Liu, X., Z. Feng, S. Zhang, J. Zhang, Q. Xiao and Y. Wang. 2006. Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slow or controlled release of fertilizers. Sci. Agri. Sin. 39: 1598-1604.
López-Mosquera, M. E., E. Fernández-Lema, R. Villares, R. Corral and B. C. Alonso. 2011. Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture. Proc. Environ. Sci. 9: 113-117.
Maddonni, G. A. and M. E. Otegui. 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. Field Crop Res. 48: 81-87.
Marcelis, L. F. M., E. Heuvelink and J. Goudriaan. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. Sci. Hort. 74: 83-111.
Mirzapour, M. H. and A. H. Khoshgoftar. 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. J. Plant Nutr. 29: 1719-1727.
Mokhtassi-Bidgoli, A., M. Agha-Alikhani, M. Nassiri-Mahallati, E. Zand, J. L. Gonzalez-Andujar and A. Azari. 2013. Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. Ind. Crop Prod. 44: 583-592.
Morell, F. J., J. Lampurlanes, J. Alvaro-Fuentes and C. Cantero-Martinez. 2011. Yield and water use efficiency of barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem: Long-term effects of tillage and N fertilization. Soil Till. Res. 117: 76-84.
Movahhedy-Dehnavy, M., S. A. M. Modarres-Sanavy and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Ind. Crop Prod. 30: 82-92.
Pohlert, T. 2004. Use of empirical global radiation models for maize growth simulation. Agr. Forest Meteorol. 126: 47-58.
Sadras, V. O., C. Lawson, P. Hooper and G. K. McDonald. 2012. Contribution of summer rainfall and nitrogen to the yield and water use efficiency of wheat in Mediterranean-type environments of South Australia. Eur. J. Agron. 36: 41-54.
Sarkar, D., B. Mandal and M. C. Kundu. 2007. Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. Plant Soil. 301: 77-85.
Selvam, G. G. and K. Sivakumar. 2013. Effect of foliar spray from seaweed liquid fertilizer of *Ulva reticulata* on *Vigna mungo* L. and their elemental composition using SEM-energy dispersive spectroscopic analysis. Asian Pac. J. Reprod. 2: 119-125.
Sharratt, B. S. and D. G. Baker. 1985. Alfalfa Leaf Area as a Function of Dry Matter. Crop Sci. 26(5): 1040-1043.
Simoglou, K. B. and C. Dordas. 2006. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. Crop Prot. 25: 657-663.

Sinclair, T. R. and H. C. Randall. 1993. Nitrogen and biomass accumulation by alfalfa under high temperatures of late summer. Field Crop Res. 31: 287-294.

Sosnowski, J., K. Jankowski, B. Wiśniewska-Kadżajan, J. Jankowska and R. Kolczarek. 2014. Effect of the extract from *Ecklonia maxima* on selected micro-and macroelements in aerial biomass of hybrid alfalfa. J. Elem. S. 4(1): 209–217.

Sridhar, S. and R. Rengasamy. 2010. Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. Rec. Res. Sci. Technol. 2(5): 73-80.

Stacey, G. 2007. The *Rhizobium*-Legume Nitrogen-Fixing Symbiosis. In: Bothe, H., Ferguson, S.J. and Newton, W.E. (Eds), Biology of the Nitrogen Cycle. Elsevier B.V.

Teixeira, E. I., D. J. Moot, H. E. Brown and K. M. Pollock. 2007. How does defoliation management impact on yield, canopy forming processes and light interception of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops? Eur. J. Agron. 27: 154-164.

Verkleij, F. N. 2012. Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: a Review. Biological Agriculture & Horticulture: Int. J. Sustainable Prod. Syst. 8: 309-324.

Vijayanand, N., S. Sivasangari Ramya and S. Rathinavel. 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pac. J. Reprod. 3(2): 150-155.

Xu, C. and D. I. Leskovar. 2015. Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiologyand nutrition value under drought stress. Sci. Hort. 183: 39-47.

Zhai, R. 2012. Effects of the Brown Seaweed, Ascophyllum nodosum, on the Nodulation and Growth of Alfalfa. Thesis for the degree of Master of Science, Faculty of agriculture, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia. 93 p.

Zhang, H., H. Yang, Y. Wang, Y. Gao and L. Zhang. 2013. The response of ginseng grown on farmland to foliar-applied iron, zinc, manganese and copper. Ind. Crops Prod. 45: 388-394.

Effect of various fertilizer sources on growth and hay yield of alfalfa

M.R. Naderi

Received: 2016-3-11 Accepted: 2016-9-12

Abstract

Optimum plant nutrition has an important role in improving its growth and yield and increasing the inputs use efficiency. The current study was performed with the aim of evaluating the effect of various fertilizer sources, including biofertilizer containing the *Rhizobium meliloti*, sea weed extract, fertilizer containing micronutrients and urea on growth and yield of alfalfa during 2015 at Varamin complex of agriculture and animal husbandry as factorial experiment in the form of complete randomized design with three replications. Results showed that foliar application of urea and soil application of biofertilizer did not have a significant effect on growth and yield of alfalfa. Whereas, foliar application of sea weed extract and multimill fertilizer (containing micronutrients) resulted in increasing the hay yield of alfalfa by 12.7 and 24.7%, respectively. Furthermore, foliar application of micronutrient had a greater effect on hay yield of alfalfa than the sea weed extract, as the yield increment resulted from foliar application of micronutrient was 12 percent more than that obtained from foliar application of sea weed extract. Therefore, results of this study showed that foliar application of sea weed extract and fertilizer containing micronutrients can increase the yield and inputs use efficiency of alfalfa through improving its growth parameters and production of higher dry matter per unit of inputs used by plant.

Key words: Biofertilizer, chemical fertilizer, sea weed extract, micronutrients