

## تأثیر کودهای زیستی و مدیریت حاصلخیزی بر برخی شاخص‌های رشدی دو رقم ذرت دانه‌ای

سامان صادقی<sup>1</sup>، غلامرضا حیدری<sup>2</sup>، یوسف سهرابی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 92/10/15 تاریخ پذیرش: 94/6/29

آدانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه کردستان

2 گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

\*مسئول مکاتبه: E-mail: [g.heidari@uok.ac.ir](mailto:g.heidari@uok.ac.ir)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف حاصلخیزی بر روی برخی شاخص‌های رشدی دو رقم ذرت دانه‌ای (*Zea mays*)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دوازده تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال زراعی 1390 اجرا شد. فاکتور اول شامل سطوح کود در شش سطح (T<sub>1</sub>)، کود شیمیایی نیتروژن و فسفر به صورت صد درصد (300 و 150 کیلوگرم در هکتار)، (T<sub>2</sub>) کود بیولوژیک فسفات بارور 2 (100 گرم در هکتار) و نیتروکسین (1 لیتر در هکتار)، (T<sub>3</sub>) کود مرغی به صورت صد درصد (15 تن در هکتار)، (T<sub>4</sub>) 50 درصد کود مرغی + کود بیولوژیک، (T<sub>5</sub>) 50 درصد کود شیمیایی + کود بیولوژیک + 50 درصد کود مرغی، (T<sub>6</sub>) شاهد، و فاکتور دوم شامل رقم در دو سطح (A<sub>1</sub>) سینگل کراس 704 و (A<sub>2</sub>) دابل کراس 370 بود. نتایج نشان داد که ترکیب تیماری A<sub>1</sub>T<sub>5</sub> وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در رقم DC370 بیشترین وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص مربوط به T<sub>1</sub> بود. بیشترین سرعت رشد نسبی در هر دو رقم، 21 روز پس از کاشت از سطح کودی T<sub>5</sub> بدست آمد. در سطوح کودی مختلف رقم دیررس SC704 از عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم DC370 برخوردار بود. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود بیولوژیک و آلی باعث حصول بیشترین عملکرد نسبت به مصرف تنهایی هر کدام از آنها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد، کود بیولوژیک، کود شیمیایی، کود مرغی

## Effect of Biological Fertilizer and Fertilization Management on Some Growth Indices of Two Maize Varieties

Saman Sadeghi<sup>1</sup>, Gholamreza Heidari<sup>2\*</sup>, Yousef Sohrabi<sup>2</sup>

Received: January 5, 2014 Accepted: September 20, 2015

1 MSc. Student in Agronomy, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2 Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

\*Corresponding Author: [g.heidari@uok.ac.ir](mailto:g.heidari@uok.ac.ir)

### Abstract

To study the effects of different fertilization systems on some growth indices of two maize (*Zea mays*) varieties, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of University of Kurdistan in 2012. Factors were: different fertilizer levels including (T<sub>1</sub>) chemical fertilizers (nitrogen and phosphorus as much as 300 and 150 kg.ha<sup>-1</sup>), (T<sub>2</sub>) biological fertilizers (Barvar-2 phosphate biofertilizer (100 g.ha<sup>-1</sup>) and Nitroxin bio-fertilizer (1 L.ha<sup>-1</sup>), (T<sub>3</sub>) chicken manure (15 ton.ha<sup>-1</sup>), (T<sub>4</sub>) 50% chicken manure + bio-fertilizers, (T<sub>5</sub>) 50% chemical fertilizer + bio-fertilizers + 50% chicken manure, (T<sub>6</sub>) control (without fertilizer) and maize varieties including (A<sub>1</sub>) SC704 cultivar and (A<sub>2</sub>) DC370 cultivar. Results showed that T<sub>5</sub> significantly had the highest total dry weight, leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) in SC704. In DC370 the highest total dry weight, LAI, CGR, and NAR obtained from T<sub>1</sub>. In both cultivars the highest RGR belonged to T<sub>5</sub>, 21 days after sowing. In different fertilize levels, late maturing SC704 cultivar had more yield than that of DC370. Integrated use of organic, biological and chemical fertilizers caused to produce highest yield compared with application of fertilizers alone.

**Keywords:** Bio and Chemical Fertilizers, Chicken Manure, Growth Indices, Maize Yield

### مقدمه

های زیر زمینی به وقوع می‌پیوندد (هاینز و نایدو 1998، بوستیک و همکاران 2007 و شارکر 2003). جهت صرفه جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن هستند و می توانند در طول دوره رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به نظر می رسد (زهیر و همکاران 2004 و باری و همکاران 2002). غلات یکی از منابع مهم تأمین کننده

کاربرد کودهای شیمیایی که به منظور افزایش عملکرد گیاهان انجام می شود هر چند سبب می شود که مواد غذایی به سرعت در اختیار گیاهان قرار گیرد (لوپز و همکاران 1990 و بوستیک و همکاران 2007) اما به طور قابل ملاحظه‌ای محتوی مواد آلی خاک را تغییر می‌دهد و در دراز مدت باعث مخاطرات زیست محیطی از جمله آبشویی می شود که در نتیجه آن آلودگی آب

غذای انسان هستند و بیشترین نیاز را به کودهای شیمیایی دارند (زهیر و همکاران 1998). ذرت یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که اهمیت زیادی در تغذیه انسان، دام، طیور و صنعت دارد (امام 1383). این گیاه زراعی به منظور تولید عملکرد و کیفیت بالا، باید ترکیبی مناسب از مواد غذایی را در اختیار داشته باشد (ملکوئی و همکاران 1384). تولید محصولات زراعی و باغی ارگانیک رو به افزایش است. کاربرد کودهای آلی مانند کودهای دامی و استفاده از فرآورده های بیولوژیک در جهت تغذیه غلات یکی از راه حل های مفید در دستیابی به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار به شمار می رود. کود زیستی به ریزجانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آنها اطلاق می شود که علاوه بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، مهار عوامل بیماریزا و تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می بخشد (استروز و کریست 2003). کود زیستی از تو باکترین مایع قابل پخش در آب است که حاوی باکتری - ها *Azospirillum spp*, *Pseudomonas spp* و *Azotobacter spp* است. مجموعه باکتری های موجود در ازتوباکترین از طریق تثبیت نیتروژن، افزایش حلالیت فسفر خاک، ترشح انواع هورمون های محرک رشد و آنتی بیوتیک ها موجب رشد ریشه، توسعه بخش هوایی گیاه و مقاومت به عوامل بیماریزا می شوند (بیکر 2006). این کودهای زیستی علاوه بر تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، به طور غیر مستقیم از طریق کنترل زیستی آفات و بیماری های گیاهی بر رشد و نمو گیاهان تأثیر مفیدی دارند (زهیر و همکاران 2004). میکرو ارگانیسم های حل کننده فسفات نیز که عمدتاً شامل باکتری ها و قارچ ها می باشند از طریق تولید اسید های آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات های معدنی کم محلول نظیر سنگ فسفات می شوند. علاوه بر این بسیاری از آنها از طریق تولید آنزیم های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی نیز می گردند

(گیانشوار و همکاران 2002). کودهای دامی مانند کود مرغی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی خاک، حاوی مواد غذایی مهم برای تغذیه گیاه هستند و حدود 3 درصد نیتروژن، 2/63 درصد فسفر و 1/4 درصد پتاسیم هستند (ردی و ردی 1995). کاربرد ماده آلی به صورت کود دامی سطوح کربن آلی در خاک را افزایش می دهد و اثرات مستقیم و غیر مستقیم روی خصوصیات و فرآیندهای خاک دارد (فلاح و همکاران 1386). تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی برای توجیه و تفسیر واکنش های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف در طول دوره رویش می باشد که از طریق آن می توان چگونگی انتقال و انباشت مواد ساخته شده فتوسنتزی را در اندام های مختلف با اندازه گیری ماده خشک تولید شده به دست آورد (فریز و همکاران 2010). استفاده از پارامترهای رشدی به ویژه شاخص سطح برگ ابزار مناسبی برای تولید گیاه و قابلیت استفاده از نور است (لطیفی و همکاران 1382). وینتر و اوهرلوگ (1993) همبستگی بین سطح برگ و عملکرد را در ذرت تأیید کردند و اظهار داشتند که این همبستگی به حدی بالا است که بر اساس میزان سطح برگ می توان عملکرد ذرت را تخمین زد. در ذرت افزایش شاخص سطح برگ از مرحله گیاهچه تا قبل از مرحله کاکل دهی به صورت سیگموئیدی است و در طول دوره پر شدن دانه کاهش اندکی را نشان می دهد، ولی کاهش سریع شاخص سطح برگ، در پایان چرخه زندگی مشاهده می شود. سرعت رشد محصول در مراحل اولیه، به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی و پایین تر بودن درصد نور جذبی کمتر است، ولی متناسب با نمو گیاهان افزایش سریعی در میزان رشد رخ می دهد، و حداکثر سرعت رشد ذرت معمولاً با شروع کاکل دهی در ذرت مشاهده می شود (سرمد نیا و همکاران 1368). روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد گیاه، کاهش می است (کوچکی و همکاران 1367). تأثیر مثبت نیتروژن بر تجمع ماده خشک در ذرت و سایر گیاهان گزارش شده است

16 دقیقه شمالی و ارتفاع 1300 متر از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای خاک عمیق با بافت رسی سیلتی است. برای اجرای آزمایش از عمق 30 سانتی متری خاک مزرعه و کود مرغی مورد استفاده نمونه گیری انجام گرفت (جدول 1 و 2) و پس از آزمون خاک نسبت به کود دهی اقدام گردید. در بهار بعد از مساعد شدن هوا زمین آزمایش با گاوآهن برگردان دار شخم زده شد و سپس برای تسطیح و خرد شدن کلوخه ها از دیسک استفاده شد. در ادامه، زمین با فاروئر به صورت جوی پشته های با فاصله 75 سانتیمتر در آمد. در خرداد ماه اقدام به کشت بذرها شد و دو ساعت قبل از کاشت، بذرها زرت با کودهای زیستی، تلقیح و در سایه خشک شدند. بذرها زرت به صورت کپه ای روی ردیف ها کشت شدند. فاصله بین ردیف ها 75 سانتیمتر و فاصله بین بوته ها روی ردیف 18 سانتی متر بود. در هر کرت 5 ردیف کشت در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت 20 متر مربع و فاصله بین دو بلوک، 2 متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت، کود مرغی همراه با کود فسفره با خاک مخلوط شد و در هنگام کاشت، مقدار 50 درصد نیتروژن نیز مورد استفاده قرار گرفت و بقیه نیتروژن هم به صورت سرک در مرحله 4 برگی استفاده شد. کنترل علف های هرز به طور مرتب با دست در طول دوره رشد تا زمانی که نیاز بود انجام گرفت. در مرحله 2 تا 4 برگی، تنک کردن انجام گرفت. آبیاری مزرعه با توجه به نیاز آبی گیاه هر 5 تا 7 روز یکبار انجام شد. از مرحله 8 برگی تا مرحله رسیدگی به فاصله هر 10 روز یک بار به منظور اندازه گیری شاخص سطح برگ (LAI)<sup>1</sup> (با استفاده از دستگاه سطح سنج برگ مدل Lam 2000)، سرعت رشد محصول (CGR)<sup>2</sup>، سرعت رشد نسبی (RGR)<sup>3</sup>، میزان جذب خالص (NAR)<sup>4</sup>، دوام سطح برگ (LAD)<sup>5</sup>

(یوهارت 1995). بر اساس گزارش های موجود، مصرف نیتروژن از طریق افزایش سرعت ماده سازی می تواند موجب بهبود سرعت رشد محصول شود (گیراردین 1987). رام و همکاران (1999)، رای و گائور (1998) و ریچ (1999) اثرات مثبت ازتوباکتر روی رشد و عملکرد گندم را گزارش کرده اند. اثرات مثبت این باکتری روی ذرت توسط نیتو و فرانکنبرگر (2000) گزارش شده است. هاتی و همکاران (2006) در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن 10 تن کود دامی در هکتار به تنهایی و تلفیق 10 تن کود دامی به همراه 25 کیلوگرم در هکتار N-P-K در مدت 3 سال در مزرعه سویا باعث افزایش مواد آلی در سطح خاک و افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در آزمایش داس و همکاران (1991) کاربرد کود مرغی فسفر قابل استخراج نمونه های خاک را بعد از برداشت 4/25 برابر تیمار شاهد افزایش داد. امروزه توجه ویژه ای به ساماندهی تلفیقی تغذیه گیاهی معطوف گردیده است که در آن از منابع آلی و بیولوژیک به همراه مصرف بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر است که می تواند به بهبود و حفظ حاصلخیزی، ساختمان، فعالیت های بیولوژیک، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک منجر شود (بنایی و همکاران 1383). هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر برهمکنش کودهای آلی و زیستی همراه با مصرف کود شیمیایی در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار بر روی برخی شاخص های رشدی دو رقم ذرت بود.

#### مواد و روشها

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی بر روی برخی شاخص های رشدی دو رقم ذرت، در سال زراعی 1390 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان واقع در 4 کیلومتری جنوب شرقی سنندج با طول جغرافیایی 47 درجه و 1 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 35 درجه و

1-Leaf Area Index

2 - Crop Growth Rate

3 - Relative Growth Rate

4- Net Assimilation Rate

## نتایج و بحث

## شاخص سطح برگ (LAI)

شکل های 1 و 2 تغییرات شاخص سطح برگ گیاه ذرت در پاسخ به سیستم های مختلف حاصلخیزی را در طول فصل رشد نشان می دهند. در تمامی تیمارهای مورد بررسی، حداکثر شاخص سطح برگ در دو رقم مورد بررسی در نزدیکی کاکل دهی به دست آمد. در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ با شیب کم افزایش یافت. بعد از آن نزدیک به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با شتاب زیاد تا 62 روز پس از سبز شدن افزایش پیدا کرد و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و ریزش برگ ها روند نزولی مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ در 62 روز پس از سبز شدن در رقم SC704 به ترتیب به سطوح کودی ترکیبی با 5/058 و شاهد T<sub>6</sub> با 3/037 و در رقم DC370 به ترتیب به سطوح کودی T<sub>1</sub> با 3/58 و شاهد T<sub>6</sub> با 2/65 مربوط بود. این موضوع بیانگر آن است که در مراحل رشد سریع گیاه که شرایط محیطی اعم از طول روز و درجه حرارت مناسب بوده است، گیاه مواد غذایی بیشتری مصرف کرده و اندام های هوایی را توسعه می دهد و حداکثر شاخص سطح برگ را در کمی بعد از گل دهی تولید می نماید. این افزایش ممکن است به دلیل سهل الوصول بودن کود شیمیایی باشد. بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول در دوره رشد گیاه می شود که این امر در نهایت به افزایش تولید ماده خشک منجر می گردد (کریمی و صدیق 1991). حمیدی و همکاران (1385) دلیل این افزایش را تولید هورمون های محرک رشد، توسط این باکتری دانستند.

و وزن خشک کل (TDW)<sup>6</sup> نمونه برداری انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت.

فاکتورهای مورد بررسی عبارتند از فاکتور کود در شش سطح: T<sub>1</sub> - کود شیمیایی نیتروژن و فسفر به صورت صد درصد (300 و 150 کیلوگرم در هکتار)، T<sub>2</sub> - کود بیولوژیک (فسفات بارور 2(100 گرم در هکتار) و نیتروکسین (1 لیتر در هکتار)، T<sub>3</sub> - کود مرغی به صورت صد درصد (15 تن در هکتار)، T<sub>4</sub> - 50 درصد کود مرغی + کود بیولوژیک (فسفات بارور 2 و نیتروکسین)، T<sub>5</sub> - 50 درصد کود شیمیایی (نیتروژن - فسفر) + کود بیولوژیک (فسفات بارور 2 و نیتروکسین) + 50 درصد کود دامی (مرغی)، T<sub>6</sub> - شاهد (بدون کود) و فاکتور رقم ذرت در دو سطح، که رقم های مورد استفاده در این طرح رقم سینگل کراس 704 (دیر رس 125 روزه) (A) و دابل کراس 370 (زودرس 85 روزه) (B) بود. جهت اندازه گیری شاخص ها از روابط زیر استفاده شد.

$$1-CGR = (w_2 - w_1) / (t_2 - t_1)$$

$$2-NAR = CGR / LAI$$

$$3-RGR = \ln w_2 - \ln w_1 / t_2 - t_1$$

$$4-LAI = LA / GA$$

$$5-LAD = (((LAI_1 + LAI_2) / 2) \times (T_2 - T_1))$$

در معادلات بالا w وزن خشک بوته، t زمان و LA سطح برگ است. GA مساحت سطح زمین به متر مربع که توسط گیاه اشغال شده است.

نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود مرغی مورد استفاده در جدول 1 و 2- نشان داده شده است.

در پایان نمونه برداری، رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام گرفت.

جدول 1- نتایج تجزیه شیمیایی و برخی خواص فیزیکی خاک مورد آزمایش

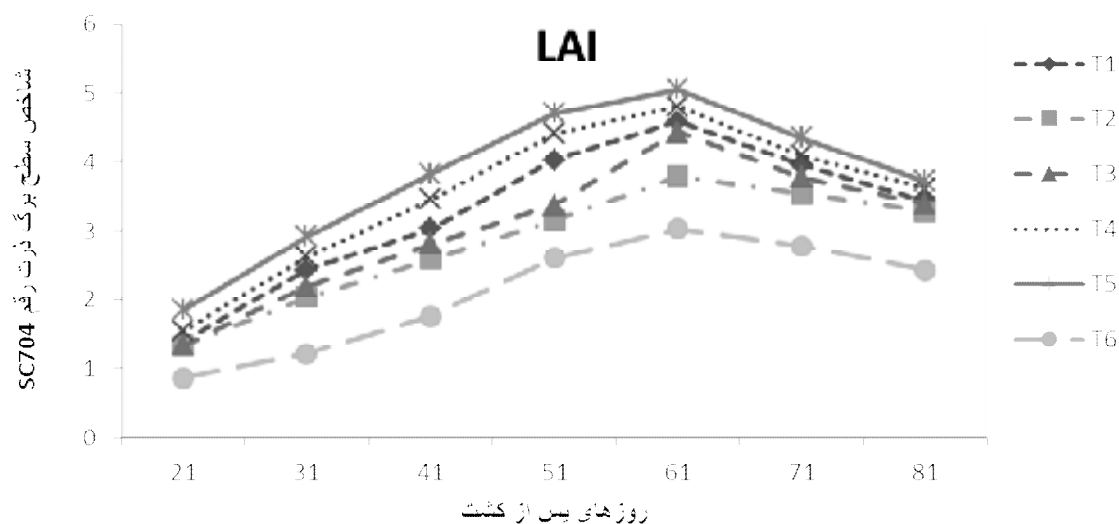
عمق خاک (cm)	درصد اشباع Sp (درصد)	هدایت الکتریکی ( $Ec \cdot 10^3$ ) ( $ds \cdot m^{-1}$ )	pH	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم خاک)	پتاس قابل جذب (میلی گرم خاک)	بافت خاک
0-30	51	0/63	6/7	1/07	0/21	4/2	56	رسی سیلتی

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی کود مرغی مورد استفاده

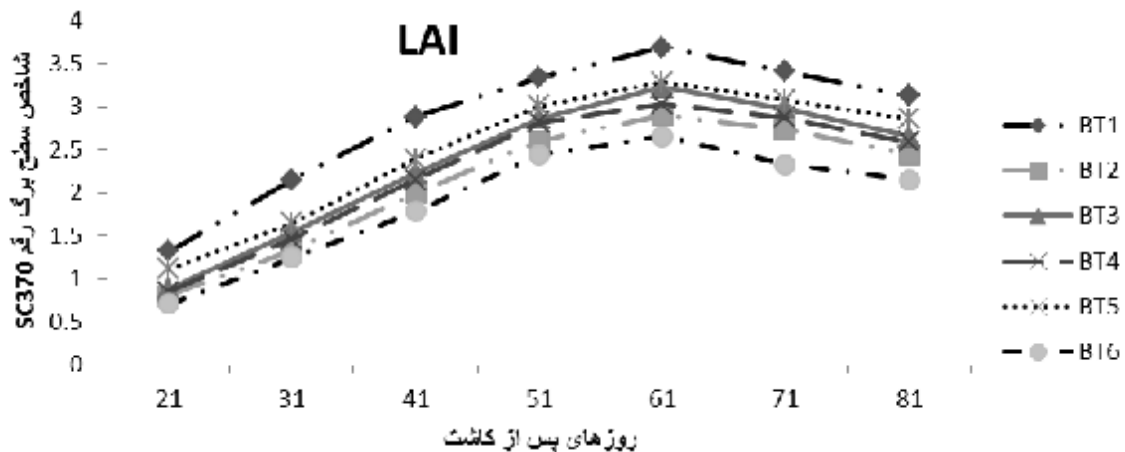
pH	EC ( $ds \cdot m^{-1}$ )	درصد ماده آلی	نیترژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (درصد)	پتاس قابل جذب (درصد)
5/61	8/8	42/4	4/24	1/24	2/14

توان دریافت که در هر دو رقم سطح کودی T<sub>4</sub> دارای شاخص سطح برگ قابل ملاحظه ی بود. علی رغم اینکه کل نیترژن جذب شده در سیستم تغذیه آلی کمتر از سیستم شیمیایی است ولی رهاسازی مداوم نیترژن از منبع آلی باعث شد که جذب نیترژن از آن تداوم بیشتری داشته باشد و در نتیجه باعث افزایش میزان شاخص سطح برگ شود.

افزایش شاخص سطح برگ ذرت بر اثر افزایش میزان کود نیترژن توسط هاتی و همکاران (2006) گزارش شده است. این محققان بیان کردند که شاخص سطح برگ ذرت بر اثر افزایش مقدار کود نیترژن از 40 به 60 کیلوگرم در هکتار بدون تلقیح بذر با ازتوباکتر، به میزان 41% نسبت به شاهد (بدون مصرف کود) افزایش پیدا می کند. با توجه به شکل (1 و 2) می



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت رقم SC704 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T<sub>1</sub> = شیمیایی، T<sub>2</sub> = بیولوژیک، T<sub>3</sub> = مرغی، T<sub>4</sub> = مرغی + بیولوژیک، T<sub>5</sub> = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T<sub>6</sub> = شاهد (عدم مصرف کود))

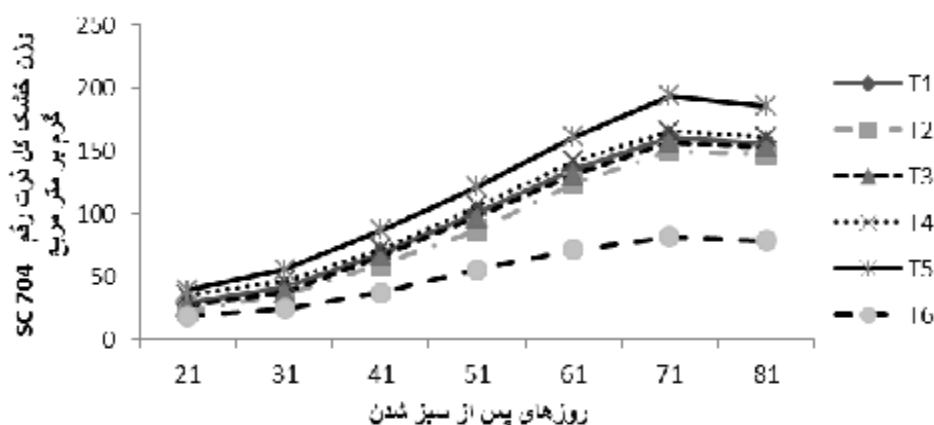


شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت رقم DC370، تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))

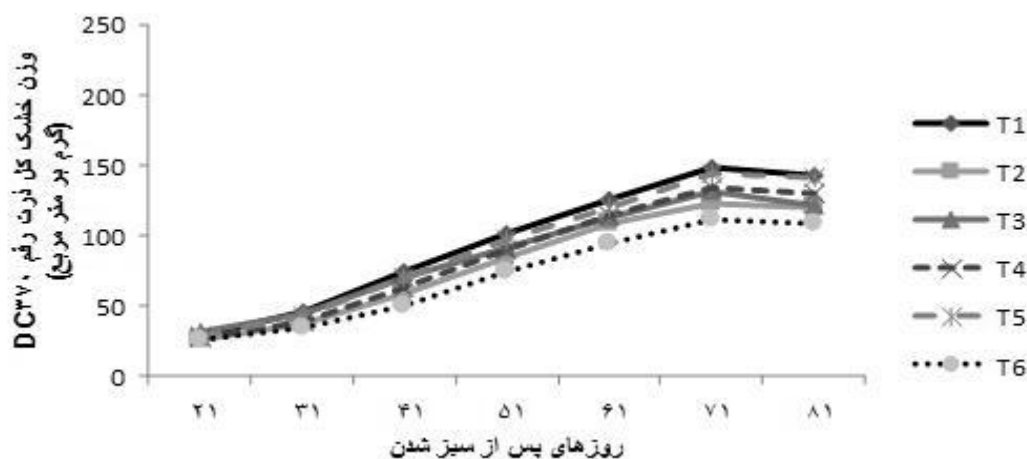
#### وزن خشک کل (TDM)

گزارش کردند که تلقیح شبدر قرمز با کود بیولوژیک به دلیل افزایش جذب فسفر و روی، باعث افزایش بیوماس گیاه شده است. رام و همکاران (1999) گزارش کردند که باکتری های تثبیت کننده نیتروژن از جمله آزوسپریلوم، از طریق همیاری با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح جذب رطوبت می شود و این شبکه گسترده ریشه ها از طریق جذب آب و املاح و انتقال آن ها به گیاه میزبان موجب افزایش ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن خشک آن می شود. در رقم سینگل کراس 704 تیمار کود مرغی و تلفیق کود مرغی و بیولوژیک میزان تجمع ماده خشک را به یک اندازه افزایش داده است، این افزایش احتمالاً به دلیل تجمع مواد آلی در کود مرغی است که به راحتی تجزیه شده و نیتروژن زیادی آزاد می کند، در تلفیق کود مرغی و بیولوژیک این تجزیه افزایش می یابد.

روند تغییرات وزن خشک کل ذرت در رقم SC704 در شکل 3 ارائه شده است. در این شکل حداکثر وزن خشک کل ذرت به سطوح کودی T5 مربوط است. به نظر می رسد رقم سینگل کراس 704 به علت دیر رس بودن بهتر از ترکیب کودی استفاده کرده است در حالی که در رقم DC370 بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار T1 است (شکل 4). در هر دو رقم کمترین وزن خشک به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) مربوط بود. پژوهش های تولنار و دویر (1999) بیانگر آن است که کل تشعشع ورودی و توزیع آن، شاخص سطح برگ، ساختار کانوپی و سرعت فتوسنتز برگ ها عواملی هستند که تجمع ماده خشک کل در ذرت را تعیین می کنند. بررسی استانکوا و همکاران (1992) نشان داد که در اثر تلقیح ذرت با آزوسپریلوم وزن خشک بوته افزایش پیدا می کند. بی و همکاران (2003)



شکل 3- روند تغییرات وزن خشک کل گیاه ذرت رقم SC704 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک + شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))



شکل 4- روند تغییرات وزن خشک کل گیاه ذرت رقم DC370 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک + شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود)).

#### سرعت رشد محصول (CGR)

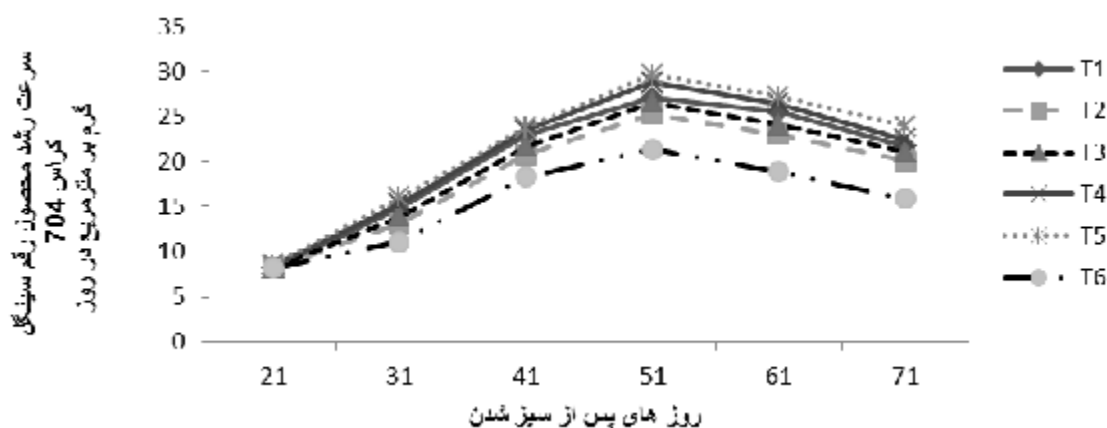
مربع در روز و در رقم DC370 به ترتیب در سطح کودی T1 با 24/9 گرم بر مترمربع در روز و شاهد T6 با 18/5 گرم بر مترمربع مشاهده شد (شکل 5 و 6). سرعت رشد گیاه معیاری کمی و نشان دهندهی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه است. سرعت رشد گیاه در یک واحد زمانی مشخص و در واحد سطح زمین است و ارتباط قوی با میزان تشعشع خورشید و دمای هوا دارد (سرمد نیا و همکاران 1368). افزایش سرعت رشد محصول در ابتدای فصل رشد به رشد و نمو سریع برگ ها و ساقه نسبت داده می شود، که این امر مستلزم تأمین آب عناصر غذایی کافی جهت رشد و

تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به سیستم های مختلف حاصلخیزی در دو رقم در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها از روند نسبتاً یکسانی پیروی کرد، بدین صورت که سرعت رشد محصول با گذشت زمان افزایش یافت و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود روند کاهش پیدا کرد و در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و ریزش برگ ها منفی شد. بیشترین و کمترین میزان سرعت رشد محصول در رقم SC704 به ترتیب در سطح کودی T5 با 29/6 گرم بر متر مربع در روز و شاهد T6 با 23/9 گرم بر متر

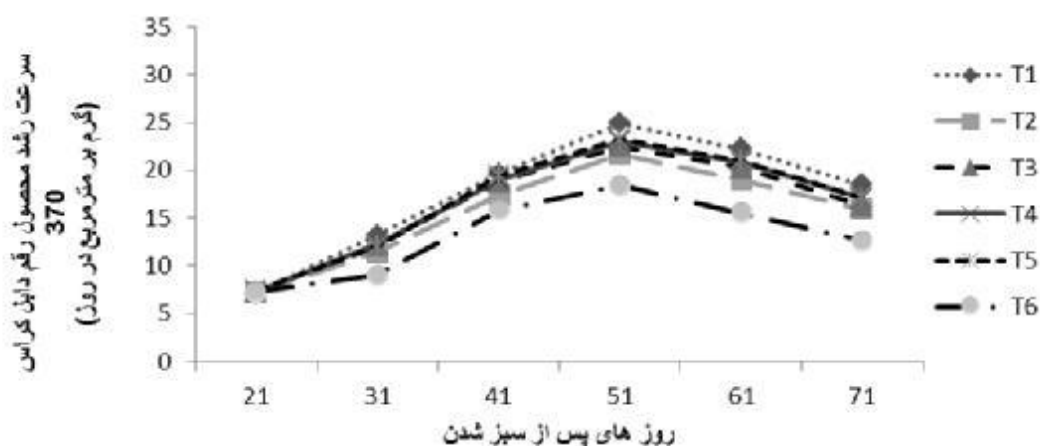


غذایی توسط گیاه دانستند. نتایج تحقیقات اخیر نشان داده است که استفاده از کودهای بیولوژیک همراه با کودهای آلی و شیمیایی باعث بهبود ساختار فیزیکی خاک و افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن قابل دسترس برای گیاه همزیست می شود (اردکانی و همکاران 1379، بروسارد و همکاران 1997 و هانگیا و همکاران 1997).

توسعه گیاه به ویژه در مراحل بحرانی رشد می باشد (لطیفی و همکاران، 1382 و ملکی، 1387). باس و همکاران (2005) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با کود بیولوژیک ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد علوفه این گیاه زراعی می شود. وو و همکاران (2005) نیز گزارش کردند که تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث افزایش سرعت رشد محصول می شود. آنان دلیل افزایش سرعت رشد گیاه زراعی را بهبود جذب مواد



شکل 5 - روند تغییرات سرعت رشد محصول رقم SC704 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک + شیمیایی، T5 = بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))



شکل 6 - روند تغییرات سرعت رشد محصول رقم DC370 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک + شیمیایی، T5 = بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود)).

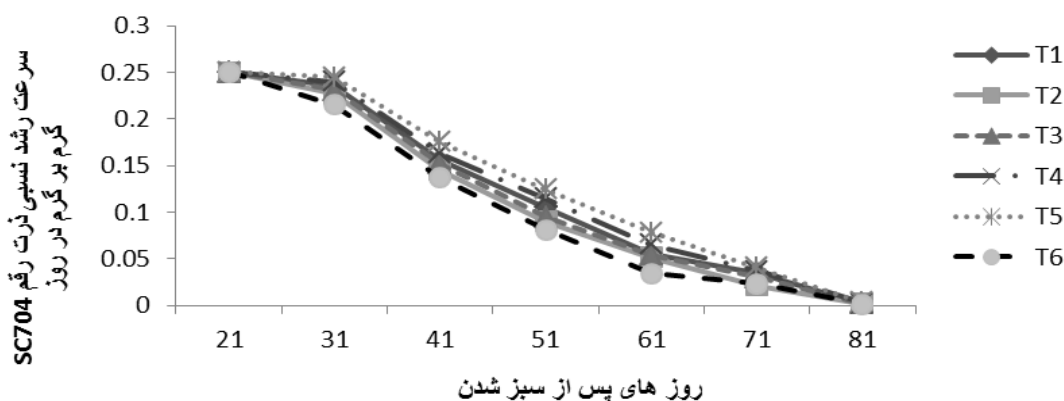
در تیمار های مختلف در دو رقم ذرت مطالعه شده را نشان می دهند. بالاترین میزان RGR در هر دو رقم

سرعت رشد نسبی (RGR)

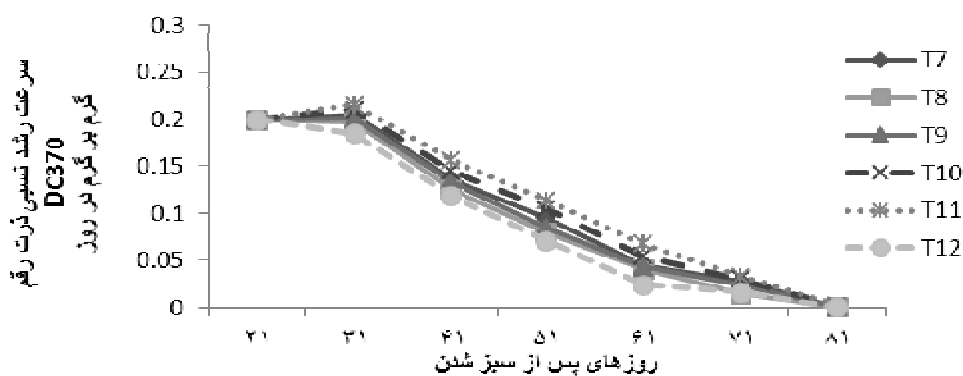
شکل های 7 و 8 روند تغییرات سرعت رشد نسبی

تغذیه ای قرار دارند سرعت رشد نسبی بیشتری در اواخر فصل رشد دارند و کاهش شیب منحنی، به صورت ملایم تر و روند کاهش به صورت منظم تر می باشد. ترکیبات کودی مناسب سبب افزایش بافت های فتوسنتز کننده می شوند که این امر بیشتر شدن RGR را سبب می گردد.

مورد مطالعه به سطح کودی T5 در 21 روز پس از کاشت مربوط است. باتری و همکاران (1988) گزارش کردند که سرعت رشد نسبی با گذشت زمان به صورت خطی کاهش می یابد، آنان بالا بودن سرعت رشد نسبی را در ابتدای دوره رشد به سایه اندازی کمتر بوته ها بر همدیگر نسبت داده اند. گیاهانی که در شرایط مطلوب تر



شکل 7- روند تغییرات سرعت رشد نسبی SC704 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))



شکل 8- روند تغییرات سرعت رشد نسبی DC370 تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))

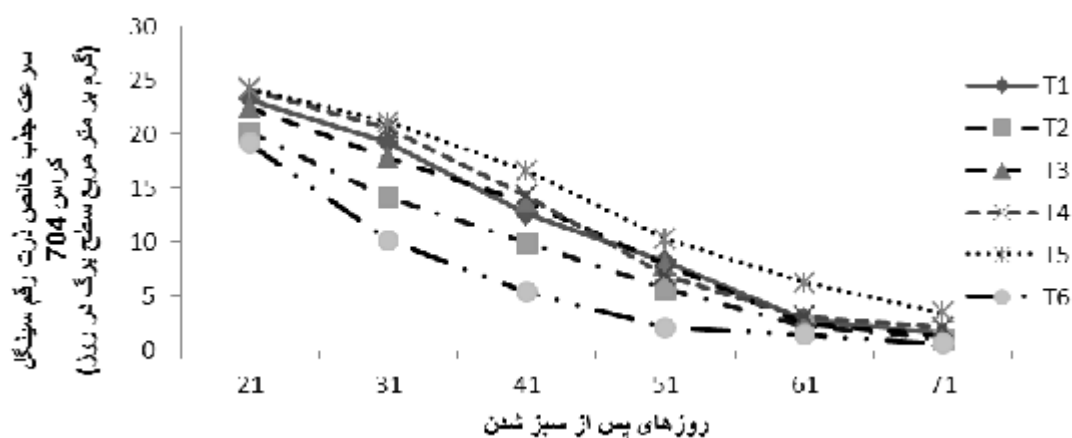
پاسخ به تیمارهای کودی مختلف در طول فصل رشد در شکل های 9 و 10 نشان داده شده است. تغییرات NAR در تمامی تیمارها روند نزولی نسبتاً مشابهی داشت، به طوری که سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد بالا بود و سپس تا انتهای فصل رشد به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و پیر شدن برگ ها روند نزولی داشت. میزان NAR در 71 روز پس از

#### سرعت جذب خالص (NAR)

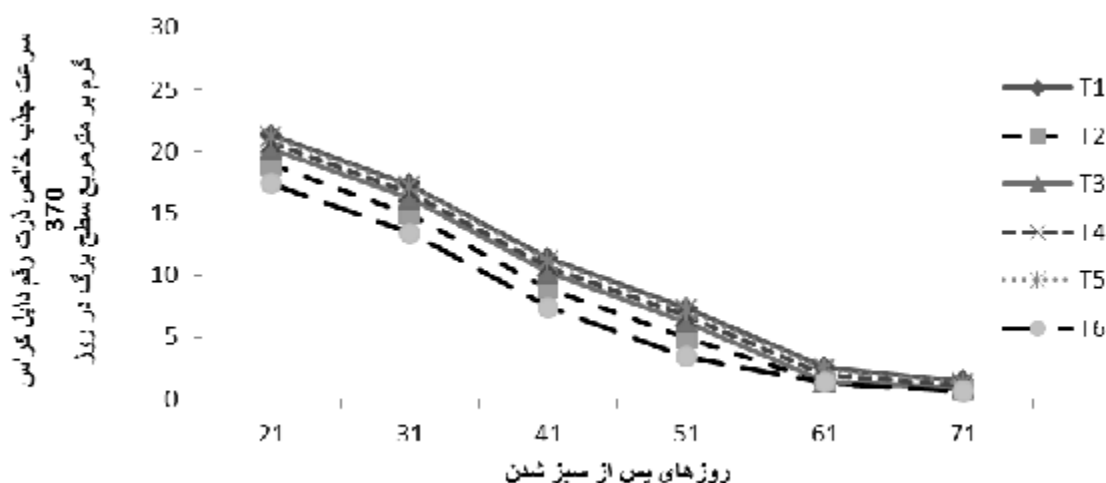
سرعت فتوسنتز خالص یک معیار مناسب برای بیان ویژگی های رشد گیاهان است و از آنجای که برگ ها، عمده ترین عامل فتوسنتز کننده گیاه می باشند، لذا بیان رشد بر اساس سطح برگ مطلوب به نظر می رسد (حیدری شریف آباد و همکاران 1382). روند تغییرات سرعت جذب خالص گیاه ذرت در دو رقم در

ضمن بهبود شرایط خاک، بتدریج تجزیه شده و سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و در نتیجه افزایش قابلیت استفاده از کودهای شیمیایی شده است. محمدزاده و میوه چی لنگرودی (1377) گزارش کردند که مصرف کود دامی همراه با کودهای فسفر به دلیل افزایش درصد بازیافتی فسفر، موجب کاهش کود فسفر تا 50 درصد شد. سرعت جذب و فتوسنتز خالص (NAR) تحت تأثیر عوامل بسیار زیادی قرار داد که اندازه گیری آن ها پیچیده است و به سادگی قابل تشخیص نیست. به همین دلیل نتایج بسیاری از محققین در مورد سرعت جذب و فتوسنتز خالص با یکدیگر تفاوت دارد. میزان NAR در تیمار شاهد با شیب تندتری کاهش یافته است که این موضوع ممکن است به ریزش زودتر برگ ها در این تیمار نسبت به سایر تیمارها مربوط باشد.

کاشت برای تمامی تیمارها در دو رقم ذرت کمترین مقدار بود. بیشترین میزان NAR در رقم SC704 در 21 روز پس از کاشت به ترتیب به سطح کودی T5 (تلفیق کودی) و شاهد T6 مربوط بود و در رقم DC370 در 21 روز پس از کاشت به ترتیب به سطح کودی T1 (کود شیمیایی) و شاهد T6 تعلق داشت. چاترجی و همکاران (2002) تولید انواع هورمون های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسید جیبرلیک و اسید ایزو جیبرلیک توسط باکتری موجود در کود بیولوژیک را مسئول افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو ذرت دانستند. بدین ترتیب چنین به نظر می رسد که در این پژوهش نیز این باکتری از طریق تولید هورمون های محرک رشد، شاخص های رشدی گیاه ذرت را تحت تأثیر قرار داده است که به افزایش شاخص های رشدی در سطح کودی T5 نسبت به شاهد منجر شده است. در مطالعه ی دیگر نشان داده شد که مصرف کود دامی



شکل 9- روند تغییرات سرعت جذب خالص رقم SC704 ذرت تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))

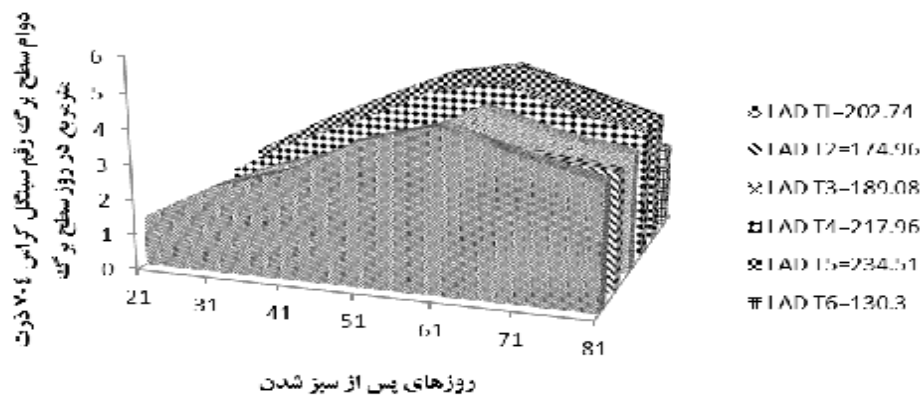


شکل 10- روند تغییرات سرعت جذب خالص رقم DC370 ذرت تحت تأثیر سیستم‌های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرعی، T4 = مرعی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرعی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))

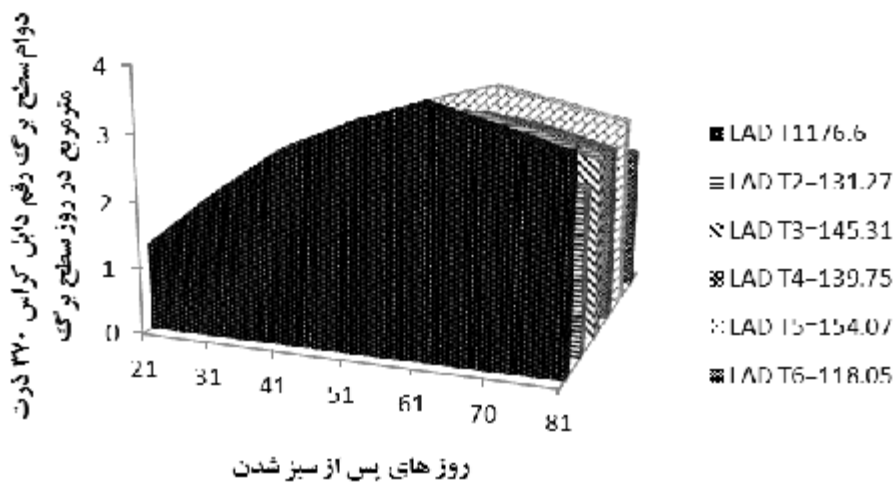
کمبود نیتروژن پیش از موعد کاهش می‌یابد. خارج شدن نیتروژن از برگ باعث تحریک پیری در برگ‌ها می‌شود. در تیمارهای ترکیب کود شیمیایی با بیولوژیک چون نیتروژن همیشه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، برگ‌ها دیرتر پیر می‌شوند و دوام سطح برگ دیرتر کاهش می‌یابد. در تیمار تلفیقی چون آزاد شدن نیتروژن از کود آلی به تدریج انجام می‌گیرد در نتیجه، گیاه در طول دوره رشد نیتروژن در اختیار دارد و دیرتر پیر می‌شود و دوام سطح برگ بیشتری دارد. بالا بودن دوام سطح برگ بعد از مرحله زایشی بسیار مهم و حیاتی است، زیرا بالا بودن آن ارتباط مستقیمی با افزایش عملکرد گیاه دارد. شکوفا و امام (2008) گزارش کردند که حفظ سطح فتوسنتزی برگ ذرت، هم زمان با انتهای فصل رشد تأثیر مستقیمی بر عملکرد دارد. آلانجونز (1985) دریافت که که محلول پاشی کود اوره می‌تواند تا حد قابل توجهی مانع پیری زودرس در غلات شود.

#### دوام سطح برگ (LAD)

دوام سطح برگ نشان‌دهنده‌ی دوام بافت‌های فتوسنتزی جامعه گیاهی است که با عملکرد همبستگی خوبی دارد، زیرا هرچه انرژی خورشیدی دریافتی در مدت زمان بیشتری به گیاه برسد، ماده خشکی بیشتری نیز تولید خواهد شد (حمزی 1385). نتایج بررسی روند تغییرات دوام سطح برگ دو رقم گیاه ذرت در شکل 11 و 12 نشان داده شده است. میزان دوام سطح برگ در رقم SC704 در تمام سطوح کودی بیشتر از رقم DC370 بود. در رقم SC704 بیشترین دوام سطح برگ به سطح کودی T5 (تلفیق کودی) و کمترین آن به شاهد T6 مربوط بود. در رقم DC370 بیشترین دوام سطح برگ به سطح کودی T1 و کمترین به تیمار T6 مربوط بود. ماندگاری بیشتر سطح برگ در تیمارهای تلفیقی همراه با کاربرد کود بیولوژیک از طریق ترشح هورمون‌های مختلف رشد قابل توجهی است. آزمایش‌های به عمل آمده در مورد دوام سطح برگ، نشان داده است که دوام سطح برگ و شاخص سطح برگ در اثر



شکل 11- روند تغییرات دوام سطح برگ رقم SC704 ذرت تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))



شکل 12- روند تغییرات دوام سطح برگ رقم DC370 ذرت تحت تأثیر سیستم های مختلف حاصلخیزی (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک، T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود))

کراس 370 می باشد. دلیل آن را می توان به دیررس بودن رقم سینگل کراس 704 دانست که زمان کافی برای استفاده از مواد غذایی در اختیار داشته است. تیمار  $AT_5$  و  $BT_1$  دارای بیشترین شاخص سطح برگ، وزن خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و دوام سطح برگ هستند که به تبع آن بیشترین عملکرد را دارند. یزدانی و همکاران (2009) با کاربرد باکتری های محرک رشد و حل کننده فسفات در تلفیق با

#### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد که فاکتور رقم، کود و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد. با توجه به مقایسه میانگین ها (شکل 13) می توان دریافت بیشترین عملکرد دانه به تیمار  $AT_5$  و کمترین عملکرد به تیمار  $AT_6$  و  $BT_6$  مربوط است. با توجه به شکل می توان نشان داد در تمام تیمار ها عملکرد رقم سینگل کراس 704 بیشتر از رقم دابل

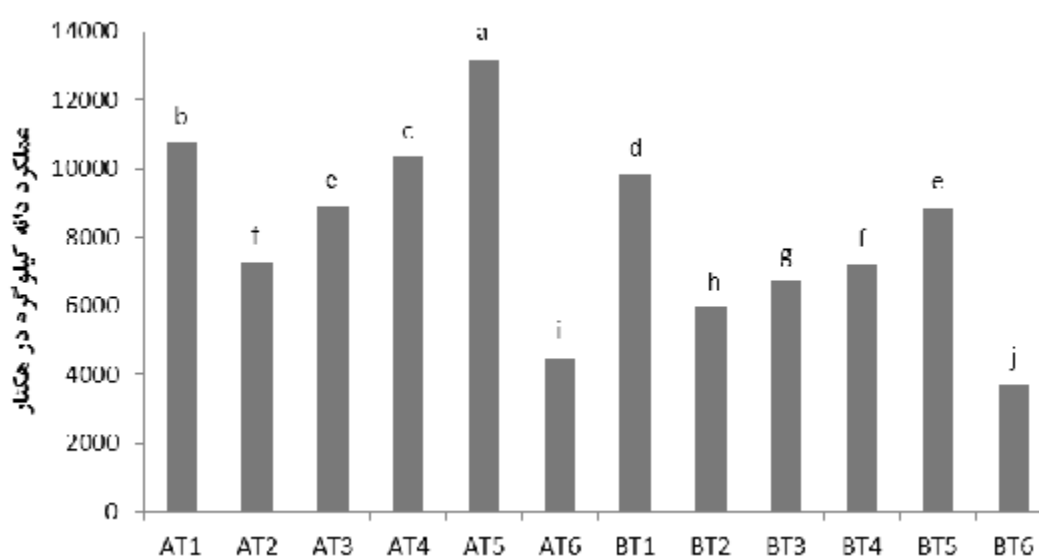
باکتری های محرک رشد از طریق فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون های محرک رشد و ترشح آنزیم های مختلف، از قبیل آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی که موجب محلول سازی فسفات و افزایش فسفات قابل جذب گیاه می شوند، عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه را افزایش می دهند (ویسی 2003). کاربرد تلفیقی کود های شیمیایی با کود بیولوژیک و آلی باعث حصول بیشترین عملکرد نسبت به مصرف تنهایی هر کدام از کودهای شیمیایی، بیولوژیک و آلی می شود (آموجویگب و همکاران 2007).

کود شیمیایی توانستند کاربرد کود فسفره را 50 درصد بدون افت عملکرد دانه ذرت، کاهش دهند. در همین رابطه، توحیدی مقدم و همکاران (2008) نیز گزارش کردند تلقیح بذر سویا با باکتری حل کننده فسفات به همراه نیمی از مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد دانه و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده گیاه نسبت به مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد. این نتایج نشان می دهد مصرف کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی و آلی باعث افزایش کارایی کودهای زیستی و آلی می شود. برخی پژوهشگران گزارش کرده اند که

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه دو رقم ذرت متأثر از سطوح مختلف کود

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه
تکرار	2	3908/5 <sup>ns</sup>
کود	5	39531692/2 <sup>**</sup>
رقم	1	38282537/2 <sup>**</sup>
کود×رقم	5	3033069/7 <sup>**</sup>
اشتباه آزمایشی	9	66533/3
ضریب تغییرات	-	4/42

ns و \*\*: به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال 1% میباشد.



شکل 13 - مقایسه میانگین اثر متقابل رقم (سینگل کراس 704 (A) و دابل کراس 370 (B)) و کود (T1 = شیمیایی، T2 = بیولوژیک، T3 = مرغی، T4 = مرغی + بیولوژیک T5 = شیمیایی + بیولوژیک + مرغی، T6 = شاهد (عدم مصرف کود)) برای عملکرد دانه ذرت.

## نتیجه گیری

میکروارگانسیم ها، تبادلات گازی و ظرفیت نگهداری آب شود. اثرات مثبت کودهای ترکیبی با کود آلی و بیولوژیک بر رشد که قبلاً در مورد سایر گیاهان زراعی تأیید شده، برای گیاه ذرت نیز صادق می باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل، چنین به نظر می رسد که کاربرد سیستم های حاصلخیزی مناسب، می تواند در افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات رشدی گیاه ذرت موثر باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده توأم کود های شیمیایی، بیولوژیک و دامی می تواند باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه گردد و کاهش استفاده از کود های شیمیایی را سبب شود. علاوه بر این کاربرد کود های دامی و بیولوژیک می تواند باعث افزایش مواد آلی خاک و در نتیجه، اصلاح ساختمان خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، فعالیت

## منابع مورد استفاده

- اردکانی مر، مظاهری د، مجد ف و نورمحمدی ق، 1379. نقش همیاری باکتری آزوسپیریوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم. ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. 16-13 شهریور، بابلسر، دانشگاه مازندران.
- امام ی، 1383. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.
- بنایی م، مومنی ع، بای بوردی م و ملکوتی م، 1383. خاک های ایران تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری، انتشارات سنا.
- حمزی س، 1385. تأثیر قطع برگ پرچم بر عملکرد و کیفیت سه رقم ذرت دانه ای، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.
- حمیدی ا، قلاوند ا، دهقان شعار م، ملکوتی م، اصغرزاده ا و چوکان ر، 1385. اثرات کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) عملکرد ذرت علوفه ای. پژوهش و سازندگی، 70: 16-22.
- حیدری شریف آباد ح، و دری م، 1382. نباتات علوفه ای (گندمیان)، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، نشریه شماره 324. سرمد نیاغ و کوچکی ع، 1368. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه مشهد.
- فلاح س، قلاوند ا و خواجه پور م، 1386. تأثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در خرم آباد لرستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 40: 233-242.
- کوچکی عم، راشد محصل ح، نصیری م و صدر آبادی ر، 1367. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو. انتشارات استان قدس رضوی.
- لطیفی ن، نواب پور س و اکرم قادری ف، 1382. ارزیابی شاخص های رشد در آفتابگردان، رقم رکورد، تحت شرایط دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، 17(1): 61-67.
- محمدزاده ع و میوه چی لنگرودی ح، 1377. روش مصرف توأم کود حیوانی و فسفر در خاک برای کاهش مصرف کود فسفره در خاکهای استان بوشهر. نشریه علمی پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، 12(1): 20-27.

- ملکی ع، 1387. اثر فواصل آبیاری و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای بهاره (*Brassica napus*). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ملکوتی مج و غیبی من، 1384. ضرورت کود پتاسیم در ذرت (افزایش محصول و بهبود کیفیت). انتشارات سنا، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- Allanjones C, 1985. C4 Grasses and Cereals. Wiley Interscience Publication. New York. 301 pp.
- Amujoyegbe BY, Opbode JT and Olayinka A, 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of *Zea mays* and *Sorghum bicolor*. Department of Plant Science, 46:186-174.
- Bath SA, Thenua OVS, Shivakumar BG and Malik JK, 2005. Performance of summer green gram [*Vigna radiate* (L.) Wilczek] as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition. Haryana. Journal of Agronomy, 21:203-205.
- Brussard L and Ferrera-Cenato R, 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, U.S.A.
- Bostick WMN, Bado VB, Bationo A, Solar CT, Hoogenboom G and Jones JW, 2007. Soil carbon dynamics and crop residue yields of cropping systems in the Northern Guinea Savanna of Burkina Faso. Soil and Tillage Research, 93(7): 138–151.
- Baker. 2006. Nitrogen uptake characteristics of corn roots at low N concentration as influenced by plant age. Agronomy Journal, 132: 17-19.
- Barea JM, Toro M, Orozco MO, Campos E and Azcon R, 2002. The application of isotopic ( $^{32}\text{P}$  and  $^{15}\text{N}$ ) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and Rhizobium to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 63: 35-42.
- Bi YL, Li XLL and Christie P, 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from a low-phosphorus soil amended with zinc and phosphorus. Chemosphere, 50:831- 837.
- Buttery BR, 1988. Analysis of growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. Canadian Journal of Plant Science, 49:675-684.
- Chatterjee SK, 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India: A commercial approach. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS), 576:191-202.
- Das M, Singh BP, Ram M and Prasad RN, 1991. Response of maize (*Zea mays*) to phosphorus-enriched manures grown in P-deficient Alfisols on terraced land in Meghalaya. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 61(6): 383-388.
- Ferrise R, Triossi A, Stratonovitch P, Bindi M and Martre P, 2010. Sowing date and nitrogen fertilisation effects on dry matter and nitrogen dynamics for durum wheat: An experimental and simulation study. Field Crops Research, 117: 245–257.
- Hati KM, Mandal KG, Misra AK, Ghosh PK and Bandyopadhyay KK, 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water use efficiency of soybean in Vertisols of central India. Bioresource Technology, 97: 2182–2188.
- Haynes RJ and Naidu R 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 51: 123–137.
- Hungria M, Andrade DS, Colozzi-Filho A, and Balota EL, 1997. Interação entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monocultura consórcio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 32:807-818.
- Gyaneshwar P, Naresh Kumar G, Parekh LJ and Poole PS, 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant and Soil, 245: 83-93.



- Girardin P, Tollenaar M, Deltour A and Muldoon J, 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. *Agronomie (Paris)*, 7: 289 – 296.
- Gentili F and Jumpponen A, 2006. Possible uses of bacterial and fungal biofertilizers. In: *Handbook of Microbial Biofertilizers*. Rai, M.K. (Ed.). The Haworth Press, New York, 579p.
- Karimi MM, and Siddique KHM, 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research*, 42:13-20.
- Lopez-perez A, Casanova E, Chacon LA, Pazand PM and Guerrero JR, 1990. Residual effect of three phosphate rocks from Tachina (Venezuela) in a greenhouse experiment with maize (*Zea mays* L.) as indicator plant. *Revista-Cientifica- UNET* 4 (1–2): 29–48.
- Nieto KF, and Frankenberger WT, 2000. Biosynthesis of cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 21: 967-972.
- Orhan E, Esitken A, Ercisli S, Turan M and Sahin F, 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111: 38–43.
- Ram G, Rai SN and Kavimandan SK, 1999. Influence of Azotobacterization in presence of fertilizer nitrogen in the yield of wheat. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 33: 424-426.
- Rai SN and Gaur AC, 1998. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil*, 109: 131-134.
- Ridge EM, 1999. Inoculation and survival of *Azotobacter chroococcum* on stored wheat seed. *Journal of Applied Bacteriology*, 33: 262-269.
- Reddy TY, Reddi GH. 1995. *Principles of Agronomy*. 2nd Edition, Kalyani Publishers. New Delhi, 110002.p. 223.
- Sarkar S, Singh SR and Singh RP, 2003. The effect of organic and inorganic fertilizers on soil physical condition and the productivity of a rice– lentil cropping sequence in India. *Journal of Agricultural Science*, 140: 419–425.
- Shekoofa A and Emam Y, 2008. Plant growth regulator (Ethepon) alters maize growth, water use and grain yield under water stress. *Journal of Agronomy*, 7(1): 41-48.
- Stancheva I, Dimitrev I, Kuloyanova N, Dimitrova A, and Anyelov M, 1992. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense*, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. *Agronomie*, 12:319-324.
- Struz A and Christie B. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, 69: 353-364.
- Tohidi-Moghadam H, Nasri M, Zahedi H, Paknegad F and Ranzhad R, 2008. Application of biofertilizers due to decrease utilization of chemical fertilizers in soybean. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan.1423-1434.
- Tollenaar M and Dwyer LM, 1999. Physiology of maize. In: D. L. Smith and C. Hamel (eds.). *Crop Physiology and Processes*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg, pp 169-199.
- Uhart SA and Andrade FH, 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effect on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science*, 35:1376-1383.
- Vessy K, 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- Winter SR and Ohlrogge AJ, 1993. Leaf angle, leaf area, and corn yield. *Agronomy Journal*, 65: 395-397.
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Chenng KC, and Wong MH, 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125:155-166.

- Yazdani M, Bahmanyar MA, Pirdashti H and Esmaili MA, 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays L.*). World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 90-92.
- Zahir AZ, Arshad M, Khalid A, 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science, 15: 7-11.
- Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81:97-168.