

بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفات‌هاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا

Effect of Use Microbial Zinc Granulated Phosphorous Bio fertilizer on Growth Indices of Bean

پریسا ناظری^۱، علی کاشانی^۲، کاظم خاوازی^۲، محمد رضا اردکانی^۲، مجتبی میرآخوری^۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات‌ها گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد لوبیا سفید رقم دانشگاه در شهرستان مهران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل استفاده از کود شیمیایی فسفر سوپرفسفات تریپل در ۵ سطح (عدم استفاده از کود شیمیایی، استفاده از ۲۵٪ کود شیمیایی فسفر، استفاده از ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، استفاده از ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر، استفاده از ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر و کود زیستی فسفر گرانوله حاوی روی در ۲ سطح (عدم استفاده از کود زیستی میکروبی فسفات‌ها، استفاده از کود زیستی میکروبی فسفر) مورد بررسی قرار گرفتند. صفاتی نظیر وزن خشک کل، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت آسمیلاسیون خالص (NAR)، اندازگیری شدند. برای دست‌یابی به روند تغییرات تجمع وزن خشک اندام هوایی در طول فصل رشد معادلات متعددی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تجمع ماده خشک تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی فسفر و کود زیستی میکروبی فسفات‌ها مصرفی قرار گرفته است، بطوری که سطوح ۷۵٪ و ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر و همچنین استفاده از کود زیستی میکروبی فسفات‌ها دارای بهترین وضعیت بودند و بیشترین وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی گیاه، سرعت جذب خالص گیاه در این تیمار مشاهده شدند.

واژه‌های کلیدی: لوبیا، وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، کود شیمیایی کود زیستی.

۱- کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، کرج، البرز، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، البرز، ایران

۳- موسسه تحقیقات آب و خاک

مقدمه

مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۱، ۳۲، ۱۳). والاس و همکاران ۱۹۷۲ بیان کردند که همواره یکی از مهمترین روش‌های اصلاح گیاهان در جهت عملکرد بالا، ارزیابی صفت فیزیولوژیک موثر در اختلاف عملکرد و نیز شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی آنها است. شواهد موجود بیانگر آن است که کلیه اجزاء فیزیولوژیک دارای درجه‌ای از تنوع ژنتیکی هستند (۲۱). به رغم تاکید بسیاری از محققان بر نقش تعیین کننده ویژگی‌های فیزیولوژیک در بهبود عملکرد گیاهان زراعی، هنوز مطالعات جامع و دقیقی در این زمینه صورت نگرفته است و محدودیت‌های مرفولوژیک موثر بر عملکرد شناخته نشده است (۲۱). مفاهیم اساسی آنالیز رشد و دلایل فیزیولوژیک آن بسیار روشن بوده و در منابع تشریح شده است (۵۲، ۳۲، ۹). شاخص‌های متعددی برای تجزیه و تحلیل رشد تشریح شده‌اند که اصولاً محاسبه آنها با اندازه‌گیری وزن خشک و سطح برگ تعدادی گیاه در فواصل زمانی مشخص تعیین می‌گردد (۱۴). معمول‌ترین راه دستیابی به تجزیه و تحلیل رشد شامل اندازه‌گیری در پارامتر مذکور در تعداد نسبتاً زیادی از گیاهان در فواصل زمانی یک یا دو هفته می‌باشد. در حال حاضر توجه جهان به کشاورزی نوین و بکارگیری علوم و فنون جدید برای به حداقل رساندن خسارت منابع و حداکثر بهره برداری از آن مطرح است (۳، ۴). در این حال استفاده از کودهای زیستی جهت حفظ حاصلخیزی خاک و بهبود رشد گیاهان زراعی در جهت افزایش تولید حبوبات یکی از راه‌های اساسی و مفید جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، تأمین امنیت غذایی، پایداری در تولید به نظر می‌رسد. فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و یکی از مهمترین عناصر در تولید محصول، تشکیل بذر، درکربن‌گیری گیاه، کاهش زمان رسیدن محصول و استحکام بیشتر ساقه غلات مؤثر است با وجود این، متأسفانه مصرف غیر اصولی و بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفره تأثیر زیان‌باری بر جامعه کشاورزی تحمیل نموده است

دانه لوبیا دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد هیدرات کربن می‌باشد بطوریکه در مقایسه با غلات ۲ تا ۳ برابر و نسبت به گیاهان نشاسته‌ای ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر دانه آن دارای پروتئین است (۲). شناخت دقیق فرایندهای فیزیولوژیک کنترل کننده عملکرد و استفاده بهینه از آنها در زراعت سبب افزایش عملکرد بالقوه گیاهان زراعی می‌شود، شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی برخوردار است و ثبات آن تعیین کننده مقدار ماده خشک تولیدی است که به نوبه خود معیاری از اجزاء عملکرد می‌باشد. هدف از محاسبه اجزای رشد تشریح چگونگی واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی است. تجزیه رشد روش با ارزشی در تجزیه و تحلیل کمی رشد و نمو گیاه و تولید محصولات بشمار می‌آید که برای اولین بار توسط بلاکمن، ۱۹۱۹ پیشنهاد شد. عواملی که جهت تعیین چگونگی رشد اجرای عملکرد استفاده می‌شود، شاخص‌های رشد نامیده شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۱۷، ۱۹). جهت آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبه به دست خواهد آمد. آنالیز رشد را می‌توان براساس تک بوته و در سطح معینی از زمین انجام (۳۰، ۹). شاخص سطح برگ که عبارت است از نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده بوسیله گیاه می‌باشد و در تراکم‌های بالا خیلی زودتر از تراکم‌های پایین به حداکثر می‌رسد. حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم پایین اگرچه دیرتر به حد نهایی می‌رسد ولی مقدار آن بیشتر است (۳۱). تولید و تجمع ماده خشک می‌تواند با دو شاخص مهم سرعت رشد محصولو سرعت رشد نسبی که از شاخص‌های مهم مورد استفاده در تجزیه و تحلیل رشد گیاه هستند، مطالعه گردد. سرعت رشد محصول افزایش وزن خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد که بطور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات بکار برده می‌شود. سرعت رشد محصول به بهترین شکل

به گل‌ها و افزایش نیتروژن و فسفر و پتاسیم و آلودگی آفت از ۷۱/۳ به ۶۴ درصد کاهش یافت. در نتیجه این تحقیق با هدف شناخت شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد گیاه لوییا به کود زیستی میکروبی فسفات‌هاوی و کود شیمیایی فسفر به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات‌هاوی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوییا سفید رقم دانشجو در ایستگاه تحقیقاتی مهران واقع در ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل استفاده از کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل در ۵ سطح (عدم استفاده از کود شیمیایی، استفاده از ۲۵٪ کود شیمیایی فسفره، استفاده از ۵۰٪ کود شیمیایی فسفره، استفاده از ۷۵٪ کود شیمیایی فسفره، استفاده از ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفره) و کود زیستی فسفره گرانوله حاوی روی در ۲ سطح (عدم استفاده از کود زیستی میکروبی فسفات‌ها، استفاده از کود زیستی میکروبی فسفره) مورد بررسی قرار گرفتند. نحوه اعمال تیمارهای بیولوژیکی به طور کلی بدین صورت بود که میکروارگانیسم‌های محرک غده سازی لوییا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شدند و سپس قبل از کاشت با بذور لوییا تلقیح شدند. سپس تیمارهای کود میکروبی فسفات‌هاوی بدین صورت که برای هر هکتار ۱۰۰ کیلوگرم کود زیستی فسفات‌هاوی گرانوله در نظر گرفته شد، اعمال گردید. قبل از کاشت کود میکروبی به علت گرانوله بودن به شکل نواری در تیمارهای شامل این کود قرار گرفت. تلقیح ریزوبیوم (به صورت پودر سفید) ماده چسباننده با مقداری آب کاملاً مخلوط و با بذور آغشته شد. سپس بذور را به روی ورق آلومینیومی در زیر سایه نزدیک زمین قرارداد شد تا خشک شوند بعد آنها را به صورت نواری

(کریمان، نجفعلی، ۱۳۷۷). استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر، ازت و برخی عناصر ریز مغذی، افزایش جذب آب، تولید هورمون‌های گیاهی، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی، تأثیر مثبت بر روی برخی میکروارگانیسم‌های خاکزی و همچنین بهبود خصوصیات کیفی و کمی محصولات زراعی مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند (اردکانی، ۱۳۷۸، شیرانی نژاد، ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، اسمیت و همکاران، ۱۹۹۴). کانتوا و مینا (۲۰۰۲) در آزمایشی بر روی خردل نتیجه گرفتند که حداکثر عملکرد دانه در تیمار واجد ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات به دست می‌آید و این تیمار شرایط خشکی را بهتر از سایر تیمارها تحمل می‌کند. نتایج تحقیقی در هند با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفره و کودهای زیستی (ریزوبیوم و باسیلوس) در ماش نشان داد که اثر متقابل بین میزان فسفر و کودهای زیستی معنی دار است. نتایج تحقیقات مختلف در خصوص کارایی میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات، موید نقش موثر آنها در افزایش عملکرد گیاهان زراعی چون کلزا، گندم و لوییا است (میلر و همکاران، ۱۹۹۲) (راجا و همکاران، ۲۰۰۲). محمودی (۱۳۸۵) گزارش کرد که استفاده از کودهای زیستی به خصوص تلقیح بذور نخود با ریزوبیوم در مقایسه با تیمار بدون تلقیح اثر مثبتی در افزایش غلظت ازت گیاهی و پروتئین دانه-فسفر گیاهی و افزایش ماده خشک دارد. ورزی و همکاران (۱۳۸۴) (به نقل از خاوازی ۱۳۸۴) با بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه، نتایج نشان داد که فسفات زیستی دارای تأثیر معنی داری بر روی تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه نبود ولی اثر معنی داری روی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی داشت. نیبل و همکاران ۲۰۰۵ (به نقل از خاوازی ۱۳۸۴) طی آزمایشی بر روی نقش کودزیستی بر روی رشد و عملکرد باقلا و کنترل آفات آن، نتایج نشان داد که کودزیستی تأثیر معنی داری روی وزن خشک، ساقه‌ها، نسبت ریشه به ساقه، نسبت غلاف

بود که پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت و همچنین حذف دو خط کناری به عنوان حاشیه، نمونه برداری در مساحت ۴/۸ متر مربع از اندامهای هوایی برداشت شده و بوته‌ها بلافاصله در درون کیسه‌های پلاستیکی قرارداد شده و جهت بررسی‌های مختلف به آزمایشگاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه اندامهای مختلف برگ و ساقه جدا شد و در درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفت و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و توسط ترازوی دقیق وزن شدند. به این ترتیب مولفه‌های وزن خشک برگ و وزن خشک کل گیاه در طول دوره رشد اندازه‌گیری شدند. داده‌ها پس از جمع‌آوری به کمک نرم افزار SAS روابط وزن خشک برگ و وزن خشک کل با زمان به روش (Stepwise) مورد مطالعه قرار گرفته و روشن گردید که تغییرات وزن خشک برگ و کل گیاه از یک معادله درجه دوم پیروی می‌کنند که جهت کاهش وابستگی واریانس با میانگین از لگاریتم نپین (Ln) هر کدام از این صفات استفاده بعمل آمد (۳۱، ۳۲، ۳۱). اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در ۷ مرحله انجام شد. سطح برگ هر بوته به طور جداگانه محاسبه شد. سپس شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه LA/GA محاسبه گردید که LA سطح برگ نمونه و GA سطح نمونه برداری می‌باشد.

$$1. TDW = EXP (a + bx + cx^2)$$

$$2. CGR = EXP (b + 2cx)$$

$$4. NAR = CGR/LAI$$

$$3. LAI = EXP (a_1 + b_1x + c_1x^2)$$

در روابط فوق $c_3, b_3, c_2, b_2, c_1, b_1$ ضرایب رگرسیون، t زمان، TDW ماده خشک کل و LAI شاخص سطح برگ می‌باشند. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مدل‌های REG, GLM, ANOVA انجام شد. معادلات برآورد ماده خشک تولیدی، وزن برگ با استفاده از روش رگرسیونی بین وزن خشک اندازه‌گیری شده بعنوان متغیر

در کنار کودهای فسفره کشت شد. (در واقع کشت بذور به فاصله چند دقیقه کوتاه بعد از کود پاشی در روی خطوط انجام شد که تقریباً همزمان کشت شدند). تهیه زمین شامل شخم اصلی، دو دیسک عمود بر هم و لولر بودند. میزان کود نیتروژن مورد نیاز برای تیمار شاهد براساس آزمون خاک ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در نظر گرفته شد. عملیات کودپاشی برای تیمارهای کود شیمیایی در مورد نیتروژن، پتاس و سایر کودهای شیمیایی مورد نیاز (متناسب با توصیه کودی) به صورت یکسان و همزمان انجام شد ولی در مورد سوپرفسفات به طور همزمان و قبل از کاشت بذر انجام گردید. بذرها لویای ضد عفونی شده، در تاریخ بیست و ششم تیر ماه کشت شدند و همزمان با کاشت بذور بر روی خطوط در عمق ۳ تا ۵ سانتیمتری و فواصل خطوط کاشت ۶۰ سانتیمتری، طبق تیمارهای ذکر شده کود شیمیایی فسفره و در مجموع مقدار ۱۳ کیلوگرم کود بیولوژیک گرانوله در عمق مناسب قرار داده شد. فاصله بوته‌های لویا از همدیگر بر روی ردیف ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد که هر کرت از ۵ ردیف کاشت به فاصله ۶۰ سانتی متر از هم و مجموع ۳ متر تشکیل شده که به علت حساس بودن طرح و اعمال تیمارهای بیولوژیک و وجود میکروارگانیسم، و نیز امکان نشت آب از تیمارها، فاصله بین کرت‌ها صد و بیست سانتی متر (معادل دو خط نکاشت) در نظر گرفته شد. بنا به دلایل فوق و نیز وجود تیمار کودی، فاصله بلوک‌ها، ۵ متر در نظر گرفته شد تا امکان ایجاد دو نهر یکی به منظور خروج هرز آب بلوک قبل و دیگری به منظور آبیاری بلوک بعدی میسر گردد. در محل کاشت ۳-۲ بذر قرار داده شد و پس از سبز شدن بذر در مرحله ی سه برگی بر اساس تراکم ۱۵-۱۰ بوته در متر مربع تنک گردید. کلیه کرت‌ها در ۲۰ مهر ماه برداشت شدند. به منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک در طول فصل رشد جمعاً تعداد ۵ نمونه برداری و با توجه به شرایط مزرعه و رطوبت خاک به فاصله ی تقریبی دو هفته یکبار انجام گرفت و اولین نمونه برداری‌ها ۳۵ روز بعد از کاشت صورت گرفته. روش نمونه برداری بدین نحو

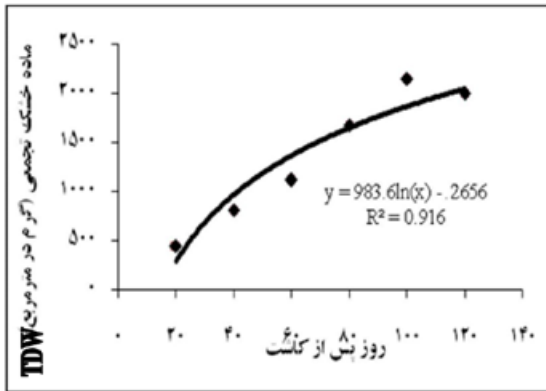
وابسته و روزهای پس از کاشت بعنوان متغیر مستقل طبق فرمول زیر و پس از محاسبه a و b و c تعیین گردید و زمان پس از محاسبه ضرایب رگرسیونی و آزمون آن طبق فرمول‌های فوق الذکر تعیین گردید. سرعت رشد محصول (CGR) از حاصلضرب مقدار ماده خشک در سرعت رشد نسبی $(CGR=TDW \cdot RGR)$ محاسبه گردید. برای رسم شکل از نرم افزار Excel استفاده شد.

خشک تولیدی کم است. مرحله دوم، مرحله رشد سریع است که به سبب فتوسنتز برگ‌ها و ماده سازی، وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. مرحله سوم، در این مرحله همزمان با انتقال مواد از اندام‌ها به دانه‌ها، به علت ریزش برگ‌ها در اثر سایه اندازی، پیری و عدم توانایی کافی جهت فتوسنتز و ماده سازی، تجمع ماده خشک در گیاه ثابت شده و حتی گاه کاهش می‌یابد (سرمدنیا، ۱۳۶۸). یکی از شاخص‌های مهم در تعیین عملکرد، خصوصاً ماده خشک گیاهان زراعی، ارتفاع بوته می‌باشد، یعنی هر قدر ارتفاع بوته بیشتر باشد، کود پذیری گیاه نیز بیشتر خواهد بود، و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی گیاه نیز بیشتر خواهد بود که علت آن می‌تواند تأثیر کوه‌های بیولوژیک در افزایش مواد تحریک کننده رشد به ویژه اکسین و سیتو کینین هر یک به ترتیب سبب افزایش ارتفاع و رشد ریشه می‌شود، باشد. ارتفاع یک شاخص مهم در تعیین ماده خشک تولیدی و رشد ریشه عامل مهمی در افزایش حجم خاک مورد استفاده گیاه و به تبع آن افزایش جذب عناصر خاک است که اینها عوامل مهمی در افزایش ماده خشک گیاه می‌باشند. همانطور که مشاهده شد تیمار استفاده از کود بیولوژیک دارای ارتفاع بیشتری بود و در نتیجه ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید کرده است. روند تجمع ماده خشک در سطوح مختلف کودی نیز بررسی شده که نتایج آن در شکل‌های (۱) تا (۷) آمده است. همان طور که در شکل (۶) نشان داده شده است کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی نتایج بهتری را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. سرمدنیا (۱۳۶۸) شاخص سطح برگ را بهترین معیار برای تعیین ظرفیت تولید ماده خشک عنوان کرد (سرمدنیا، ۱۳۶۸)، چون تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند، لذا همین تیمار دارای بیشترین وزن خشک است.

نتایج و بحث

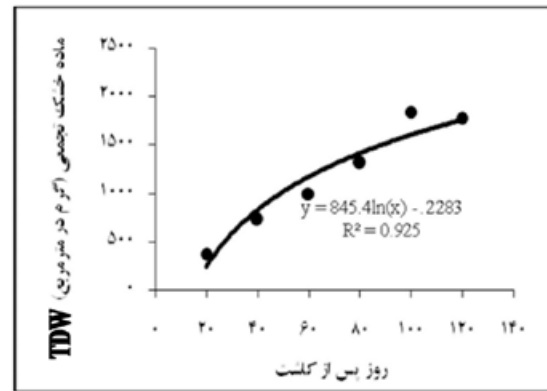
تجمع ماده خشک (Total Drought Weight)

به روش‌هایی که رشد را از دیدگاه کمی ارزیابی می‌کنند، تجزیه و تحلیل رشد گفته می‌شود. این روش‌ها جهت توجیه و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی به کار می‌روند و شناخت بهتری را از انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه نشان می‌دهند (سرمدنیا، ۱۳۶۸). شاخص‌های رشد که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از: ماده خشک کل (TDM)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت آسمیلاسیون خالص (NAR). در این مطالعه روند تغییرات وزن خشک بر اساس تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات‌ها گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل مورد ارزیابی قرار گرفت. همان گونه که از شکل‌ها بر میآید تغییرات ماده خشک (TDW) در ابتدای رشد روند افزایشی داشت و این روند تا ۱۰۰ الی ۱۲۰ روز پس از کاشت ادامه یافت و پس از آن روند نزولی به خود گرفت. الگوی تجمع وزن خشک در این مطالعه با بسیاری از مطالعات مشابه در مورد حبوبات و دانه‌های روغنی مطابقت دارد. بالا بودن عملکرد مشروط به تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روند تجمع ماده خشک در طول دوره رشد گیاهان در مراحل مختلف متفاوت است، ولی سه مرحله عمده ی رشد در شکل‌های (۱) تا (۷) قابل تفکیک است. مرحله اول، مرحله رشد آهسته که چون گیاه هنوز در حال رشد است شاخ و برگ چندانی ایجاد نمی‌شود، لذا ماده



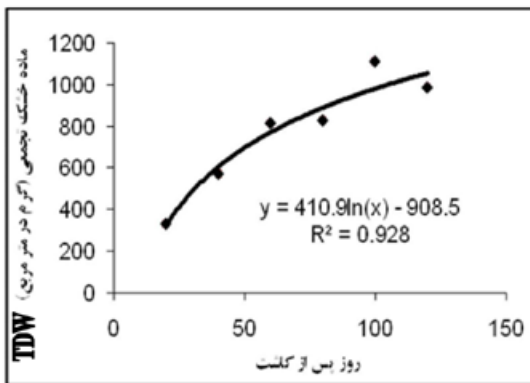
شکل ۱- ماده خشک تجمعی در مصرف کود بیولوژیک در لوبیا

Fig: 1 use of bio fertilizer on TDW



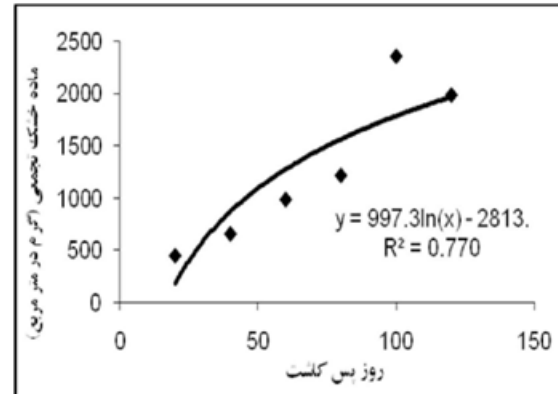
شکل ۲- ماده خشک تجمعی در عدم مصرف کود بیولوژیک

Fig: 2 Non use of bio fertilizer on TDW



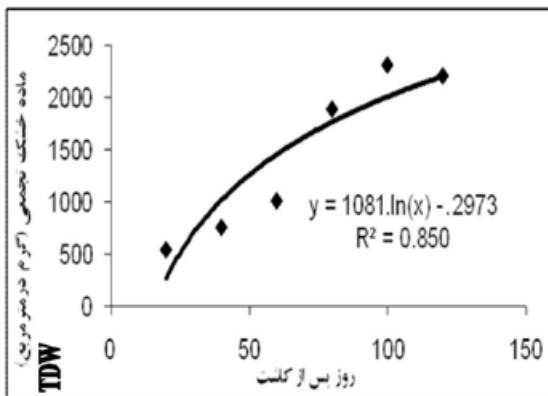
شکل ۳- ماده خشک تجمعی در تیمار شاهد

Fig: 3 TDW on Control



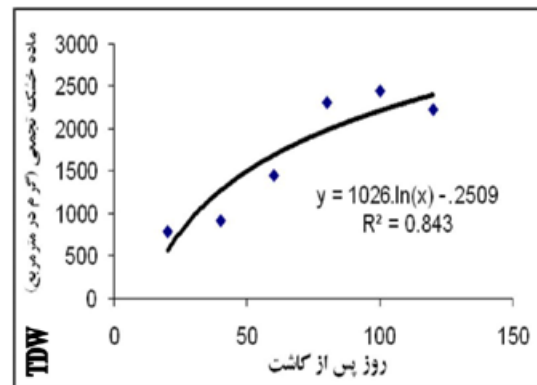
شکل ۴- روند تجمع ماده خشک در مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی فسفر

Fig: 4 use of Phosphorous fertilizer 25% on TDW



شکل ۵- روند تجمع ماده خشک در مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر

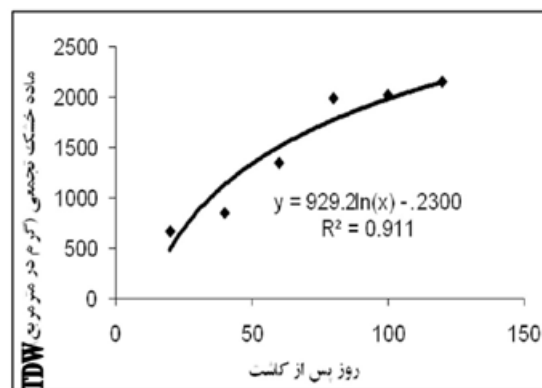
Fig: 5 use of Phosphorous bio fertilizer 50% on TDW



شکل ۶- روند تجمع ماده خشک در مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی فسفر

Fig: 6 use of Phosphorous fertilizer 75% on TDW

در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و تا ۷۰ تا ۸۰ روز پس از کاشت اسین روند ادامه داشت و پس از انقباض پذیری سیر نزولی پیدا کرد، همانطور که در شکل (۸) نشان داده شده است تیمار استفاده از کود بیولوژیک توانسته است که سطح برگ بیشتری را تولید کند، که افزایش در شاخص سطح برگ سبب افزایش در فتوسنتز و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه نیز بیشتر خواهد بود. همان طور که انتظار می‌رفت بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد کود بیولوژیک معادل (۳/۸) حاصل شد (شکل ۸). عدم استفاده از کود بیولوژیک (شکل ۹) دارای ماکزیمم شاخص برگ معادل ۳/۱۴ بوده است که نتایج نشان می‌دهند تأثیر کودهای بیولوژیک بر افزایش شاخص سطح برگ معنی دار بوده است. علت این امر می‌تواند به این دلیل باشد که مایکوریزا از طریق فراهم کردن فسفر و ازت سبب بهبود رشد رویشی و توسعه برگها شده و به دنبال آن شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد و اما در مورد سطوح مختلف کود شیمیایی، شاخص سطح برگ در تیمارهای شاهد، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به ترتیب برابر ۲/۸۴، ۲/۹۹، ۳/۲ و ۳/۴ شد (بیشترین شاخص سطح برگ در ۶۰ روز پس از کاشت به دست آمد شکل (۱۱) تا (۱۲)). شکل (۱۳) و (۱۴) نشان دهنده برتری کاربرد کود بیولوژیک نسبت به عدم استفاده از لحاظ شاخص سطح برگ است. نبوی (۱۳۷۶) همبستگی مثبتی در حدود ۹۴٪ بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه گزارش کرد. محققین دیگر (ملکوئی ۱۳۸۳، بوتچکو و همکاران ۱۹۹۰، کوئن و همکاران ۱۹۹۰) وجود این رابطه را مورد تایید قرار داده اند. از آنجایی که حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گلدهی حادث می‌شود (بوتچکو و همکاران، ۱۹۹۰، منافی و همکاران، ۱۹۹۴)، هر اندازه سطح برگ گیاه در این موقع بیشتر باشد به همان اندازه نیز گیاه قادر به استفاده بهتر و بیشتر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیشتری پیدا می‌کند (شارما و همکاران، ۲۰۰۳)، که در نهایت بر دانه‌های موجود در غلاف و عملکرد دانه تأثیر



شکل ۷- روند تجمع ماده خشک در مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر

Fig: 7 use of Phosphorous bio fertilizer 100% on TDW

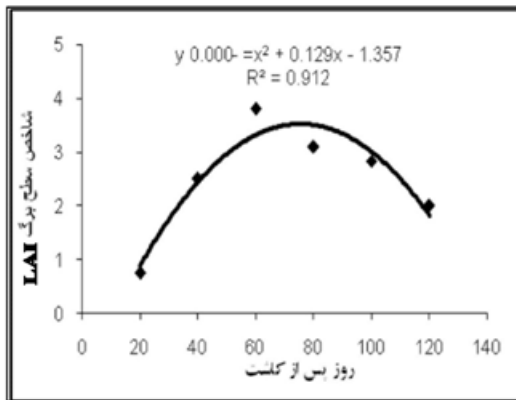
تأثیر ۷۵ درصد کود شیمیایی (شکل ۶) به نسبت سایر سطوح کودی و در مقایسه با تیمار شاهد بیشتر بوده است و تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی (شکل ۵) در جای دوم قرار دارد. همانطور که از بررسی نمودارهای تجمع ماده خشک مشخص می‌شود روند تجمع ماده خشک در تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی سریعتر بوده و در تعداد روزهای یکسان نسبت به سایر تیمارها توانسته ماده خشک بیشتری را تولید کند. در بسیاری از منابع علمی (حمیدی و همکاران ۱۳۸۵، غلامی و همکاران ۱۳۷۹ و آلن و همکاران ۲۰۰۳) یکی از مهمترین آثار کودهای بیولوژیک افزایش عملکرد گیاهان زراعی، خصوصاً در خاک‌های با حاصلخیزی پایین ذکر شده است. این افزایش عملکرد ممکن است به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک باشد.

شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)

در این مطالعه روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) بر اساس تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل (۱۴ تا ۱۷) تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) را از ابتدای فصل رشد تا آخرین مرحله نمونه برداری تحت تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل نشان می‌دهد، شاخص سطح برگ

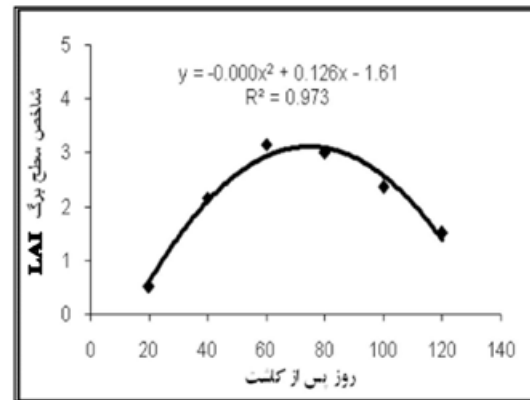
می‌گذارد (شارما و همکاران، ۲۰۰۳). با توجه به اینکه معادلات شکل‌های مربوط به شاخص سطح برگ درجه سه می‌باشد برای بدست آوردن شیب خط می‌بایست که از معادله مشتق گرفته و مقدار حاصل را در هر نقطه (نقطه دلخواه) قرار داد تا شیب خط حاصل گردد که روشی وقت گیر و در نوع خود دقت چندانی ندارد، روش دوم از طریق گرفتن انتگرال گیری دوام سطح برگ صورت گرفته و ماندگاری برگ را با توجه به حداکثر مقدار عددی سطح برگ محاسبه نمود. ولیکن بهترین روش، روش تجربی است و آن هم مقایسه شاخص سطح برگ بر اساس یک مقیاس ثابت است و بدین منظور این روش لحاظ گردیده است، که طی آن ابتدا مقیاس‌ها را ثابت کرده و منحنی‌های برازش یافته را مقایسه می‌کنیم. همان طور که در شکل‌های (۸) تا (۱۴) نیز ملاحظه می‌گردد مقدار اولیه شاخص سطح برگ از مقدار عددی (حدود یک) شروع می‌گردد، ولیکن شیب صعودی منحنی در تیمار کاربرد کود بیولوژیک و ۲۵ درصد کود شیمیایی بیشتر بوده است و این نشان از تاثیر این مقدار کود شیمیایی و بیولوژیک در این امر است و در نیمه دوم منحنی شیب افت آن نیز در این دو تیمار کمتر است و بنابراین دوام سطح برگ در دوره رشد زایشی بیشتر شده است.

بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفات‌هاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوییا



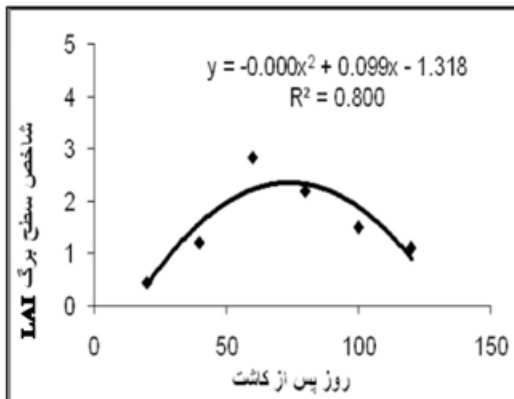
شکل ۸- شاخص سطح برگ در استفاده از کود بیولوژیک

Fig: 8 use of bio fertilizer on LAI



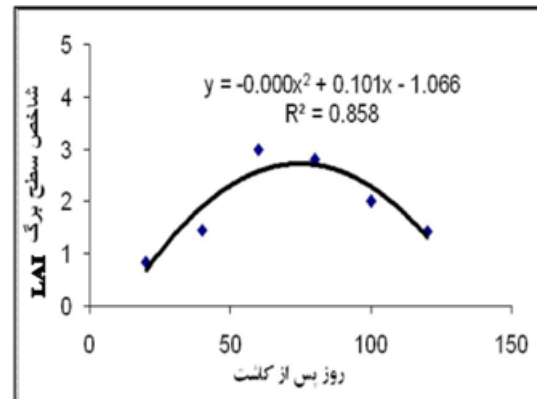
شکل ۹- شاخص سطح برگ در عدم استفاده از کود بیولوژیک

Fig: 9 Non use of bio fertilizer on LAI



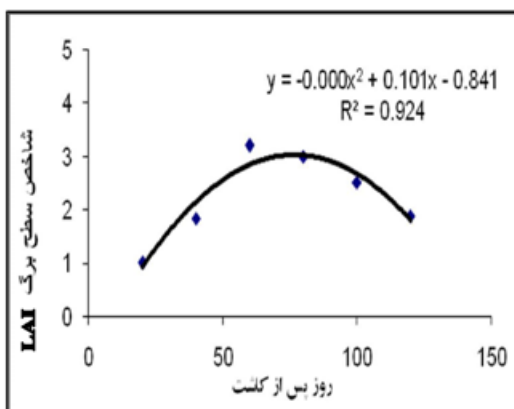
شکل ۱۰- شاخص سطح برگ در تیمار شاهد

Fig: 10 LAI on control



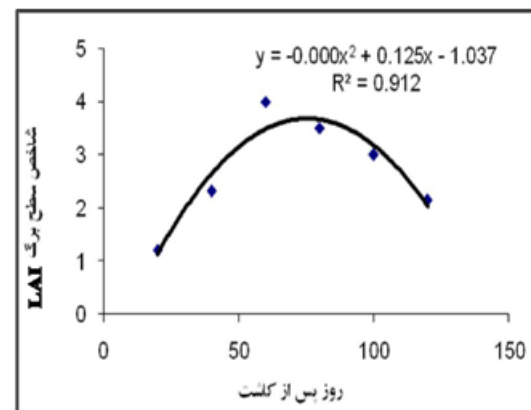
شکل ۱۱- شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی

Fig: 11 use of Phosphorous fertilizer 25% on LAI



شکل ۱۲- شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی

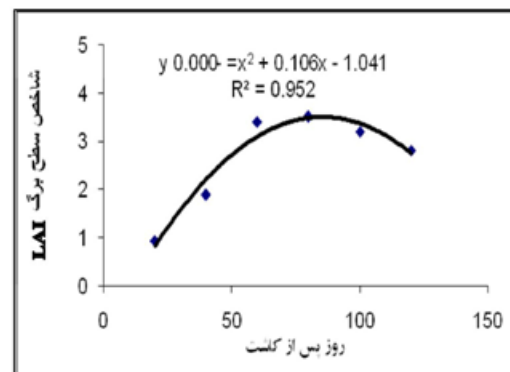
Fig: 12 use of Phosphorous fertilizer 50% on LAI



شکل ۱۳- شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی

Fig: 13 use of Phosphorous fertilizer 75% on LAI

حداکثر شاخص سطح برگ را نیز دارا بوده است. با رسیدن گیاه به حد نهایی رشد در اثر سایه اندازی اندام‌های فوقانی بر روی برگ‌ها، کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه، پیری و ریزش برگ‌ها، سرعت رشد محصول شدیداً کاهش یافته است. این روند با نتایج محققین دیگر نیز مطابقت دارد (خواوازی وهمکاران، ۱۳۸۴). با توجه به شکل‌های (۱۵) تا (۲۱) مشاهده می‌شود در مصرف کود بیولوژیک حداکثر سرعت رشد با مقدار عددی ۲۸/۰ گرم بر متر مربع در روز، در ۶۰ روز پس از کاشت به دست آمد، که در مقایسه با عدم مصرف با مقدار ۲۱/۱ گرم بر متر مربع در روز، که با هم در ۶۰ روز پس از کاشت، حداکثر سرعت رشد به دست آمد، برتری داشت. دلیل این امر را می‌توان این گونه توضیح داد که کودهای زیستی از جمله مایکوریزا با تأثیر مثبت بر سطح سبز برگ‌ها باعث افزایش شاخص سطح برگ و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی باعث افزایش سرعت جذب خالص و به دنبال آن افزایش سرعت رشد محصول می‌شود. در مقایسه سرعت رشد محصول تیمارهای مقادیر مختلف کود شیمیایی اعمال شده، سرعت رشد محصول در تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی با مقدار عددی ۲۲/۴ گرم بر متر مربع در روز که در ۶۰ روز پس از کاشت به دست آمد نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. تیمار بعدی کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود که باز هم در ۶۰ روز پس از کاشت و به مقدار ۲۰ گرم بر متر مربع در روز به دست آمد.

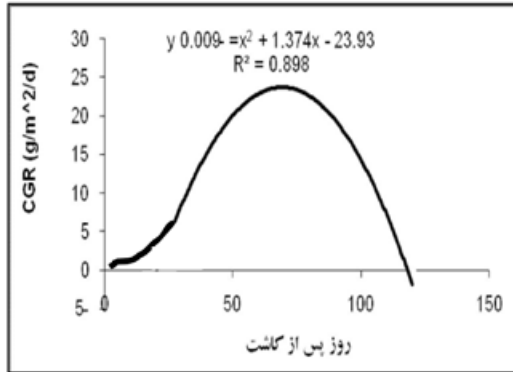


شکل ۱۴- شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی
Fig: 14_ use of Phosphorous fertilizer 100% on LAI

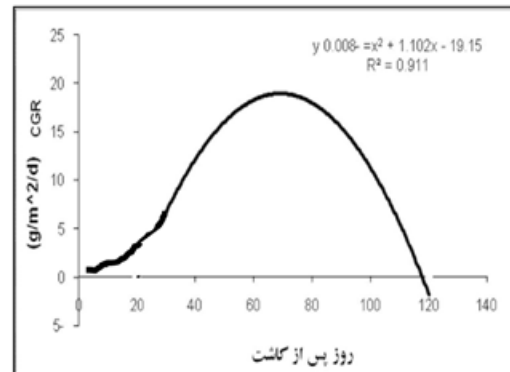
سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate)

سرعت رشد محصول (CGR) مهمترین شاخص جهت تجزیه و تحلیل رشد می‌باشد. سرعت رشد محصول (CGR) افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد و به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات بکار گرفته شده است (۱۵). سرعت رشد محصول با گذشت زمان و رشد گیاه افزایش یافته و پس از رسیدن به حد نهایی خود کاهش می‌یابد (۱۱، ۱۳). شکل منحنی سرعت رشد محصول در اکثر مطالعات به صورت یک تابع درجه دوم است و در ابتدای فصل رشد کم ولی تا گلدهی افزایش و بعد از آن با کاهش وزن خشک، کم می‌شود (۸، ۷، ۱۱). در این مطالعه روند تغییرات سرعت رشد محصول بر اساس تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بررسی سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور، کوتاه بودن روزها و دمای کم محیط روند کندی داشت. با خروج از مرحله روست و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره گیری بهتر از نور خورشید، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافته و به تبع آن سرعت رشد محصول نیز روند افزایشی داشته است. مقدار سرعت رشد محصول در مراحل اولیه پر شدن دانه به حداکثر رسیده است. در این زمان گیاه

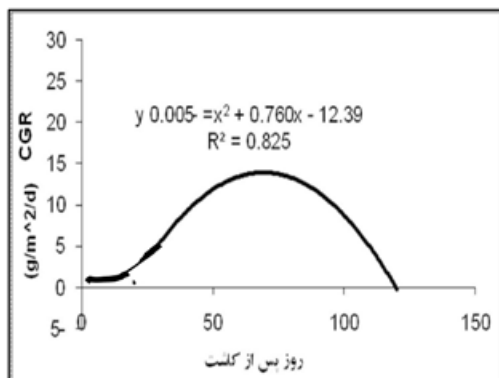
بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفات‌هاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا



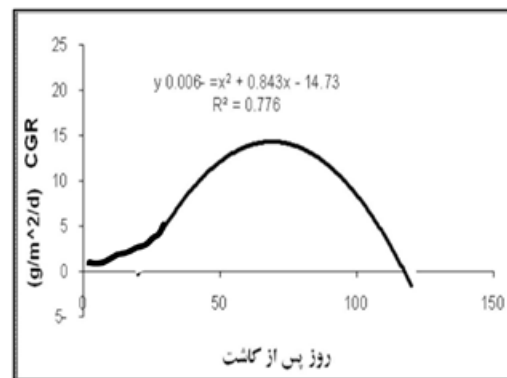
شکل ۱۵- سرعت رشد محصول در استفاده از کود بیولوژیک
Fig: 15_ use of bio fertilizer on CGR



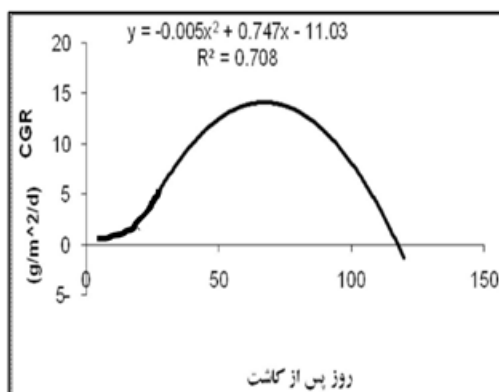
شکل ۱۶- سرعت رشد محصول در عدم استفاده از کود بیولوژیک
Fig: 16_Non use of bio fertilizer on CGR



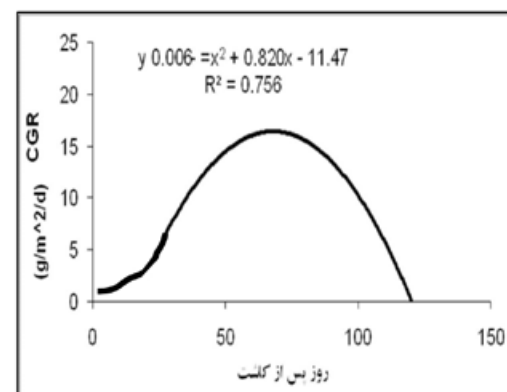
شکل ۱۷- سرعت رشد محصول در تیمار شاهد
Fig: 17 CGR on control



شکل ۱۸- سرعت رشد محصول در تیمار کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی
Fig: 18_ use of Phosphorous fertilizer 25% on CGR

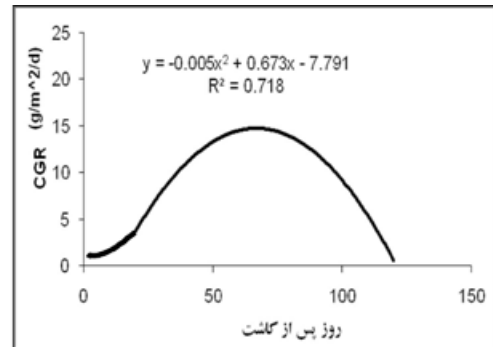


شکل ۱۹- سرعت رشد محصول در تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی
g: 19_ use of Phosphorous fertilizer 50% on CGR



کل ۲۰- سرعت رشد محصول در تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی
Fig: 20_ use of Phosphorous fertilizer 75% on CGR

سرعت جذب خالص افت بیشتری پیدا می‌کند، چون سبب سایه اندازی برگ‌ها می‌شود. سرعت جذب خالص وقتی به نقطه اوج رسید، سریعاً کاهش می‌یابد (غلامی و همکاران ۱۳۷۹). همان طور که در شکل‌های ۲۴ تا ۲۸ نیز مشاهده می‌شود، مقدار سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد زیاد و سپس سیر نزولی آن شروع می‌شود. در تیمار شاهد (شکل ۲۴) به دلیل عدم کاربرد هیچ گونه مواد غذایی شیب نزول منحنی بیشتر و به دلیل ریزش برگ‌ها و عدم ماده سازی از طرف گیاه و ورود سریع گیاهان موجود در این تیمار به فاز زایشی سرعت جذب خالص در انتهای فصل رشد منفی تر شده است که با اطلاعات بدست آمده از سایر منحنی‌های رشد مطابقت دارد. در تیمارهای کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی به دلیل در اختیار داشتن مواد غذایی بیشتر نسبت به تیمار شاهد ریزش برگ‌ها کمتر و در نتیجه شیب افت منحنی کمتر است (شکل ۲۷). این نتایج با نتایج بدست آمده از مشاهدات غلامی (۱۳۷۹) مطابقت دارد.



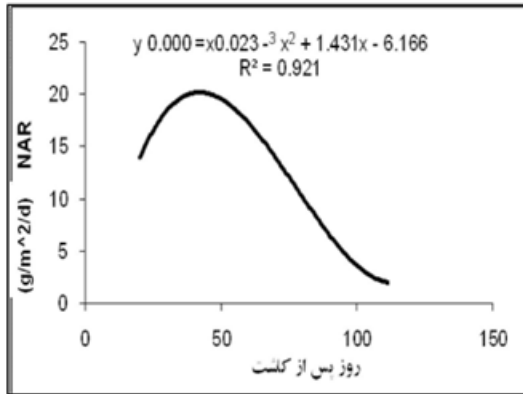
شکل ۲۱- سرعت رشد محصول در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی

Fig: 21 use of Phosphorous fertilizer 100% on CGR

سرعت جذب خالص Ratio Net Assimilation

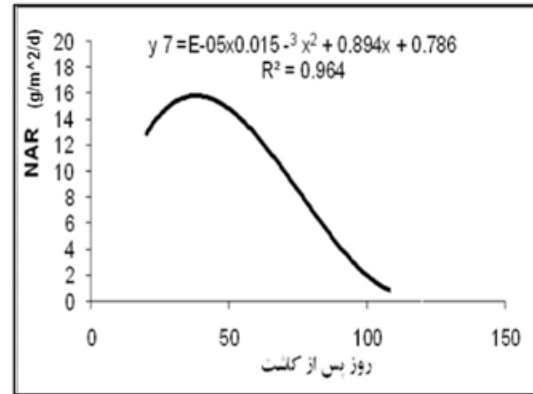
شکل‌های (۲۲ تا ۲۸) تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) را از ابتدای فصل رشد تا تا آخرین مرحله نمونه برداری تحت تأثیر کود زیستی میکروبی فسفات گرانوله و کود شیمیایی فسفره سوپرفسفات تریپل نشان می‌دهد، سرعت آسمیلاسیون خالص (NAR) عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد زمان (زرین کفش، ۱۳۷۱)، که از تقسیم سرعت رشد گیاه بر شاخص سطح برگ برای هر تیمار در هر بار نمونه برداری محاسبه گردید. چنانچه در شکل (۲۲) و (۲۳) مشاهده می‌شود در اوایل رشد بوته‌ها، سرعت جذب خالص به دلیل آنکه تمام سطح برگ در معرض نور خورشید بوده و فعالانه فتوسنتز می‌کنند، در حداکثر مقدار خود بوده و به تدریج با گذشت زمان، روند کاهشی نشان می‌دهد که این روند تغییرات در استفاده از کود بیولوژیک در ۲۰ روز پس از کاشت این میزان برابر ۱۳ گرم بر مترمربع در روز آغاز شده و در ۴۰ روز پس از کاشت معادل ۲۳ رسیده و این در حالی است که برای عدم استفاده از کود بیولوژیک در ۲۰ روز پس از کاشت از ۱۲/۴ آغاز و در ۴۰ روز پس از کاشت به ۱۷/۵ رسیده است. از جمله علل کاهش در سرعت جذب خالص در اواخر دوره رشد: سایه اندازی برگ‌ها بر روی هم، بالا رفتن میانگین سن برگ‌ها و در نتیجه کاهش در راندمان فتوسنتزی برگ‌ها می‌باشد. هر قدر کود تأثیر بیشتری بر رشد داشته باشد

بررسی تأثیر شاخص های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفات هادی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا



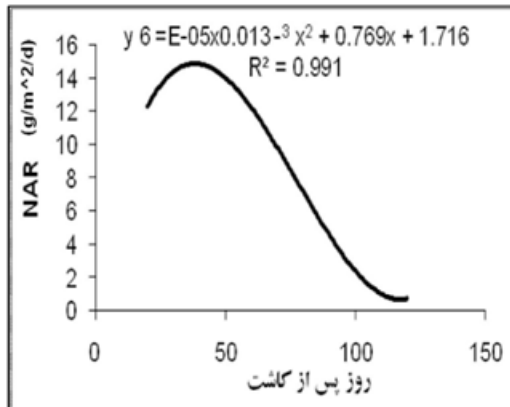
شکل ۲۲- سرعت آسمیلاسیون خالص در استفاده از کود بیولوژیک

Fig: 22 use of bio fertilizer on NAR



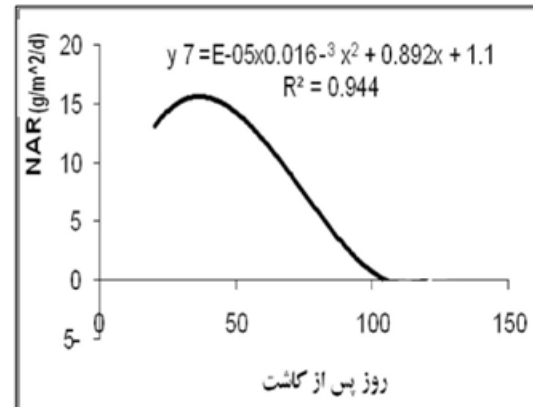
شکل ۲۳- سرعت آسمیلاسیون خالص در عدم استفاده از کود بیولوژیک

Fig: 23 Non use of bio fertilizer on NAR



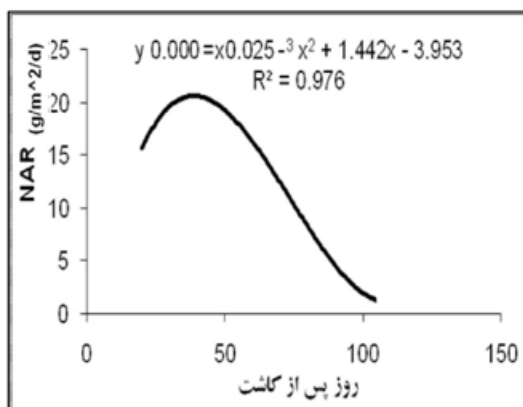
شکل ۲۴- سرعت آسمیلاسیون خالص در تیمار شاهد

Fig: 24_ TDW on control



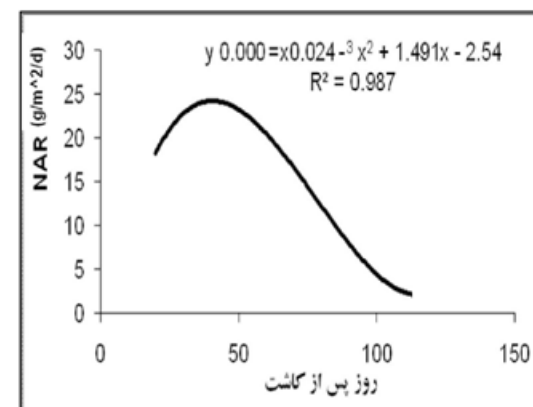
شکل ۲۵- سرعت آسمیلاسیون خالص در تیمار ۲۵ درصد کود شیمیایی

Fig: 25_ use of Phosphorous fertilizer 25% on NAR



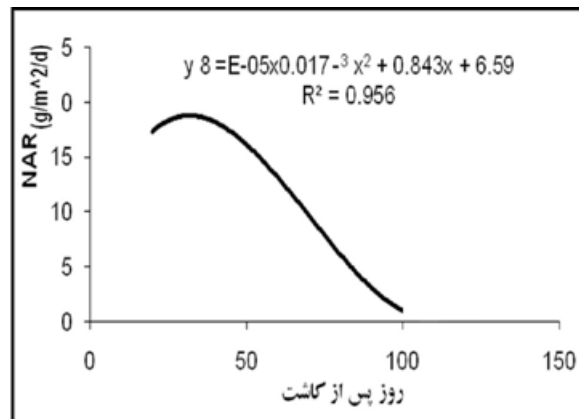
شکل ۲۶- سرعت آسمیلاسیون خالص در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی

Fig: 26 use of Phosphorous fertilizer 50% on NAR



شکل ۲۷- سرعت آسمیلاسیون خالص در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی

Fig: 27 use of Phosphorous fertilizer 75% on NAR



شکل ۲۸- سرعت آسمیلاسیون خالص در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی

Fig: 28 use of Phosphorous fertilizer 100% on CGR

References

منابع

- آمار نامه کشاورزی وزرات کشاورزی معاونت امور برنامه ریزی، ۸۶-۸۵، دفتر آمار و فناوری اطلاعات..جلد اول.سال زراعی
- اردکانی، م، ر ۱۳۷۸، قارچ‌های میکوریزا و اهمیت زیستی آنها با گیاهان، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی اراک، شماره ۳ و ۴ ص ۲۴۰-۲۲۹.
- ابراهیم زاده، ح. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهی (۲) انتشارات دانشگاه تهران. ۵۸۶ صفحه
- خاوازی، ک، اسدی رحمانی، ه، ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات). انتشارات سنا. ۴۲۰ ص
- حمیدی، آ، قلاوند، ا، دهقان شعار، م، ملکوتی، م، ج، اصغر زاده، ا، و چوکان، ر. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه ای. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۷۰
- سرمدنی، غ و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ص.
- شیرانی راد، امیرحسین، ۱۳۷۷. بررسی اکوفیزیولوژیک همزیستی قارچ میکوریزا و سیکولار باگندم و سویا. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات)، چاپ اول، مرکز نشر آموزش کشاورزی، ۵۹۰ ص.
- شریفی شور آبادی، م. ۱۳۸۳. استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در بهره‌برداری مناسب از گل راعی. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۳۵
- غلامی، ا. ۱۳۷۹. تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت در منطقه شاهرود. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس تهران. ص ۸۵-۱۷۰.
- لطیفی، ن.. نواب پور، س. ۱۳۷۹. واکنش شاخص‌های رشد و عملکرد دانه دورقم لوبیا چیتی به فاصله ردیف و تراکم بوته. علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱. شماره ۲
- گارد نر، بی:ار. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۴۶۷ صفحه.
- کوچکی، ع، م. ج. راشد محصل، م، نصیری و ر. صدرآبادی. ۱۳۶۰. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی فردوسی مشهد، ۴۰۴ ص.
- کریمیان، نجفعلی، ۱۳۷۷. پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای شیمیائی فسفری. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب مؤسسه تحقیقات خاک و آب.. جلد ۱۲. شماره ۴.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۳. زراعت حبوبات در ایران. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران. چاپ سوم.
- Allen, M. F., Smith, W. K., Moore Jr, T. S. and Christensen, M. 1981. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal *bouteloua gracilis*. H.B.K lag ex steud new phytologist 88: 683-693
- Bovetchko, S. M. and Tewaris, J. P. 1990. Root colonization of different hosts by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*, Plant and Soil, 129: 131-136.
- BLACKMAN, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. 33:353-360.
- Trison of corn grown in. Crop Sci. 28:257-258.

- Lambert, L., and L.G. Heartherly. 1995.** Influence of irrigation on susceptibility of selected soybean genotypes to soybean. *Crop Sci.* 35: 1657-1660.
- Manaffee, W. F. and J. W. Kloepper. 1994.** Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: *Soil biota management in sustainable farming* syshoots, Pankburst, C. E. , Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., and Grace, P. R., eds pp:23-31. CSLRO, pub. East Melbourne: Australia.
- Miller, R. M. and Jastrow, J. D. 1992.** The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: *Bchtlenfalvay, G. J., Linderman, R. G. (Eds), mycorrhizae in sustainable Agriculture.* ASA Special Publication 54, Am. Soc. of Agronomy, Madison., WI, pp. 29-44.
- Okon, Y. and Kapulnik, Y. 1986.** Development and functions of Azospirillum inoculated roots. *Plant and Soil*, 86: 3-16.
- Qin , T.C. and Z.G. li , 1991.** studies of inheritance of kernal growth characters and their relation to giel characters maize. *Act a agronomical sinica* 17 (3): 183 – 191
- Raja, A. R., Shah, K. H., Aslam, M., and Memon, M. Y. 2002.** Respons of phosphobacterial and mycorrhizal inoculation in wheat. 4: 322-323.
- Sharma, A. K. (2002).** Biofertilizers for sustainable agriculture. 1nd edition. Jodhpur: Agrobios, India, 456p.143-150.
- Sinclair, T.R., R.C. Muchow, J.M. Bennett, and L.C. Hammond. 1987.** Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drough in filed-grown soybean. *Agron. J.* 79-989-991.
- Smith,S.E.,D.J.D.Nicholas and F.A.Smith.1994.**Effect of early mycorrhizal hnfecion on nodulation fixation in *Trifolium subterraneum.* *Aust.j.Plant physiology.*6:305_316
- Taiz, L., and E. Zigger. 1988.** *Plant physiology*, 2nd edition. The Iowa State University Press, Ames. P. 560.
- Radford, P. J. 1967.** Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* 7: 171-175.
- WATSON, D. J. 1952.**The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron* 4:101-145.
- WALLACE, D.H.J.L. OZBUM and H.M. MUNGER.1972.** Physiological genetics of crop yield. *Adv. Agron.* 24:97-146.