اثر باکتری های حل کننده فسفات و کودهای فسفاته بر چگونگی رشد گیاه برنج

سید قهرمان افتخاری،[۱*] علیرضا فلاح نصرت آباد، غلام عباس اکبری،
علی محدثی و ایرج الله دادی

دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران؛ **Sgeftekhari@yahoo.com**

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **Rezafayah@yahoo.com**

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ **Ggakbari@yahoo.com**

کارشناس ارشد موسسه تحقیقات برنج؛ **Amirarman@yahoo.com**

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ **Alahdadi@ut.ac.ir**

چکیده

ارتباط نزدیکی بین رشد گیاهان و کارکرد سیستم‌های ریشه ای و اندام های هوایی آنها وجود دارد. از راه بررسی روابط آلومتریک موجود بین اجزای مختلف ریشه و اندام هوایی، می توان اثرات متقابل بین ریشه و اندام هوایی را مشخص و کمی کرد. برای بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفات در مقایسه با سایر کودهای فسفاته بر رابطه آلومتری ریشه و اندام هوایی گیاه برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان تنکابن اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- شاهد (بدون کود فسفاته) ۲- کود بیوفسفات گرانوله ۳- باکتری حل‌کننده فسفات ۴- سنگ فسفات ۵- سوپرفسفات‌تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ۶- سوپرفسفات‌تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار ۷- باکتری حل‌کننده فسفات + سنگ فسفات ۸- باکتری حل کننده فسفات + سوپر فسفات‌تریپل (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۹- باکتری حل‌کننده فسفات + سوپر فسفات تریپل (۷۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. صفات مهم ریشه و اندام هوایی شامل وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، وزن خشک تک بوته و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. اثر تیمارهای مختلف کودی بر ضریب آلومتریک مورد مطالعه در سطح ۵٪ معنی دار شد و بالاترین مقدار تجمع ماده خشک در ساقه و تجمع ماده خشک کل در تیمار ترکیبی باکتری حل کننده فسفات به همراه سنگ فسفات مشاهده گردید. در پایان رشد بیشترین مقدار ماده خشک ریشه و نسبت ریشه به ساقه مربوط به تیمار سنگ فسفات + باکتری حل کننده فسفات بود و بیشترین مقدار ماده خشک برگ از تیمار سوپرفسفات تریپل ۵۰ درصد بدست آمد. بالاترین میزان ضریب آلومتریک در مرحله رسیدگی در تیمار ترکیبی باکتری حل کننده فسفات به همراه سنگ فسفات مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: باکتری حل کننده فسفات، سنگ فسفات، ضریب آلومتریک، سوپرفسفات تریپل، برنج

۱- نویسنده مسئول، آدرس: مازندران،تنکابن،نشتارود، خیابان ۱۵ خرداد، کاظم آباد، سید قهرمان افتخاری، صندوق پستی ۹۳۱۱۱-۴۶۸۳۱

* دریافت: ۸۶/۵/۲ و پذیرش: ۸۷/۱۰/۴

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در شرایط یکسان، رشد و کارکرد سیستم‌های ریشه و اندام هوایی ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند. روابط موجود بین اندام هوایی و ریشه را می‌توان از طریق روابط آلومتریک مشخص و کمی کرد (Castelan *et al*., 2002). روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک عضو یا یک موجود، آلومتری خوانده می‌شود. ضرایب آلومتری بین قسمت های هوایی و ریشه ها بر اساس وزن خشک آنها محاسبه می شود و به صورت نسبت (S-R) بیان می گردد. اگر چه نسبت ریشه- ساقه تحت تأثیر کنترل ژنتیکی است ولی به طور شدیدی تحت تأثیر محیط هم می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۷). موراتا (۱۹۶۹) نشان داد که تغذیه گیاه تأثیر بارزی روی نسبت S-R در برنج داشته است. به دلیل مشکلاتی که در مطالعه ریشه وجود دارد اطلاعات کمتری درباره این بخش گیاه نسبت به اندام هوایی وجود داشته و همچنین روابط بین ریشه و سایر بخش‌های اندام هوایی کمتر مطالعه شده است. نسبت ریشه به ساقه، در گیاهان مختلف در واکنش به عوامل محیطی دارای انعطاف‌پذیری بالایی است. در گیاهانی مثل گندم، جو، ذرت، ارزن، نخودفرنگی و آفتابگردان، همبستگی معنی داری بین ویژگی های سیستم ریشه و صفات متعدد اقتصادی گزارش شده است (Gregory, 1988). کاواشیما روابط متعددی را بین رشد ریشه و برگ های روی ساقه اصلی برنج بیان کرد (Kawashima, 1988). همین طور رابطه دقیق بین گره های ریشه و تعداد برگ های ذرت مشخص شده است (Liedgens and Richner, 2001).

فسفر یکی از مهمترین عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که باعث افزایش رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها، قوی و ضخیم شدن ساقه ها، پرحجم شدن دانه ها، افزایش میزان عملکرد و زودرسی محصول شده و در عمل تلقیح گل ها دخالت دارد (ایران نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). میکروارگانیسم ها نیز از طرق مختلف باعث افزایش بیوماس ریشه در گیاهان می گردند به طوری که طول ریشه (ریشه‌های جانبی و محوری) و سطح ریشه در اثر تیمارهای بیولوژیک نسبت به کود فسفره شیمیایی رشد بیشتری پیدا می کنند. نوع قارچ و باکتری و اثرات متقابل آنها می توانند در رشد ریشه و اندام هوایی گیاه موثر باشند (Medina and Probanza, 2003).باکتری *Bacillus pumillus* از طریق تولید هورمون های محرک رشد گیاه قادر است بیومس،طول و سطح ریشه گیاهان را افزایش دهد (Piccini and Azcon, 1987). چهار گونه مختلف باکتری *Bacillus* جداسازی شده از ریزوسفر گندم و جو توانستند از طریق تثبیت نیتروژن و انحلال فسفات های نامحلول رشد گیاهچه های آنها را افزایش دهند قابلیت دسترسی فسفات در خاک توسط بذور تلقیح شده با *این باکتری ها*، وزن ریشه را به ترتیب ۱۶/۷، ۱۲/۵، ۸/۹ و ۱۲/۵ درصد و وزن اندام هوایی به ترتیب ۳۴/۷، ۳۴/۷، ۲۸/۶ و ۳۲/۷ درصد در مقایسه با شاهد (بدون باکتری و کود معدنی) افزایش دادند(Mustafa *et al, 2005*).

نشاءهای تلقیح شده با میکروارگانیسم های حل کننده فسفات رشد بهتری نسبت به نشاءهای بدون تلقیح داشته و باعث افزایش جذب مواد می گردند. مایه زنی گیاه با باکتری های افزاینده رشد گیاه موجب افزایش سطح ریشه ها می شود (Bashan *et al*, 2000) که یافته های مشابهی نیز توسط پونت و باشان (۲۰۰۴) گزارش گردید. در آزمایشی اثر متقابل بین میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و کود فسفره در افزایش کلنی زایی توسط قارچ‌های اندومیکوریز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از این میکروارکانیسم ها باعث افزایش معنی دار ماده خشک ریشه گندم و درصد کلنی زایی گردید. استفاده از باکتری *Psudomonas* sp به همراه میکوریز باعث ظهور سریعتر جوانه ها گردید و عملکرد ماده خشک ریشه ۱۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین قارچ های *Aspergillus awamori* و *Penicillum chrysogenum* توانستند عملکرد ماده خشک ریشه گندم را به ترتیب ۴۴ و ۶۴ درصد افزایش دهند (Babana and Antoun, 2005.).

زاپینگ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی رابطه بین رسیدگی گیاه و ویژگی های ریشه در ارتباط با کارآیی فسفر در سویا گزارش کردند که فسفر قابل دسترس تأثیر معنی داری بر بیوماس گیاه (سویا) داشته و این تأثیر با خصوصیات ریشه رابطه معنی دار دارد. تحت شرایط سطوح پایین فسفر طول کل ریشه کوتاه تر، سطح ریشه کوچک تر و بیوماس کمتر می شود اما نسبت ریشه به ساقه زیاد می گردد. نتایج کار ایشان نشان داد، ژنوتیپ های دیررس تر سویا دارای ویژگی ریشه بهتر و کارایی جذب فسفر بالاتری می باشند. مطالعه حاضر با هدف بررسی ویژگی های ریشه و اندام هوایی گیاه برنج پس از اعمال تیمارهای مختلف کودی (شیمیایی و بیولوژیک) انجام شده است. امید می رود نتایج این مطالعه بتواند زمینه های اولیه مورد نیاز را برای بهبود مصرف کود در کشور فراهم کند.

مواد و روش

این آزمایش در شرایط مزرعه و با استفاده از طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در غرب استان

Archive of SID

www.SID.ir

مازندران، ایستگاه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان تنکابن با عرض جغرافیایی ۳۶/۴۹ و طول جغرافیایی ۵۰/۵۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- شاهد بدون کود فسفاته (Control) ۲- کود میکروبی فسفاته شامل: خاک فسفات(۶۰٪) + مواد آلی(۲۰٪) + گوگرد(۱۶٪)+ سولفات روی (۴٪) + *Bacillus coagulans* به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با جمعیت 10^5 CFU[1] در هر گرم ۳- باکتری حل کننده فسفات (*Bacillus coagulans*) به میزان یک کیلوگرم در هکتار با جمعیت 10^7 CFU در هر گرم ۴- سنگ فسفات (Appatite) از معدن آسفوردی یزد با P_2O_5 = 37.5% به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ۵- سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (TSP) ۶- سوپرفسفات تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار (TSP50%) ۷- باکتری حل کننده فسفات به میزان یک کیلوگرم در هکتار + سنگ فسفات (PSB+A) ۸- باکتری حل کننده فسفات + سوپر فسفات تریپل به میزان۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (PSB+TSP) و ۹- باکتری حل کننده فسفات + سوپر فسفات تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار ($PSB+TSP_{50\%}$) بود. مراحل آماده سازی زمین به شرح زیر بود. شخم اول در دی ماه، شخم دوم ۱۵ روز بعد از شخم اول و شخم سوم ۳ روز قبل از نشاکاری انجام گردید. خزانه گیری در اول فروردین ماه و نشاکاری در اردیبهشت ماه انجام شد. فاصله نشاها از هم ۲۵× ۲۵ سانتی متر، ابعاد هر کرت آزمایشی ۴×۳ مترمربع و تعداد نشاها در هر کپه سه بوته بود. میزان کود مصرفی برای کلیه تیمارها ۱۰۰کیلوگرم اوره به همراه ۱۰۰ کیلوگرم پتاس در هکتار در نظر گرفته شد که به همراه آخرین چرخ زنی به خاک اضافه گردید.

در این آزمایش از رقم برنج شیرودی که از دورگ گیری بین واریته های برنج دیلمانی (واریته پدر) و خزر (واریته مادر) در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن تولید شده است، استفاده شد. از ویژگی های بارز این واریته کودپذیری و عملکرد بالا است که با اهداف این طرح همسو می باشد.

تیمارهای کود فسفاته با توجه به میزان و نوع کود در کرتهای آزمایشی اعمال شدند. تلقیح باکتری نیز به شرح زیر انجام شد: حدود ۳۰ روز پس از کاشت بذر در خزانه زمانیکه طول نشاها به ۲۵-۲۰ سانتیمتر رسید، نشاها به مدت کوتاهی با مایه تلقیح آغشته شدند و سپس در کرتهای مربوط به هر بلوک عمل نشاکاری انجام گرفت.

1- Collony Forming Unit

برای اندازه گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی اولین نمونه گیری ۲۰ روز بعد از نشاکاری انجام شد. نمونه گیری های بعدی در روزهای ۳۴، ۴۷، ۵۹، ۷۴ و ۸۸ روز بعد از نشاکاری انجام گرفت. در مجموع شش دفعه از کرت های آزمایشی نمونه گیری انجام شد و نمونه ها تحت مطالعه قرار گرفتند. ریشه های چهار بوته با حداقل آسیب دیدگی از خاک خارج گردید و به دقت شسته شد. اندام هوایی گیاه نیز به دو بخش برگ و ساقه تقسیم و پس از اندازه گیری های اولیه برای تعیین وزن خشک در آون (۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت) قرار گرفتند و سپس وزن خشک نمونه ها با ترازوی AND مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ تعیین شد. صفاتی مانند تجمع ماده خشک کل (TDM)، وزن خشک ریشه (RDW)، وزن خشک برگ (LDW)، وزن خشک ساقه (SDW) و نسبت های وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی اندازه گیری و محاسبه شدند. در این آزمایش جهت محاسبه ضریب آلومتری (K) از نسبت وزن خشک ریشه به ساقه استفاده شد (کریمی و عزیزی، ۱۳۷۶؛ کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۷).

لازم به ذکر است به جای استفاده از واحد روز از واحد درجه- روز- رشد استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی فرودگاه رامسر که در مجاورت ایستگاه تحقیقات برنج (مکان انجام آزمایش) می باشد دریافت شد و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید که GDD[2] بر حسب درجه- روز- رشد می باشد. T_{max} و T_{min} حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه و T_b نیز درجه حرارت پایه برنج می باشد که برابر ۱۰ است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۹).

$$GDD = \sum_{1}^{0} \frac{[Tmax+Tmin]}{2} - Tb$$

آنالیز واریانس توسط نرم افزارهای SAS و Excel انجام شد و میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه گردیدند.

2- Growth Day Degree

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

وزن خشک تک بوته

در آزمایش حاضر تیمار TSP50% حداکثر وزن خشک را به خود اختصاص داد (نمودار۱). تیمارهای باکتریایی روی این صفت اثر مثبتی نداشتند چرا که به جز تیمار A+PSB سایر تیمارهای ترکیبی باکتریایی دارای حداقل وزن خشک بودند. لازم به ذکر است که دو تیمار مذکور (TSP50% و A+PSB) بالاترین عملکرد را نیز داشتند. بیشترین عامل تأثیرگذار بر این صفت کود ازته می‌باشد (میرنیا، ۱۳۸۴). اما کمبود سایر عناصر مثل فسفر نیز باعث کندی رشد و عدم پاسخ به مصرف کود ازته شده در نهایت رشد گیاه ضعیف، برگها کوچک و استقرار گیاه کند می‌گردد و در نهایت وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد.

وزن خشک برگ

در طول دوره رشد مواد فتوسنتزی تولید شده توسط برگ ها در میان ریشه، برگ، گل و دانه توزیع می‌شود (Gabrielle *et al*, 1998). میزان تخصیص ماده خشک در برگ یکی از پارامترهای مهم در الگوی رشد گیاهان زراعی می‌باشد. در آزمایش انجام شده مشاهده گردید که میزان تجمع ماده خشک در برگ در اثر اعمال تیمارهای مختلف تا ۴۷ روز بعد از نشاکاری (GDD=۶۶۸/۵) تفاوت معنی داری نداشتند. ولی هر چه از سن گیاهچه‌های جوان بیشتر می‌گذشت تفاوت بیشتری در بین تیمارها مشاهده شد (نمودار۲). تیمار A+PSB در این دوره طبق معمول سایر پارامترها در این صفت نیز توانست بیشترین وزن خشک را به خود اختصاص بدهد. تیمار ترکیبی TSP50%+PSB نیز کمترین میزان تجمع ماده خشک را در برگها داشت هر چند این اختلاف معنی‌دار نبود. در مرحله ۷۴ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۱۵۳/۳) روند تغییرات وزن خشک برگ توسط تیمارهای مختلف کاملاً تغییر کرد. به طوریکه اختلاف در میزان تجمع ماده خشک تیمارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. در این دوره از رشد گیاه وزن خشک برگ در تیمار A+PSB به شدت کاهش یافت و کمترین میزان تجمع ماده خشک برگ در این تیمار مشاهده گردید. در این مرحله تیمارهای TSP50% و TSP حداکثر تجمع ماده خشک را داشتند (نمودار۲).

در مرحله ۸۸ روز پس از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) مشاهده گردید که سرعت کاهش وزن خشک در برگ ادامه یافت. به طوریکه این روند در تیمار A+PSB کاملا اندک و بطئی بوده و باعث گردید که گیاهان تیمار شده با این کود بتوانند بیشترین ماده خشک را در برگهای خود حفظ کنند و باعث افزایش دوام سطح برگ و اندام فتوسنتز کننده نیز گردد. این در حالی است که در سایر تیمارها، گیاهان ماده خشک موجود در برگ های خود را به سرعت تقلیل داده و علائم رسیدگی را از خود بروز دادند. در اغلب تیمارها (به استثناء A+PSB) بعد از گلدهی به دلیل مسن شدن کانوپی، زرد شدن برگها و کاهش آسیمیلاسیون مواد، میزان فتوسنتز جاری گیاه کمتر از نیاز دانه‌ها به مواد فتوسنتزی شده و این مسئله سبب شد تا طی پدیده انتقال مجدد، ساقه و برگ به عنوان مبدا ثانویه عمل کرده و مواد ذخیره شده در بافت های خود را به خوشه‌ها منتقل کنند در نتیجه وزن خشک آنها کاهش می‌یابد (Machado *et al, 2002*).

وزن خشک ساقه

با توجه به نمودار ۳ مشاهده می شود که در مرحله ۴۷ روز بعد از نشاکاری (GDD= ۶۶۸/۵) بیشترین میزان وزن خشک ساقه مربوط به تیمار ترکیبی A+PSB بوده است. این روند در مرحله ۵۹ روز بعد از نشاکاری (GDD=۸۵۷/۵) نیز به همین شکل بود. در این مرحله تیمارهای A+PSB به همراه تیمار TSP بالاترین میزان تجمع وزن خشک ساقه را داشتند در مرحله ۷۴ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۱۵۳/۳) تجمع ماده خشک در ساقه گیاهان تیمار شده با A+PSB نسبت به سایر تیمارها افزایش اندکی داشت ولی تیمار TSP50% بیشترین میزان افزایش را داشت این در حالی است که تغییرات وزن ساقه تحت تأثیر تیمار TSP روند صعودی خود را به طور متعادل افزایش داد. در مرحله ۸۸ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) تیمار A+PSB همانند سایر صفات اندازه گیری شده رشد بسیار چشمگیری داشت و در این زمان بالاترین نسبت تجمع ماده خشک در ساقه را به خود اختصاص داد، کمترین میزان تجمع نیز در تیمار A مشاهده گردید.

وزن خشک ریشه

روند تغییرات این شاخص در گیاه برنج به شرح نمودار۴ می باشد. در فاصله ۲۰ روز پس از نشاکاری (GDD=۲۶۷/۱) حداکثر وزن خشک ریشه در تیمار باکتریایی PSB مشاهده گردید که نشان دهنده فعالیت مثبت باکتری در محیط ریزوسفر بوده است. لازم به ذکر است که هر دو تیمار باکتریایی در حالت منفرد (PSB و بیوفسفات گرانوله) توانستند اثر مثبتی بر تجمع ماده خشک در ریشه داشته باشند دلیل آن هم فعالیت میکروارگانیسم ها و تولید فیتوهورمون ها در محیط ریزوسفر می باشد که موجب تحریک و رشد ریشه می شود (Piccini and Azcón, 1987) این در

Archive of SID

www.SID.ir

حالی است که مصرف کود سوپر فسفات تریبل به تنهایی کمترین میزان تجمع ماده خشک در ریشه را داشت زیرا این ترکیب کودی مواد غذایی مورد نیاز را فراهم کرده و در مراحل ابتدایی رشد گیاه تمایلی برای افزایش رشد ریشه ندارد که با نتایج مدینا و پروبانزا[1] (۲۰۰۳) مشابه است. این تیمار با یک روند افزایشی در دوره ۳۴ روز بعد از نشاکاری (GDD=۴۵۶/۸) توانست رشد خوبی داشته باشد. تیمار TSP در مرحله ۵۹ روز بعد از نشاکاری (GDD=۸۵۷/۵) بیشترین میزان وزن خشک را به خود اختصاص داد. در این دوره تیمار A+PSB نیز نتیجه قابل قبولی از خود نشان داد. ضعیف ترین تیمار در این دوره تیمار شاهد بود زیرا ریزوسفر گیاه شاهد به دلیل عدم وجود فسفر مورد نیاز اثر سوء بر گیاه گذاشته و از آنجا که فسفر بر روی رشد ریشه اثر مثبت دارد لذا کاهش فسفر در مرحله گلدهی موجب کاهش رشد ریشه های گیاه شد. البته سایر تیمارهای ترکیبی نیز در این مرحله نتیجه چندان مثبتی از خود نشان ندادند. در مرحله ۸۸ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) همچنان گیاهان تیمار شده با TSP و A+PSB حداکثر وزن خشک ریشه را دارا بودند دلیل آن هم وجود عناصر مورد نیاز گیاه در ریزوسفر گیاهان تیمار شده با این کودها می باشد.

در مجموع گیاهان تیمار شده با بیوفسفات گرانوله دارای روند پایدار و رو به رشدی در وزن خشک ریشه بوده و در زمان رسیدگی گیاه (GDD=۱۳۸۱/۷) در مقایسه با برترین تیمار (TSP) تفاوت معنی‌داری نداشت.

ماده خشک کل (TDM)[2]

به طور کلی جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر دانه دو راه کار اصلی وجود دارد افزایش در شاخص برداشت و افزایش در تجمع ماده خشک (Specht *et al*.., 1999). مطالعات انجام شده نشان داده است که تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی از روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند. به طوریکه در مراحل اولیه رشد تجمع ماده خشک به صورت بطئی و کند و پس از ورود گیاه به مرحله زایشی به صورت خطی افزایش یافته و نهایتاً با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایشی تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (Diepenbrock, 2000). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تا مرحله ۲۰ روز پس از نشاکاری (GDD=۲۶۷/۱) در تجمع ماده خشک گیاه، توسط تیمارها هیچ گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(نمودار ۵). اما در مدت ۳۴ روز پس از نشاکاری (GDD=۴۵۶/۸) تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده گردید. تیمار بیوفسفات گرانوله به همراه تیمار شاهد بیشترین میزان TDM را به خود اختصاص دادند. این در حالی بود که سایر تیمارهای باکتریایی یا کود شیمیایی TDM پایین تری داشتند. همچنین کمترین میزان TDM در این مرحله در تیمار TSP50%+PSB مشاهده شد. البته این روند ثابت نبوده و در مرحله ۴۷ روز بعد از نشاکاری (GDD=۶۶۸/۵) کاملا تغییر کرد و حداکثر TDM در تیمار ترکیبی A+PSB مشاهده شد. در حالی که حداقل TDM همچنان در تیمار TSP50%+PSB بدست آمد. این روند تا دوره ۵۹ روز پس از نشاکاری یا به عبارتی ۶ روز قبل از خوشه‌دهی تقریباً حفظ گردید با این تفاوت که تیمار سوپرفسفات تریپل بیشترین تجمع ماده خشک را به خود اختصاص داد و تیمار ترکیبی A+PSB با اختلاف اندکی نسبت به TSP دارای بهترین میزان تجمع ماده خشک بود زیرا این دو تیمار عناصر مورد نیاز را بهتر در اختیار گیاه قرار دادند که با نتایج ساندرا و همکاران[3] (۲۰۰۲) مشابه است. در مرحله ۸۸ روز پس از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) کمبود کود فسفره در گیاه کاملاً مشهود بود. زیرا تیمار شاهد (بدون کود فسفره) کمترین میزان تجمع ماده خشک را داشت. در این مرحله نیز تیمار A+PSB توانست حداکثر میزان تجمع ماده خشک را به خود اختصاص دهد. نکته قابل توجه در این مرحله این بود که تیمارهای A و PSB هیچ کدام به تنهایی نتوانستند اثر چندان مثبتی روی TDM گیاهان داشته باشند. در حالیکه ترکیب این دو تیمار توانست به طور محسوسی موجب افزایش TDM گردد، که دلیل آن احتمالا افزایش حلالیت خاک فسفات و افزایش دسترسی گیاه به فسفر و نیتروژن می باشد (هیومبرت، ۱۹۶۸). همچنین تیمار مذکور حداکثر جهش در تولید ماده خشک را در فاصله ۸۸-۷۴ روز پس از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷-۱۱۵۳/۳) از خود نشان داد. این تیمار در مرحله ۷۴ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۱۵۳/۳) روند تجمع ماده خشک کمی داشت ولی در مرحله ۸۸ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) روند تجمع ماده خشک را افزایش داد و بالاترین میزان TDM در گیاهان تیمار شده با این ترکیب مشاهده گردید.

1- Medina and Probanza
2- Total Matter Accumulation
3- Sundara

Archive of SID

www.SID.ir

ضریب آلومتری (ریشه-تاج[1])

نتایج این آزمایش نشان داد (نمودار۶) که در مدت ۲۰ روز پس از نشاکاری (GDD[2]= ۲۶۷/۱) بین تیمارهای مختلف از نظر R/S تفاوت معنی داری وجود دارد. در این مرحله بیشترین نسبت R/S در تیمار بیوفسفات گرانوله مشاهده شد. این روند در مرحله ۳۴ روز بعد از نشاکاری (GDD= ۴۵۶/۸) تقریباً ثابت بود با این تفاوت که بیشترین نسبت ضریب آلومتری در تیمار TSP و کمترین نسبت این ضریب علاوه بر تیمار سنگ فسفات در تیمار شاهد نیز مشاهده گردید. دلیل کاهش ضریب آلومتری در تیمارهای سنگ فسفات و شاهد افزایش رشد اندام هوایی و کاهش تجمع ماده خشک در ریشه می باشد. این گیاهان فاقد فسفر کافی در محیط ریزوسفر بوده و دچار کمبود فسفر شدند. چون فسفر بر روی رشد ریشه اثر مثبت دارد لذا گیاه دچار کاهش رشد در این بخش شده و در نهایت ضریب آلومتری کاهش می یابد (Babana and Antoun, 2005).

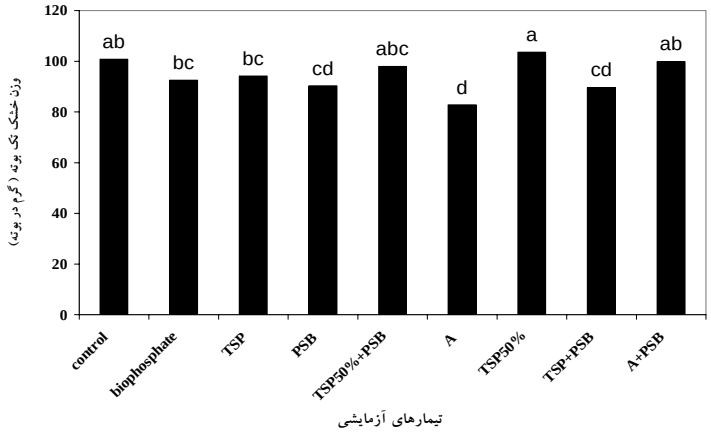
ضریب آلومتری در تیمار A+PSB در مرحله ۴۷ و ۵۹ روز بعد از نشاکاری (GDD= ۶۶۸/۵ تا ۸۵۷/۵ =GDD) نمونه گیری کاهش یافت ولی این روند ثابت نماند و در مرحله ۷۴ روز بعد از نشاکاری (GDD= ۱۱۵۳/۳) افزایش یافت و بالاترین ضریب آلومتری را به خود اختصاص داد. این تیمار در مرحله ۸۸ روز بعد از نشاکاری (GDD= ۱۳۸۱/۷) مجدداً با افزایش بیوماس اندام هوایی باعث کاهش این ضریب گردید. در توجیه این فراز و فرود در ضریب آلومتری گیاهان می توان این گونه بیان کرد که باکتری ها با اثر بر تیمار سنگ فسفات باعث حلالیت فسفر موجود در ریزوسفر شده و گیاه ریشه های خود را به خوبی رشد می دهد ولی جذب فسفر توسط گیاه و همین طور بهبود جذب ازت بواسطه حضور فسفر قابل حل کافی در ریزوسفر باعث افزایش رشد اندام هوایی می گردد (Humbert, 1968). در مرحله سوم و چهارم ضریب آلومتری کاهش یافته و در مرحله پنجم چون گیاه به سمت رسیدگی حرکت می کند مواد بیشتری را به اندام هوایی ارسال می کند به طوری که در سایر تیمارها این اثر کاملاً مشهود بود ولی در تیمار A+PSB با تولید فیتوهورمون هایی که در محیط ریزوسفر انجام می گیرد گیاه مجدداً سطح ریشه خود را افزایش می دهد و با تجمع ماده خشک بیشتر در ریشه و گسترش ریشه باعث تقویت گیاه در مرحله رسیدگی می شود (Piccini and Azcón, 1987). تیمار A+PSB در مرحله رسیدگی بالاترین نسبت جذب مواد را در اندام هوایی داشته است.

به طور کلی می توان نتایج را به صورت زیر جمع بندی نمود. هیچ کدام از تیمارهای استفاده شده نتوانستند عملکرد وزن خشک بوته برنج را در حد معنی داری نسبت به شاهد افزایش دهند. وزن خشک برگ در همه تیمارها تا ۵۹ روز بعد از نشاکاری روند افزایشی داشت ولی بعد از این مدت، وزن خشک برگ در اکثر تیمارها (به غیر از تیمار دو تیمار) کاهش یافت. وزن خشک ساقه تحت تأثیر همه تیمارها در زمانهای مختلف (از ۲۰ روز تا ۸۸ روز بعد از نشاء) روند افزایشی را نشان داد. با توجه به نتایج حاصله می توان اینگونه اظهار داشت که تیمارهای A+PSB و A به ترتیب مناسب ترین و ضعیف ترین تیمارها در تجمع ماده خشک در ساقه بودند. در مجموع می توان چنین نتیجه گرفت که در مراحل اولیه رشد گیاه، سرعت تجمع ماده خشک در اندام هوایی و ریشه در اثر تیمارهای مختلف کود فسفاته یکسان بوده و با گذشت زمان این روند تغییر می کند. تیمار ترکیبی A+PSB موثرترین تیمار در تجمع ماده خشک در اندام هوایی و ریشه بوده و قادر به جایگزینی با کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل می باشد. کود بیوفسفات گرانوله علی رغم اینکه در سایر پارامترهای اندازه گیری شده نتایج چندان جالبی از خود نشان نداد ولی در خصوص صفت تجمع ماده خشک کل نسبتاً موفق بود. زیرا در مرحله ۷۴ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۱۵۳/۳) و در مرحله ۸۸ روز بعد از نشاکاری (GDD=۱۳۸۱/۷) عملکرد بسیار مناسبی داشت. ضریب آلومتری در بسیاری از تیمارها تا ۴۷ روز بعد از نشاکاری کاهش و بعد از آن سرعت کاهش بسیار کند بود و تقریباً روند ثابتی را نشان داد.

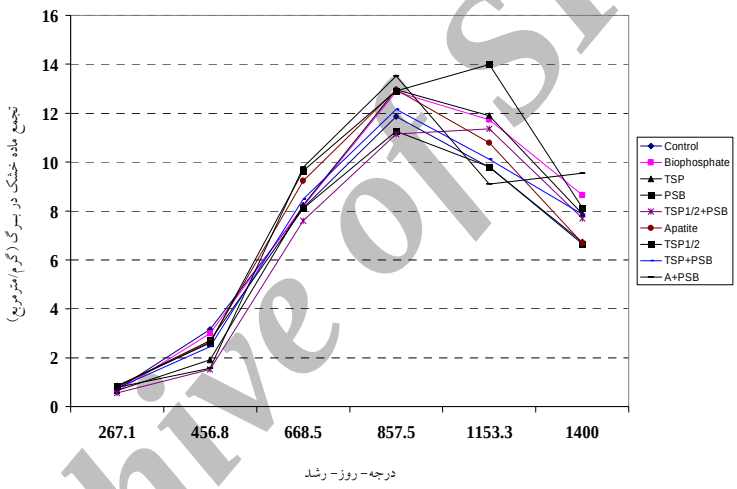
1- Root – Shoot Allometric coefficient
2- Growth Degree Day

Archive of SID

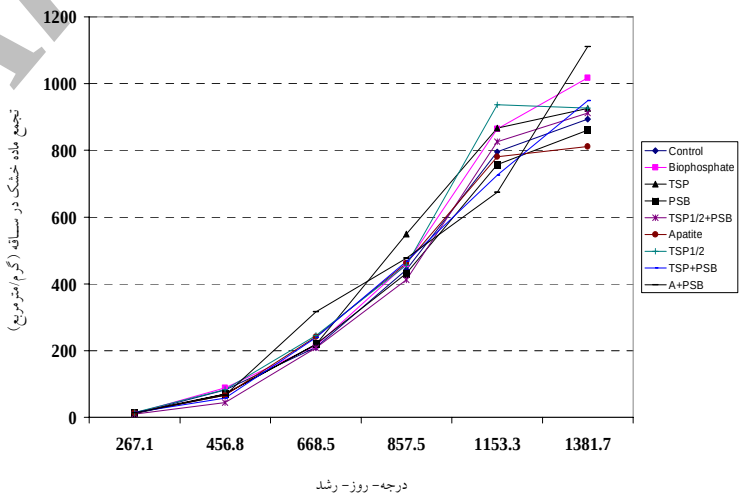
www.SID.ir



نمودار ۱ - مقایسه میانگین اثرتیمارهای مختلف کود فسفاته بر وزن خشک تک بوته در گیاه برنج در پایان رشد



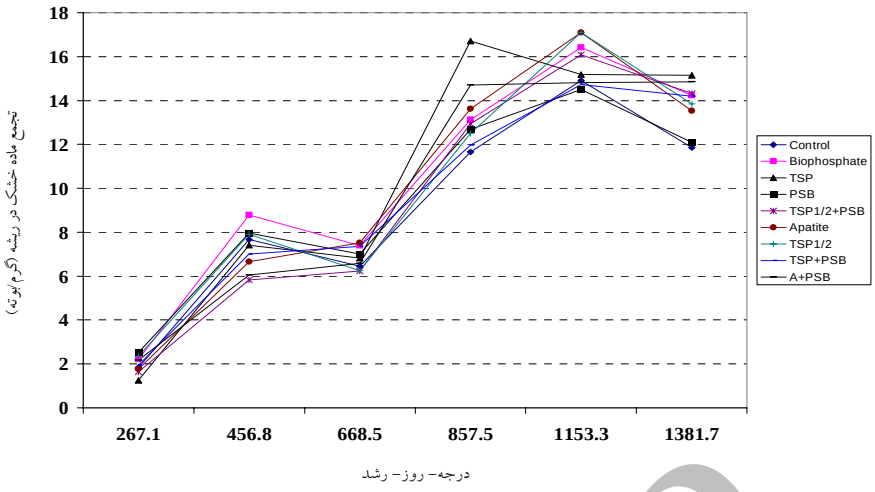
نمودار ۲- روند تغییرات ماده خشک در برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود فسفاته



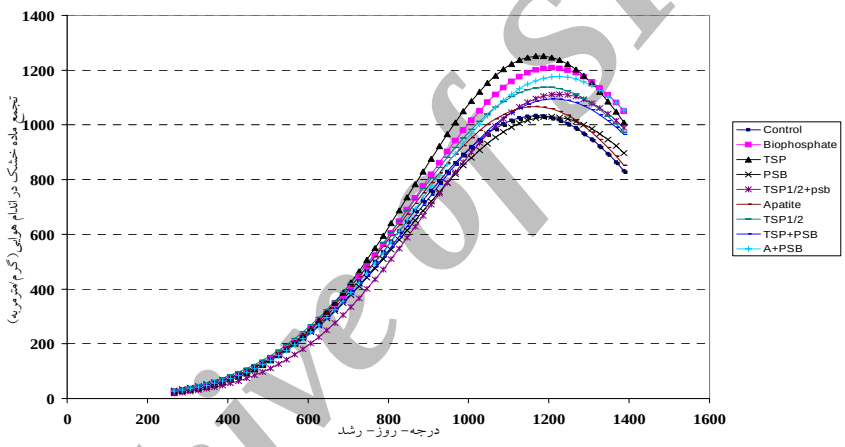
نمودار ۳ - روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود فسفاته

Archive of SID

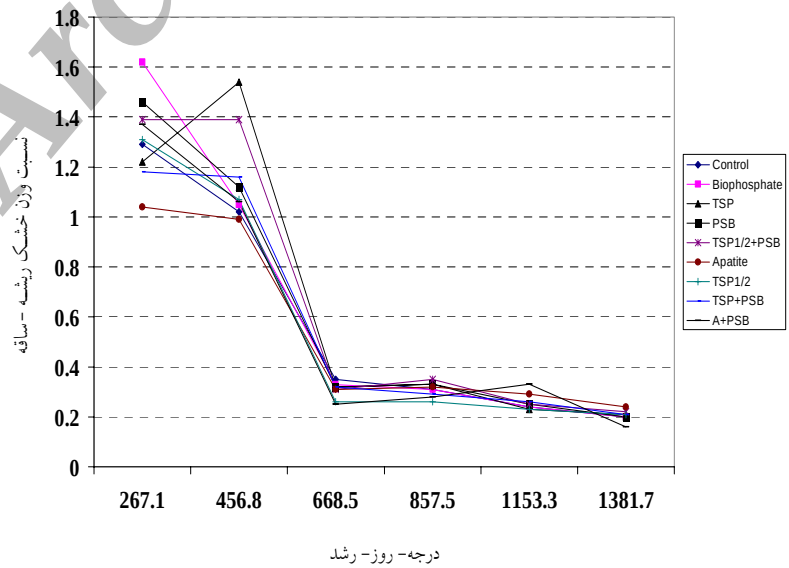
www.SID.ir



نمودار ۴ – روند تغییرات تجمع ماده خشک ریشه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود فسفاته



نمودار ۵ – روند تجمع ماده خشک کل تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود فسفاته



نمودار ۶ – روند تغییرات ضریب آلومتریک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود فسفاته

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع:

۱. ایران‌نژاد، ح. و ن، شهبازیان. ۱۳۸۱.زراعت غلات جلد دوم. انتشارات کارند.

۲. رحیمیان، ح.، کوچکی، ع و ا، زند. ۱۳۷۹. فتوسنتز و تولید در شرایط متغییر رشد. انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز شهرداری تهران، شماره ۹۸، تهران ۴۳۰ صفحه

۳. کریمی، م. و م. عزیزی. ۱۳۷۶. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۴. کوچکی، ع. و غ، سرمدنیا. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی(ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۵. میرنیا، س.خ.، م. محمدیان.۱۳۸۴. اختلالات عناصر غذایی و مدیریت عناصر غذایی برنج (ترجمه). انتشارات دانشگاه مازندران.

6. Babana A.H., and H. Antoun. 2005. Effect of Tilemsi phosphate rock-solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field-grown wheat (Triticum aestivum L.) in Mali. Plant Soil: in press.
7. Bashan, Y., M. Moreno and E. Troyo. 2000. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte Salicornia bigelovii inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant Azospirillum spp.. Biol. Fertil. Soils 32:265-272.
8. Castelan, M., P. Vivin and J.P. Gaudillere. 2002. Allometric relationships to estimate seasonal above ground vegetative and reproductive biomass of (*Vitis vinifera* L.). Annals of Botany. 89: 401-408.
9. Diepenbrock, W. 2002. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Res. 67:35-49.
10. Gabrielle, B., P. Denoroy, G. Gosse, E. Justes, and M.N. Anderson. 1998. A model of leaf area development and senescence of winter oilseed rape. Field Crops res. 57:209-222.
11. Gregory, P.J. 1988. Root growth of chickpea. Faba bean. Lentil and Pea and effcets of water and salt stresses. PP. 857-867. In : R.J.Summer field (Eds), Word Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers.
12. Humbert, R.P., 1968. The Growing of Sugarcane. Elsevier, Amsterdam, 779 pp.
13. Kawashima, C. 1988. Differences among cultivars with different number of leaves on the main stem. Jap.J. Crop Sci. 52:475-483.
14. Liedgens, M. and W. Richner. 2001. Relation between maize (*Zea mays* L.) leaf area and root density observed with minirhizotrons. European Journal of Agronomy. 15:131-141.
15. Machado, S. E.D. Bynum, Jr., T.1. Archer, R.J. Lascano, L.T. Wilson, J. Bordovsky, E. Segarra, K. Bronson, D.M. Nesmith, and W. Xu. 2002. Spatial and temporal variability of corn growth and grain yield: Implication for sitespecific farming. Crop Sci. 42:1564-1576.
16. Medina, A., and A. Probanza. 2003. Interactions of arbuscular-mycorrhizal fungi and *Bacillus* strains and their effects on plant growth, microbial rhizosphere activity (thymidine and leucine incorporation) and fungal biomass (ergosterol and chitin). Applied Soil Ecology. 22: 15–28.
17. Murata, Y. 1969. physiological Aspects Of Crop Yield. Madison, American Society of Agronomy.
18. Mustafa, Y., and S.B. Canbolat. 2005. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. Biol Fertil Soils. Original paper.
19. Piccini, D.F., R. Azcón. 1987. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the utilization de Bayovar rock phosphate by alfalfa plants using a sand-vermiculite medium. Plant Soil. 101: 45–50.
20. Puente ME, Y. Bashan. 2004b. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weathering desert plants. II. Growth promotion of cactus seedlings. Plant Biol. 6:643–650.

Archive of SID

www.SID.ir

21. Specht,J.E., D.J. Hume, and S.V. Kumudini. 1999. Soybean yield potential- A genetic and physiological perspective. Crop Sci. 39:1560-1570.
22. Sundara, B., V. Natarajan and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. Field Crop Research. 77:43-49.
23. Zhuouping, C. E. Nord, J. Lynch and X. Yan. 2005. Relationship between plant maturity and root traits as related to P efficiency in soybean. C.J.Li et al. (Eds), Plant nutrition for food security, human health and environmental protection. 482-483.

Archive of SID

www.SID.ir