نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱-۱

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 1-21

تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر

اسماعیل فرخی[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و رحیم خادمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۸

فرخی، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و خادمی، ر. ۱۳۹۷. تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۱-۱.

چکیده

آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) جزء گیاهان با فتوسنتز متابولیسم اسید کراسولاسه می‌باشد. با توجه به اهمیت آلوئه‌ورا به عنوان یک گیاه دارویی سازگار با اقلیم ایران و به‌خصوص استان بوشهر و عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص واکنش‌های رشدی و عملکردی این گیاه به کودهای غیرشیمیایی، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات رشدی آلوئه‌ورا انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل کاربرد و عدم کاربرد کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل کودهای بیولوژیک و شیمیایی در پنج سطح (۱- کود شیمیایی (۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره)، ۲- کود بیولوژیک میکوریزا (خاک حاوی قارچ‌هایی از گونه موسه‌آ)، ۳- کود بیولوژیک نیتراژین شامل باکتری‌های ازتوباکتر، سدوموناس و آزسپیریلیوم.، ۴- ترکیب دو کود بیولوژیک میکوریزا و نیتراژین و ۵- شاهد (بدون مصرف کود)) بودند. شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، سرعت آسیمیلاسیون خالص و نسبت سطح برگ اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان داد برهمکنش بین کود دامی و کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص سطح برگ و حداکثر ماده خشک آلوئه‌ورا معنی‌دار بود. کاربرد کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث بهبود شاخص‌های رشد گردید. تلفیق کود دامی با کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر رشد آلوئه‌ورا داشت. به‌طوری که تیمار تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی دارای بیشترین شاخص سطح برگ (۶/۱)، سرعت رشد محصول (۰/۷۹ گرم در مترمربع در روز) و حداکثر ماده خشک (۱۱۱/۵۷ گرم در مترمربع) بود. در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که برای تولید عملکرد بالا و با کیفیت آلوئه‌ورا می‌توان از تلفیق کودهای دامی و بیولوژیک به جای کودهای شیمیایی سود برد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، میکوریزا، نیتراژین

مقدمه

در نیم‌قرن آینده تولید مواد غذایی برای تغذیه جمعیت روزافزون جهان بسیار دشوارتر از نیم‌قرن گذشته خواهد بود (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008) و افزایش جمعیت جهان سبب افزایش فشار بیشتر بر اراضی کشاورزی به‌منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی می‌شود (Khavazi et al., 2005)، لذا ایده افزایش تولید در واحد سطح با کاربرد کودهای شیمیایی بیشتر قوت می‌گیرد که این امر نیز به‌نوبه خود مشکلات جدیدی را در عرصه محیط‌زیست ایجاد می‌نماید. تا همین اواخر، موضوع پایداری در مباحث کشاورزی به ندرت به چشم می‌خورد. هم‌اکنون پایداری یکی از متداول‌ترین واژه‌هایی است که به‌صورت گسترده به‌کار می‌رود. کشاورزی پایدار فراتر از یک متدولوژی بوده و رهیافت فلسفی متفاوتی را می‌طلبد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و معاون پژوهشی و عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v10i1.26900

(Jahan & Nassiri Mahallati, 2013). چندی است که کودهای بیولوژیک به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کاربرد کودهای حیوانی به عنوان یک عنصر مهم در مدیریت مواد مغذی خاک به شمار می‌رود. علاوه بر مواد مغذی و کربن آلی، طیف وسیعی از میکروب‌ها و میکروارگانیسم‌ها در کودهای دامی موجود می‌باشد (Deng et al., 2006). استفاده از کودهای آلی (دامی) همراه با کودهای بیولوژیک می‌تواند به عنوان بستر اولیه برای فعالیت کودهای بیولوژیک مناسب باشد. محققان همچنین نشان داده‌اند که کاربرد کودهای بیولوژیک در تلفیق با کود دامی، اثرات کود بیولوژیک را افزایش می‌دهد (Sabahi et al., 2010).

آلوئه‌ورا یا صبر زرد (*Aloe vera* L. Syn: *A.barbadensis* Miller) متعلق به تیره لاله[1] (یا آلوئه[2]) و جزء گیاهان گوشتی، چند-ساله و همیشه سبز می‌باشد (Mirza et al., Omidbaigi, 2010; Morton, 1961; 2008). این گیاه بومی آفریقای جنوبی و شرقی و ماداگاسکار است که به تدریج به آفریقای شمالی، شبه جزیره عربستان، چین، جبل‌الطارق، کشورهای مدیترانه‌ای، و غرب هندوستان وارد شده است (Ziaee et al., 2005; Adams et al., 2000). صبر زرد دارای متابولیسم اسید کراسولاسه (CAM)[3] می‌باشد (Hernández-Cruz et al., Rodriguez-Garcia et al., 2007; 2002). گیاه دارویی آلوئه ورا با نام صبر زرد، صبر تلخ یا شاخ بزی که در استان بوشهر با نام‌های گل سگله، گل قبر یا چادروا شناخته می‌شود یکی از گونه‌های مهم دارویی است که در نواحی گرم وخشک از جمله سواحل جنوبی کشور می‌روید (Yazdani et al., 2006). نزدیک به ۲۰ هکتار رویشگاه طبیعی گیاه دارویی صبر زرد در سواحل استان بوشهر یافت می‌شود (Srtavi & Gholamian, 2004). این گیاه در استان بوشهر عمدتاً در مساحت‌های کوچک کشت می‌شود و از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ توسعه زیادی پیدا کرد، به‌نحوی که ۹۰ درصد از آلوئه‌وراکاران کشت خود را در این پنج سال انجام دادند (Farrokhi & Nassiri Mahallati, 2013). شناخته‌شده‌ترین کاربردهای ژل آلوئه‌ورا در زمینه‌های آرایشی و دارویی است که اخیراً برای درمان نیش حشرات، زخم، سوختگی، سرطان و ایدز استفاده می‌شود (Ramachandra & Srinivasa, 2008; Hamman, 2008). اطلاعات در مورد مدیریت زراعی این محصول بسیار اندک است. مدیریت حاصلخیزی در مزرعه می‌تواند یکی از استراتژی‌هایی باشد که عملکرد آلوئه‌ورا را به سطحی بالاتر ارتقاء می‌دهد (Mirza et al., 2008). کشاورزان در کشت آلوئه‌ورا از هیچ روش زراعی پیشنهادی بهره نمی‌برند و پیامد این موضوع کاهش عملکرد این گیاه می‌باشد.

در اغلب آزمایشات انجام گرفته بر روی آلوئه‌ورا، فقط خصوصیات مورفولوژیکی مد نظر بوده و به خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص-های رشدی توجهی نشده است. به روش‌هایی که رشد را از دیدگاه کمی ارزیابی می‌کند، تجزیه و تحلیل رشد گفته می‌شود. این روش‌ها جهت تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی به کار می‌روند و شناخت بهتری را از انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه نشان می‌دهد (Sarmadnyia & Koocheki, 1989). در اغلب مواقع آنالیزهای رشد تکمیل‌کننده آنالیز عملکرد است که در انتهای فصل رشد محاسبه می‌شوند. آنالیز عملکرد به‌تنهایی توانایی مشخص کردن تمامی حقایق مربوط به طول دوره رشد را ندارد مگر آن‌که توسط آنالیز رشد یک‌سری از واقعیت‌های طول دوره رشد مشخص شود (Koocheki et al., 1988). جهت آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبه به‌دست می‌آیند. آنالیز رشد را می‌توان بر اساس تک بوته و در سطح معینی از زمین انجام داد (Russel et al., 1984).

منابع علمی موجود در مورد تأثیر کودهای دامی و بیولوژیک بر آلوئه‌ورا بسیار محدود است. میرزا و همکاران (Mirza et al., 2008) طی مطالعه‌ای بر روی شاخص‌های رشدی و عملکرد برگ آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای آلی زیستی، مشاهده کردند بیشترین تعداد برگ و حداکثر وزن برگ، حداکثر کل سطح برگ و همچنین بزرگترین طول و عرض برگ در تیمار ۵۰ درصد خاک + ۵۰ درصد کودگاوی به‌دست آمد. نتایج مطالعات کریشنا مورسی و مالیگا (Krishna Moorthy & Malliga, 2012) ، آئینی و همکاران (Aeini et al., 2012) و موتا فرناندز و همکاران (Mota-Fernández et al., 2011) حاکی از اثر مثبت کودهای زیستی بر رشد آلوئه‌ورا بود. پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2006) در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) با کاربرد کودهای شیمیایی، دامی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور) و تلفیق آن‌ها شاهد افزایش شاخص‌های کل ماده

1- Liliaceae
2- Aloeaceae
3- Crassulacean acid metabolism

خشک، عملکرد بذر، درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ و فاکتور آماس بذر بودند. نتایج مانجیوناتا و همکاران (Manjunatha et al., 2007) در فلفل (*Capsicum annuum* L.) نشان داد که با ترکیب کود شیمیایی و کود دامی، بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه، گسترش گیاه، سطح برگ و دوام سطح برگ حاصل شد. هرشاوردان و همکاران (Harshavardhan et al., 2007) در بادرنجبویه (*Melissa* L.) نتیجه گرفتند که کاربرد ۴۵ کیلوگرم نیتروژن، ۲۲/۵ کیلوگرم فسفر و پتاس به همراه نه تن کود آلی در هکتار، باعث حداکثر تولید اسانس به میزان ۴۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار شد. ال‌ماریوکاسیمر و مورالس (Al-Mario Casimir & Morales, 2003) در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با کاربرد کودهای گاوی، گوسفندی و شیمیایی مشاهده کردند از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد، ولی ارتفاع گیاه در این تیمارها در مقایسه با شاهد بیشتر بود. در تیمار کود شیمیایی و همچنین ترکیب کود شیمیایی و کود گوسفندی حداکثر عملکرد تر و خشک به‌دست آمد. این مطالعه با هدف بررسی روش‌های مدیریت تغذیه‌ای بر تولید گیاه دارویی آلوئه‌ورا در شرایط آب و هوایی استان بوشهر انجام گرفت تا با امکان جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای دامی و بیولوژیک بتوان در جهت تولید پایدار این گیاه دارویی ارزشمند گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی بنداروز استان بوشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، واقع در پنج کیلومتری جنوب شهر برازجان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و طول جرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه‌ی شرقی و ارتفاع ۱۱۰ متری از سطح دریا اجرا شد. حداکثر درجه حرارت، ۵۱ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد و حداقل درجه حرارت ۱- درجه سانتی‌گراد در ماه بهمن، میانگین بارندگی سالانه ایستگاه ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۵/۲۶ درجه سانتی‌گراد و تبخیر سالانه حدود ۳۰۰۰ میلی‌متر است.

قبل از شروع آزمایش مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه‌ای تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از خاک گرفته شد و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. نمونه‌ای از کود دامی نیز جهت تعیین درصد نیتروژن و سایر خصوصیات آن به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت

Table 1- Chemical properties of experimental soil before planting

بافت Texture	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
لومی شنی Silty loam	145	5.88	0.04	5.71	7.7

جدول ۲- مشخصات کود دامی مورد استفاده در این آزمایش

Table 2- Characteristics of manure used in the experiment

نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N	ماده آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
1.94	3.48	0.89	23.1	28.2	7.4	3.52

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۵۰۰ مترمربع اجرا شد. در داخل هر بلوک دو کرت اصلی: ۱- کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار) ۲- عدم استفاده از کود گوسفندی و در داخل هر کرت اصلی پنج کرت فرعی : ۱- میکوریزا، ۲- نیتراژین، ۳- مخلوط میکوریزا و نیتراژین، ۴- کود شیمیایی توصیه شده (۸۰

کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و ۵- شاهد (بدون کود) قرار گرفت. مقدار مصرف کودهای بیولوژیک نیز بر اساس مقدار توصیه شده توسط شرکت‌های سازنده این کودها بود.

در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱۰ مزرعه آزمایشی دو دیسک عمود بر هم زده شد و پس از آن به‌منظور تسطیح خاک از لولر استفاده گردید، و پس از آن نقشه طرح پیاده و کرت‌هایی با اندازه ۳ در ۳/۵ متر ایجاد شد. از آن‌جایی که آبیاری به صورت قطره‌ای انجام می‌گرفت لوله‌کشی‌های لازم در فاصله‌های مشخص بر مبنای فاصله ردیف‌های کاشت، انجام شد.

۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی کاملاً پوسیده قبل از کاشت برای کرت‌هایی که باید با کود دامی تیمار می‌شدند در نظر گرفته شد و به طور مساوی در محل قرار گرفتن ریشه گیاه ریخته شد. مقدار ۴۵ گرم کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت در هر کرت که باید با کود شیمیایی تیمار می‌شدند، مصرف شد. به این صورت که در فاصله دو سانتی‌متری زیر ریشه‌های پاجوش‌ها به‌صورت مساوی ریخته شد. کود میکوریزا نیز به صورت خاک حاوی قارچ‌هایی از گونه موسه‌آ[1] بود که از شرکت زیست‌فناور توران تهیه گردیده بود. این کود نیز قبل از کاشت به مقدار ۱۰ گرم در محل قرار گرفتن ریشه‌های پاجوش‌ها به خاک مزرعه اضافه شد. برای تلقیح گیاهچه‌ها با کود بیولوژیک نیتراژین که به‌صورت مایع است ابتدا کود در ظرفی با دهانه گشاد ریخته شد و پاجوش‌ها در ظرف قرار داده شد به گونه‌ای که ریشه پاجوش‌ها کاملاً با کود آغشته شوند، آن‌گاه بلافاصله پاجوش‌ها در کرت‌های مورد نظر کاشته شد.

در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱۵ پاجوش‌های آلوئه‌ورا با اندازه‌های یکسان (۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) از مزرعه شرکت افضل تهیه و به مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی بنداروز منتقل شد. پس از اعمال تیمارهایی که توضیح داده شد، پاجوش‌های آلوئه‌ورا در ردیف‌هایی منظم به فاصله یک متر و بافاصله روی ردیف ۷۰ سانتی‌متر (تراکم ۱/۴۳ بوته در مترمربع) کاشته شد. پس از کاشت بلافاصله آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد. کود نیتروژن با منبع اوره به‌صورت تقسیط در سه مرحله و با فاصله زمانی سه ماهه به گیاه داده شد. تیمارهای کود نیتروژن به صورت نواری به فاصله پنج سانتی‌متری از ردیف‌های کاشت مصرف شد. کنترل علف‌های هرز در چند نوبت به صورت دستی انجام شد. در طول دوره رشد گیاه هیچ نوع آفت یا بیماری در مزرعه مشاهده نگردید و بنابراین، هیچ سم یا آفت‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

از آن‌جا که آلوئه‌ورا به کندی رشد می‌کند و مدت زمان زیادی برای استقرار کامل پاجوش‌ها در خاک لازم است، نمونه‌برداری‌ها ۱۵۰ روز پس از کاشت و در تاریخ ۳۰ مهرماه ۱۳۹۱ شروع شد. نمونه-برداری شش بار با فواصل ۳۰ روز انجام گرفت.

پس از انتخاب دو بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت، نمونه‌ها به آزمایشگاه واقع در مرکز تحقیقات منتقل و وزن تر بوته، طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، تعداد برگ در بوته و وزن خشک بوته اندازه‌گیری شد. توزین وزن خشک و تر با استفاده از ترازوی دیجیتال انجام گرفت. طول و عرض برگ به‌وسیله خط‌کش و ضخامت برگ به‌وسیله دستگاه کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. بوته‌ها برای خشک شدن به قطعات کوچک‌تر تقسیم شده و سپس در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن، قرار گرفت.

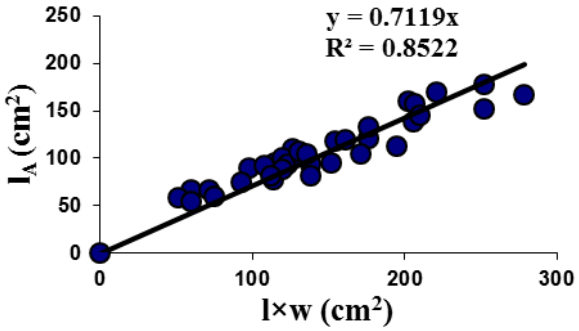
شاخص‌های رشدی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از؛ ماده خشک کل (TDM[2])، شاخص سطح برگ (LAI[3])، سرعت رشد محصول (CGR[4])، سرعت رشد نسبی (RGR[5])، سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR[6]) و نسبت سطح برگ (LAR[7]) .

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ به‌دلیل ضخیم بودن برگ‌های آلوئه‌ورا امکان استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ وجود نداشت به‌همین منظور با استفاده از کاغذ شطرنجی و ترسیم برگ‌های آلوئه‌ورا بر روی کاغذ و به‌دست آوردن مساحت واقعی برگ‌های آلوئه‌ورا شاخص سطح برگ تخمین زده شد. روش کار به این صورت بود که در طول فصل رشد ۳۵ نمونه به‌صورت تصادفی گرفته شد و ابتدا وزن کل بوته اندازه‌گیری شد و سپس بزرگترین برگ بوته انتخاب و طول و عرض آن اندازه گرفته شد و بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم شد و در نهایت با برازش مدل رگرسیون خطی بین مساحت واقعی برگ و حاصل‌ضرب طول در عرض (شکل ۱)، شیب خط رگرسیون معادل ۰/۷۱۱ به عنوان ضریب تصحیح برای محاسبه

1- *Glomus mosseae*

2- Total dry matter
3- Leaf area index
4- Crop growth rate
5- Relative gowth rate
6- Net assimilation rate
7- Leaf area ratio

مساحت برگ مورد استفاده قرار گرفت (معادله ۱).



شکل ۱- رابطه خطی بین سطح برگ آلوئه‌ورا (l_A) و بیشترین طول و عرض برگ (l×w)

Fig. 1- The linear relationship between leaf area (l_A) and maximum length and width of leaf (l×w) in aloe vera

$$l_A = a \times (L_l \times L_w)$$

معادله (۱)

با توجه به شکل ۱، a =۰/۷۱۱، در این معادله، l_A: سطح برگ، L_l: بیشترین طول برگ و L_w: بیشترین عرض برگ، می‌باشد. سپس شاخص سطح برگ با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

$$\text{density}\left(\frac{Plant}{m^2}\right) = \frac{1m}{0.7m} = 1.43$$

معادله (۲)

وزن $= \text{DM}\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2\,\text{erth}}\right)$ = کل ماده خشک بوته در متر مربع

تراکم بوته در مترمربع × خشک کل هربوته

معادله (۳)

$l_A(m^2)$ = سطح برگ = طول برگ (m) × عرض برگ (m) × 0.7119 × تعداد برگ در بوته

معادله (۴)

$$\text{SLA}\left(\frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{g leaf}}\right) = \frac{l_A \text{m}^2}{\text{a dried leaf (g)}}$$

معادله (۵)

$$LAI = \frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{m}^2\,\text{erth}} = \text{DM}\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2\,\text{erth}}\right) \times \text{SLA}\left(\frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{g leaf}}\right)$$

معادله (۶)

برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت، از بین معادلات غیر خطی آزمون شده، مدل لجیستیک (معادله ۷) زیر به‌دلیل برخورداری از بهترین ضریب تبیین (R^2)، برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک کل گیاه (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به روزهای بعد از کاشت، مورد استفاده قرار گرفت:

$$\text{LAI} = \text{TDM} = \frac{a}{(1+b\times\exp(-c\times t))}$$

معادله (۷)

که در این معادله، a: حداکثر ماده خشک یا شاخص سطح برگ، b: ضریب ثابت معادله و c: میانگین سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد می‌باشد.

سپس سرعت رشد محصول (CGR) که از مشتق اول معادله برازش شده به داده‌های ماده خشک (معادله ۸) و سرعت رشد نسبی(RGR) که از مشتق دوم معادله برازش شده به ماده خشک (معادله ۹) به‌دست آمد.

معادله (۸)

$$\text{CGR} = \frac{dy}{dt} = \frac{a \times b \times c \times exp(-c \times t)}{((1 + b \times \exp(-c \times t))^2}$$

معادله (۹)

$$\text{RGR} = \frac{d_2 y}{dt} = \frac{b \times c \times exp(-c \times t)}{(1 + b \times \exp(-c \times t))} = \frac{\text{CGR}}{\text{TDW}}$$

که در این معادلات، a، b و c: ضرایب تعریف شده در معادله (۷) می‌باشد و نهایتاً سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) و نسبت سطح برگ (LAR) از طریق معالات ۱۰ و ۱۱ محاسبه شد:

$$\text{NAR} = \frac{\text{CGR}}{\text{LAI}}$$

معادله (۱۰)

$$\text{LAR} = \frac{\text{RGR}}{\text{NAR}}$$

معادله (۱۱)

به منظور تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش و رسم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزارهای Minitab 16 و

Microsoft Excel 2007 استفاده شد. برای برازش معادلات غیرخطی رشد و به‌دست آوردن ضرایب آن‌ها از نرم‌افزار Slidewrite v7.01 استفاده شد. در نهایت، مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

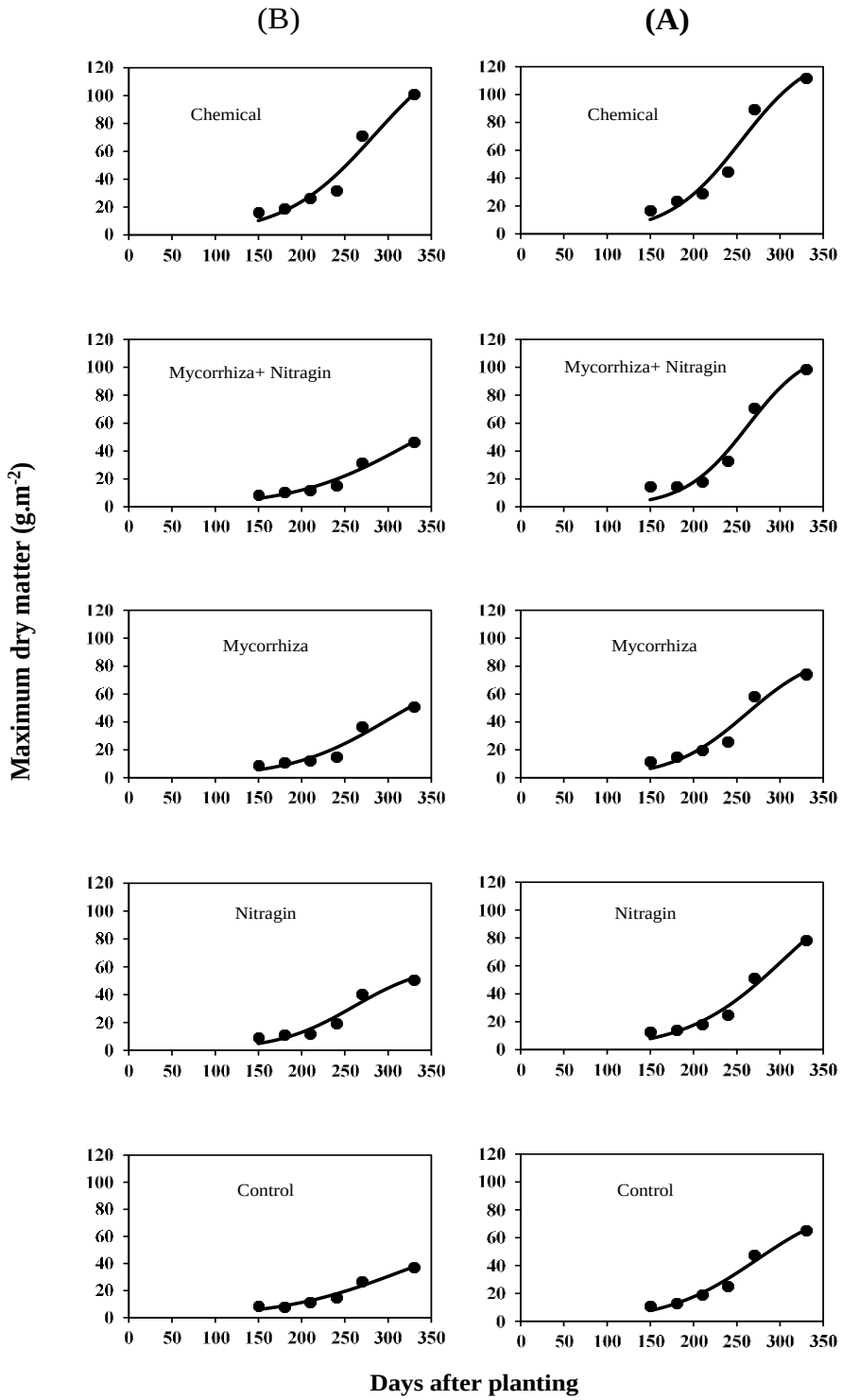
نتایج و بحث

تجمع ماده خشک: روند تغییرات ماده خشک (شکل ۲) نشان می‌دهد که در کلیه تیمارهای آزمایش در ۱۵۰ روز اول بعد از کاشت رشد بسیار کند بود و از آن به بعد تا حدود ۲۸۰ روز بعد از کاشت روند تجمع ماده خشک تقریباً به صورت خطی افزایش یافت و در هنگام برداشت نیز این روند به‌طور کامل ثابت نشد. افزایش ماده خشک در همه تیمارها در اوایل دوره رشد به دلیل اینکه گیاه هنوز به خوبی در خاک مستقر نشده و ریشه‌ها گسترش چندانی نیافته‌اند، سرعت کمتری داشت، ولی با مساعدتر شدن شرایط، سرعت آن افزایش یافت و با نزدیک‌تر شدن به آخر دوره رشد از سرعت آن کاسته شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای کودی بر تجمع ماده خشک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار کود شیمیایی همراه با کود گوسفندی بیشترین مقدار تجمع ماده خشک معادل ۱۱۱/۵۷ گرم در مترمربع در ۳۳۰ روز پس از کاشت را به خود اختصاص داد که البته با تیمار مخلوط کودهای بیولوژیک همراه با کود گوسفندی (۹۸/۴۳ گرم در مترمربع) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). کم‌ترین میزان ماده خشک نیز از تیمار شاهد (بدون هیچ‌گونه کودی) به میزان ۳۴/۴۴ گرم در مترمربع حاصل شد که با تیمار مخلوط کودهای بیولوژیک بدون کاربرد کود گوسفندی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). به‌طورکلی، کاربرد کود بیولوژیک همراه با کود دامی نسبت به کاربرد کود بیولوژیک بدون کود دامی باعث افزایش تجمع ماده خشک در آلوئه‌ورا شد. در این زمینه منابع چندانی در مورد گیاه آلوئه‌ورا وجود ندارد با این حال، کوتالی و همکاران (Kathuli et al., 2010) در آزمایشی در کنیا بر روی آلوئه‌ورا نتیجه گرفتند که کاربرد کود دامی و کود شیمیایی به هر دو صورت جداگانه و تلفیقی اثر معنی‌داری بر رشد آلوئه‌وا نسبت به شاهد نداشت اما بیشترین تأثیر بر رشد آلوئه‌ورا مربوط به تیمار ترکیب کود دامی و بیشترین مقدار کود شیمیایی بود.

نتایج بدست آمده برای تیمار تلفیق کودهای بیولوژیک نسبت به کاربرد جداگانه در شکل ۳ نشان داده شده است، تیمار تلفیق کودهای بیولوژیک با ۹۸/۴۳ گرم بر مترمربع نسبت به کاربرد جداگانه این کودها میزان ماده خشک را افزایش داد و در مقابل هنگام عدم کاربرد کود گوسفندی، کاربرد جداگانه‌ی کودهای بیولوژیک نسبت به تلفیق آن‌ها، میزان ماده خشک را افزایش داد، به نظر می‌رسد با کاربرد کود دامی مواد غذایی ریزموجودات فراهم شده و می‌توانند فعالیت خود را انجام دهند در حالی‌که در عدم کاربرد کود دامی به دلیل فراهم نبودن مواد غذایی برای میکروارگانیسم‌ها، ایجاد رقابت بین قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های موجود در کود نیتراژین بر سر منابع غذایی امکان فعالیت آن‌ها را محدود می‌کند. شواهد بسیاری مبنی بر نقش مثبت کودهای آلی در بهبود خواص فیزیکی و نیز نقش تغذیه‌ای خاک، گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی در داخل خاک، ریشه و شاخ و برگ گیاهان وجود دارد (Brussard & 1997; Wallace, 2001; Gliessman, 1998; Ferrera-Cenato, Mali & Patidar, 2004). مالی و پتیدر (Mali & Patidar, 2004) در بررسی اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر خصوصیات گیاه سورگوم (*Sorghum abyssinicum* Kuntze.) بیان داشتند که کاربرد باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌دلیل تأثیر مثبت بر رشد گیاه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شدند. حضرتی و طهماسبی (Hazrati & Tahmasebi, 2012) در آزمایشی بر روی آلوئه‌ورا نتیجه گرفتند که کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف اختلاف معنی‌داری باهم داشتند و با افزایش میزان نیتروژن بیوماس کل در هر بوته نیز افزایش یافت. در گیاه دارویی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.) مشاهده شد که بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به کودهای مخلوط (آلی و شیمیایی) در مقایسه با کود آلی و شیمیایی خالص بود، هرچند که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی وجود نداشت و در اواخر فصل رشد، کاهش میزان تجمع ماده خشک برای کود آلی و شاهد (بدون کود) بیشتر بود و با تیمار کودی مخلوط و شیمیایی تفاوت معنی‌داری نشان داد (Lebaschy & Sharifi, 2004).

شاخص سطح برگ: شکل ۴ تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) را در طی دوره رشد گیاه، در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. به‌دلیل گرمی هوا و استقرار نیافتن کامل بوته‌ها در ۱۵۰ روز پس از کاشت همه تیمارها از سطح برگ پایینی برخوردار بودند و تا حدود ۱۸۰ روز پس از کاشت روند افزایش شاخص سطح برگ کند بود، اما از این تاریخ به بعد با پیشرفت زمان و استقرار کامل بوته‌ها در خاک و بهبود شرایط آب‌وهوایی، در هر دو حالت کاربرد و عدم‌کاربرد



شکل ۲- تغییرات میزان تجمع ماده خشک آلوئه‌ورا (گرم در متر مربع) تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در روزهای پس از کاشت (الف) به همراه کاربرد کود گوسفندی، (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 2- Changes in *Aloe vera* dry mater under the effect of biological and chemical fertilizer in days of after planting: A. with manure and B. without manure

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های رشدی آلوئه‌ورا در اثر استفاده از کودهای مختلف

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for some growth parameters of *Aloe Vera* due to the use of different fertilizers

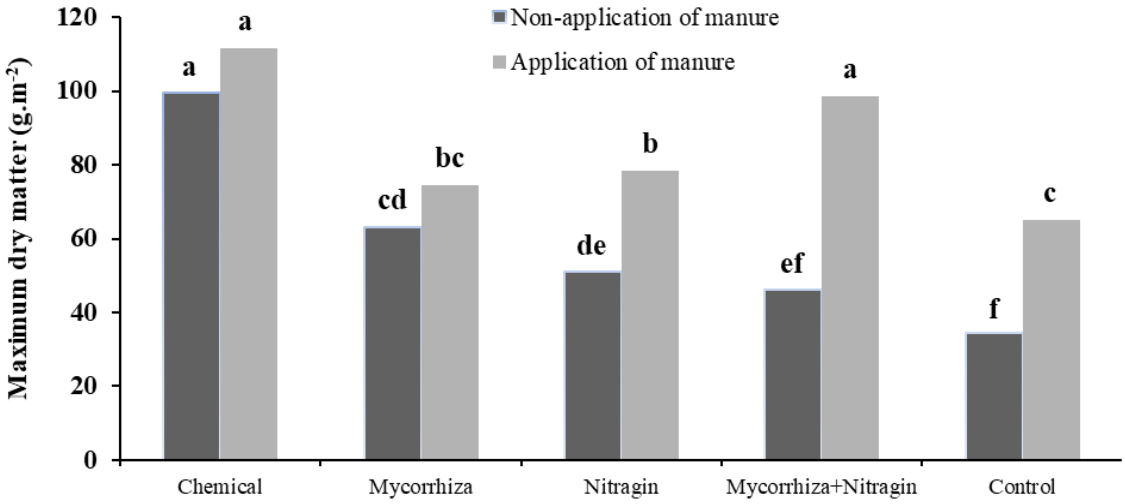
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر ماده خشک Maximum dry matter	حداکثرشاخص سطح برگ Maximum leaf area index
تکرار R	2	18 ns	0.1408 ns
کود دامی Manure(A)	1	5332.5 *	29.1313 **
خطای a Error a	2	109.5	0.0294
کود بیولوژیک و شیمیایی Biological and chemical fertilizer (B)	4	2533.5 **	10.2636 **
A×B	4	419.3 **	1.1730 **
خطای b Error b	16	58.4	0.1357
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	-	10.57	14.42

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: are non- significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

کود گوسفندی، شاخص سطح برگ روند افزایشی خود را شروع کرد و تا آخرین نمونه‌برداری، این روند ادامه داشت. البته در نمونه‌برداری‌های پایانی سرعت افزایش سطح برگ کاهش یافت. نتایج تجزیه واریانس حداکثر شاخص سطح برگ تیمارها نشان داد که اثر تیمارهای کود گوسفندی، کودهای شیمیایی و بیولوژیک و برهمکنش بین آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین برهمکنش بین تیمارهای کاربرد کود گوسفندی و کودهای شیمیایی و بیولوژیک (شکل ۵) نشان داد که در تیمار کاربرد کود گوسفندی بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۶/۱۴ مربوط به تیمار کود شیمیایی و کمترین آن به میزان ۲ مربوط به تیمار شاهد بود.

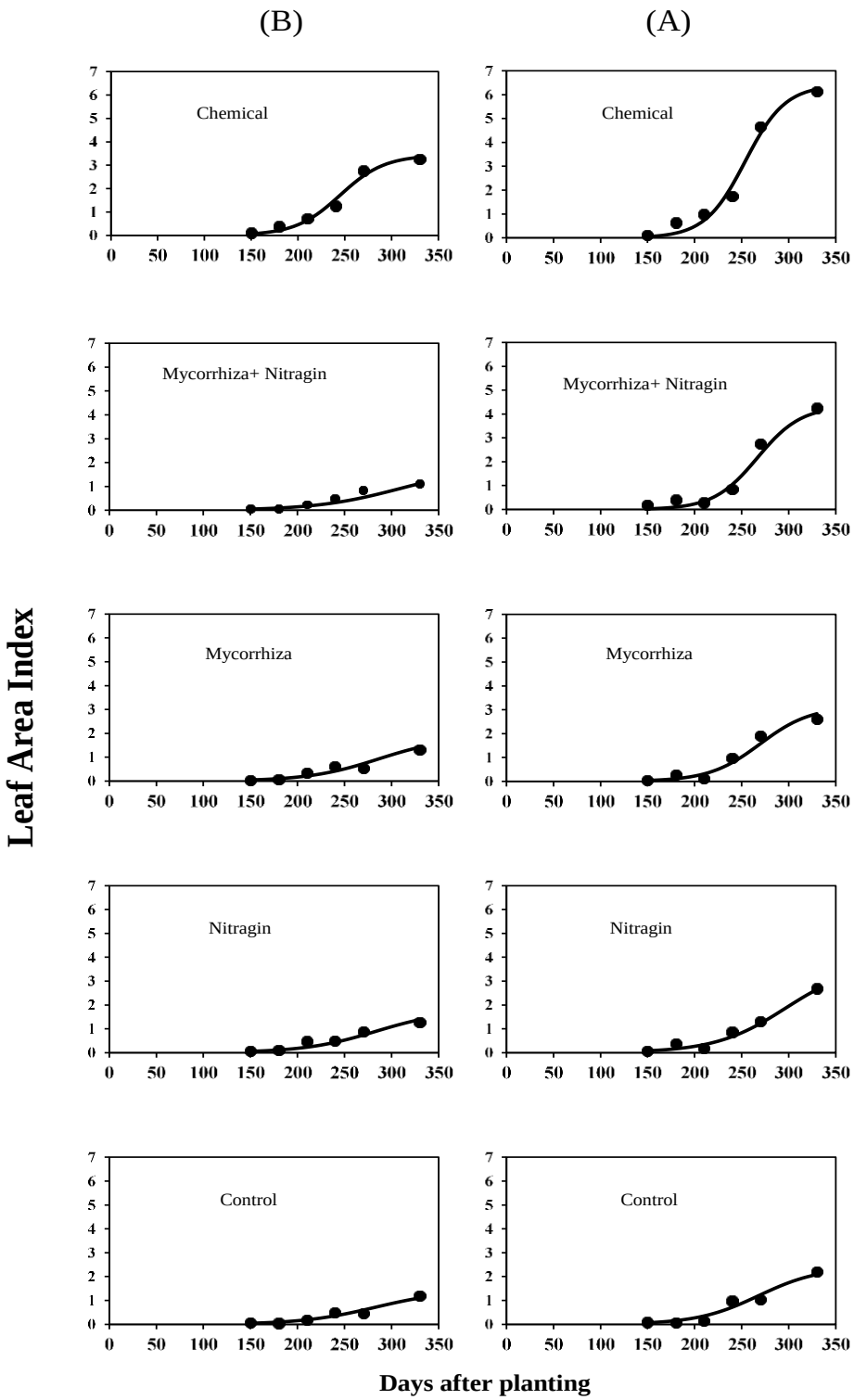


شکل ۳- اثر متقابل کودهای دامی، شیمیایی و بیولوژیک بر حداکثر ماده خشک گیاه آلوئه‌ورا

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 3- The interaction effect of biological, chemical fertilizer and manure on the maximum dry mater in *Aloe vera*

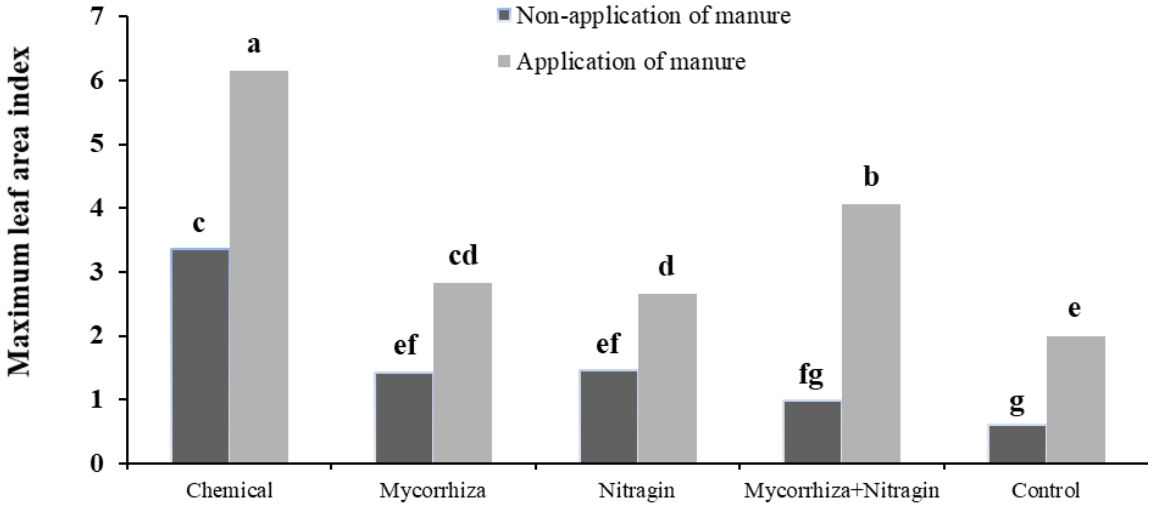
Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ٤- تغییرات شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (الف) در ترکیب با کود گوسفندی (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig 4. Trend changes of the leaf area index of *Aloe vera* under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with the use of manure B. the non-use of manure

همچنین در تیمار استفاده از کود گوسفندی مشاهده شد که تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها اثر مثبت معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت (شکل ۵). نتایج کاتولی و همکاران (Kathuli et al., 2010) نشان داد که کاربرد کود دامی و کود شیمیایی نسبت به شاهد اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا نداشت با این حال بیشترین شاخص سطح برگ در هر دو سال در تیمار مخلوط بیشترین کود دامی و بیشترین کود شیمیایی به‌دست آمد. در تیمار عدم کاربرد کود گوسفندی نیز بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۳/۴ مربوط به تیمار کود شیمیایی بود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کود بیولوژیک مشاهده نشد ولی تیمار مخلوط این کودها نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، شاخص سطح برگ کم‌تری داشت (شکل ۵). شاخص سطح برگ نشانگر ظرفیت فتوسنتزی گیاه بوده و به تعداد و اندازه برگ‌ها در هر مرحله از رشد بستگی دارد. به‌طور کلی سطح برگ به‌عنوان معیار اندازه‌گیری سیستم فتوسنتزی پذیرفته شده است و از آن‌جایی که برگ‌ها قسمت اعظم گیاه آلوئه‌ورا را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین جز این گیاه به شمار می‌روند لذا برآورد شاخص سطح برگ در گیاه آلوئه‌ورا می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.



شکل ۵- اثر متقابل کود دامی و کود شیمیایی و بیولوژیک بر حداکثر شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 5- The interaction effect of biological, chemical fertilizer and manure on the maximum leaf area index in *Aloe vera*

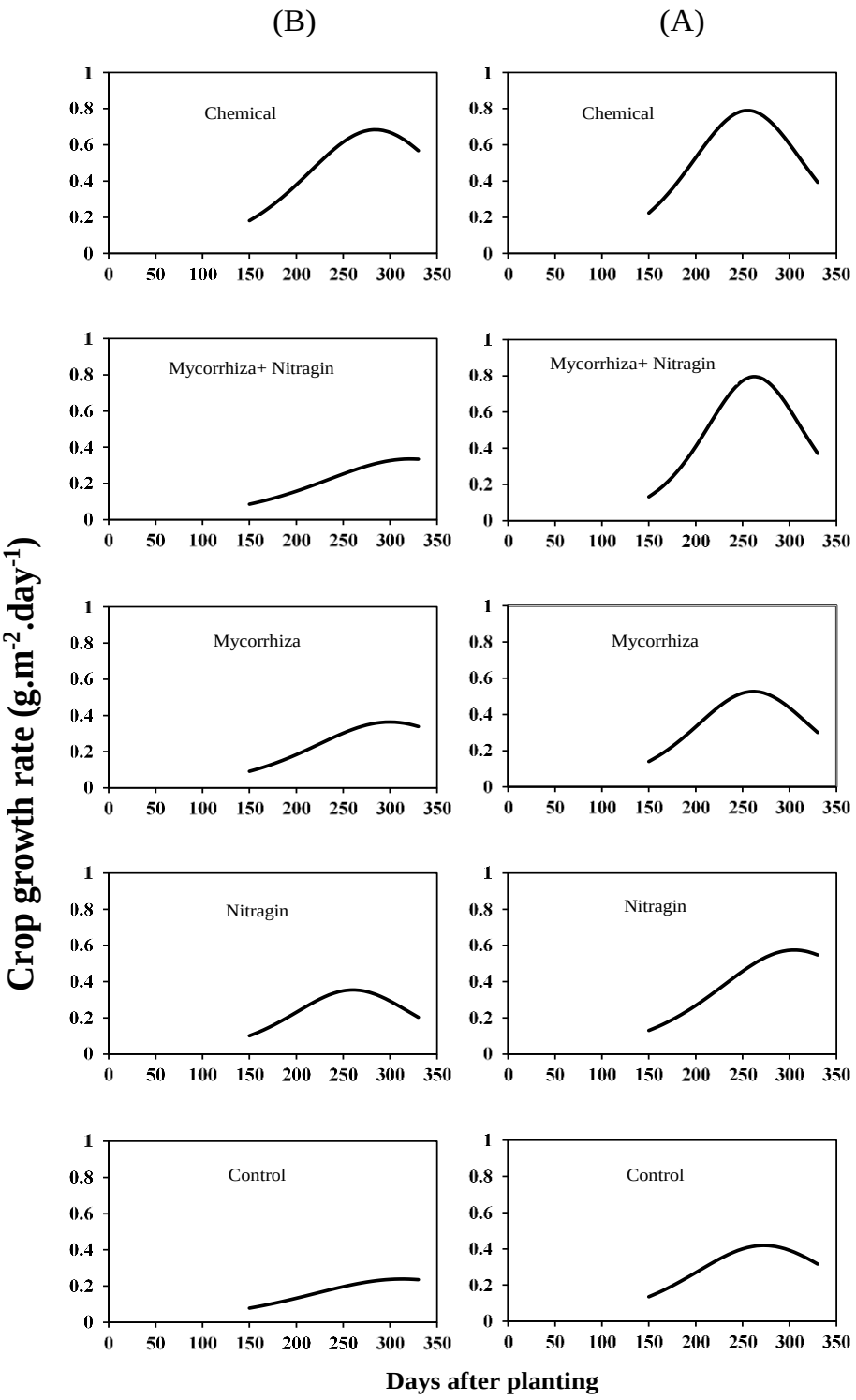
Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

بدیهی است که تأثیر کود شیمیایی به‌ویژه در اوایل دوره رشد موجب توسعه و گسترش سطح برگ می‌شود و کود دامی باعث تأمین اکثر نیازهای غذایی ماکرو و میکرو گیاه (Araji et al., 2001) و بهبود خصوصیاتی از خاک مانند، افزایش ظرفیت نگهداری آب (در بخش سطحی خاک) و حاصلخیزی خاک (Thierfelder et al., 2004) می‌شود. مصدق و اسمیت (Mossedaq & Smith, 1994) گزارش کردند توسعه سطح برگ در طی دوره رشد گیاه به عواملی مثل دما، میزان نیتروژن، تراکم و آب بستگی دارد.

شاخص سطح برگ نمایانگر میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی می‌باشد و سطح زیر منحنی LAI نشان‌دهنده دوام سطح برگ (LAD) و نهایتاً نشان‌دهنده مدت زمان فتوسنتز می‌باشد (Sarmadnyia & Koocheki, 1989). بنابراین چنین انتظار می‌رود که گیاهان تحت کود شیمیایی همراه با کود گوسفندی مدت زمان بیشتری فتوسنتز انجام داده و نهایتاً ماده خشک بیشتری تولید کنند که دلیل آن می‌تواند افزایش و فراهمی و جذب بهتر عناصر باشد.

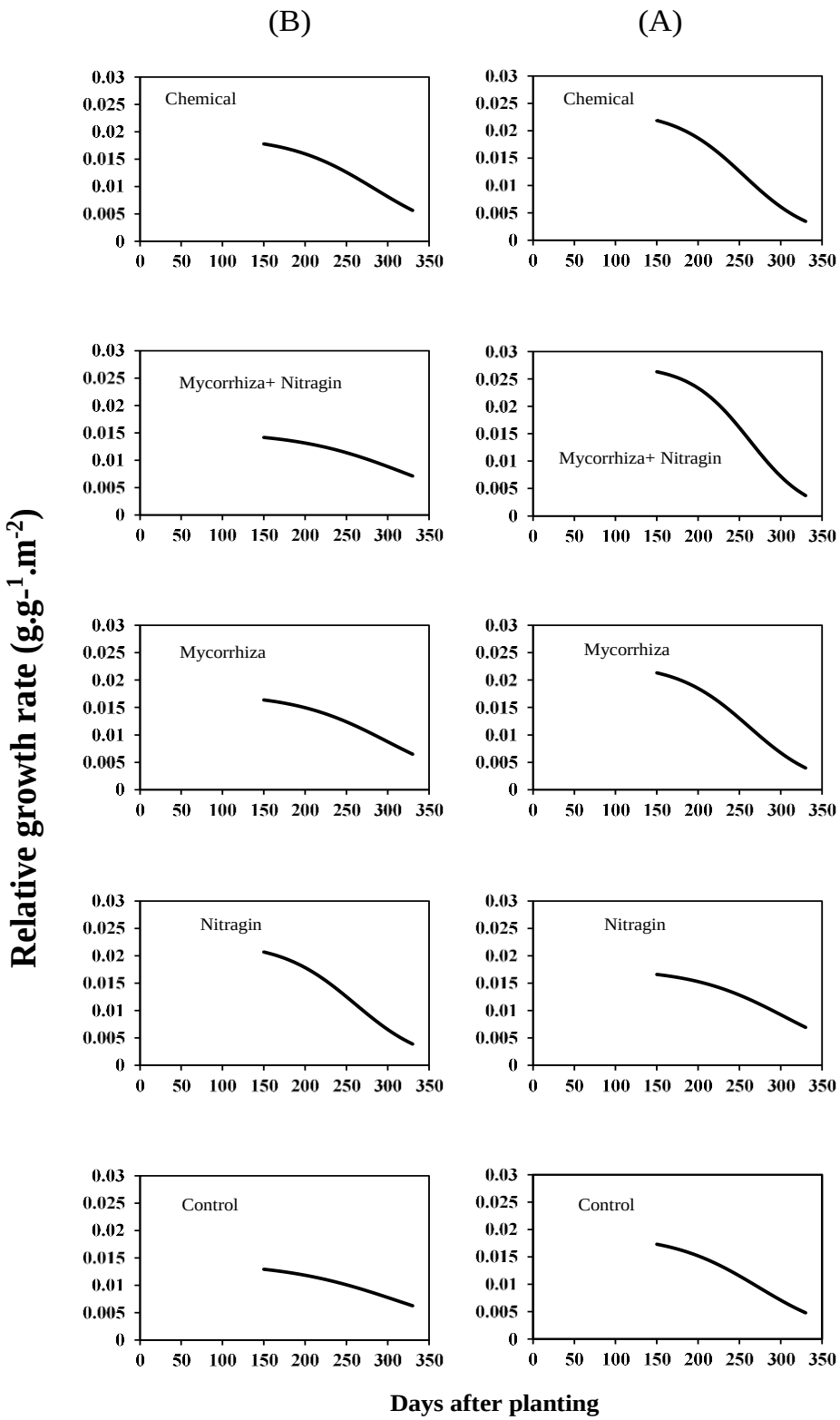
سرعت رشد محصول: چگونگی تغییرات CGR در طول فصل رشد نسبت به روزهای پس از کاشت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در ترکیب و عدم ترکیب با کود گوسفندی در شکل ۶ نشان داده شده است. در مراحل اولیه رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب تشعشع، میزان CGR پوشش گیاهی پایین بود. با گذشت زمان به علت توسعه برگ‌ها، افزایش در رشد محصول دیده شد. تحت این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و به‌دنبال آن CGR گیاه هم بهبود یافت. حداکثر مقدار CGR به میزان ۰/۷۹گرم در مترمربع در روز از تیمار تلفیقی کود شیمیایی با کود گوسفندی و تیمار مخلوط میکوریزا با نیتراژین همراه با کود گوسفندی هر دو در یک زمان به‌دست آمد، که می‌توان نتیجه گرفت استفاده از کودهای بیولوژیک در شرایط مناسب می‌تواند معادل مصرف کودهای شیمیایی باشد. در این آزمایش روند صعودی و نزولی CGR تحت تأثیر تمام تیمارهای کودی یکسان نبود و حداکثر و حداقل CGR در همه تیمارها در مقطع زمانی یکسانی رخ نداد. در واقع کودهای مختلف، علاوه بر تحت تأثیر قرار دادن میزان CGR، زمان به حداکثر و حداقل رسیدن آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دادند این اختلاف زمانی رسیدن به حداکثر و حداقل، در تیمارهای تلفیق با کود دامی نسبت به تیمارهای بدون کود دامی بسیار کم‌تر بود به گونه‌ای که در مصرف کود دامی فقط در تیمار نیتراژین همراه با کود دامی زمان رسیدن به حداکثر متفاوت بود و در بقیه تیمارها زمان رسیدن یکسان و در زمانی حدود ۲۷۵ روز پس ازکاشت می‌باشد در حالی که در تیمارهای بدون کود گوسفندی محدوده زمانی طولانی‌تری بین ۲۵۰ تا ۳۳۰ روز پس از کاشت بود. مقدار CGR بین کودهای بیولوژیک و شاهد در حالت کاربرد و عدم کاربرد کود گوسفندی با یکدیگر متفاوت بود، به این صورت که در کاربرد کود گوسفندی تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین (۰/۷۸ گرم در مترمربع در روز) و در عدم کاربرد کود گوسفندی تیمار میکوریزا (۰/۳۳ گرم در مترمربع در روز) بیشترین مقدار CGR را داشتند. به نظر می‌رسد کود دامی با تغییر شرایط فیزیکی خاک و تأمین بخشی از عناصر غذایی پرنیاز و کم نیاز باعث بهبود شرایط رشد گیاه و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک شده و توانایی گیاه در استفاده از نور خورشید را افزایش داده، که در نهایت، باعث افزایش سرعت رشد گیاه و تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد.

سرعت رشد نسبی: شکل ۷ روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) را طی دوره رشد گیاه، برای تیمارهای مختلف کودی نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که روند RGR برای تمامی تیمارها تا پایان دوره رشد حالتی نزولی دارد. اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار RGR در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای فصل رشد بیشتر بوده است. در تیمارهای تلفیق با کود گوسفندی در ابتدای فصل رشد تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین به میزان ۰/۰۲۶ گرم بر گرم در روز بیشترین و تیمار نیتراژین به میزان ۰/۰۱ گرم بر گرم در روز کم‌ترین RGR را داشتند و تیمار کود شیمیایی به میزان ۰/۰۲۱ گرم بر گرم در روز در رتبه دوم قرار داشت. اما با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد تیمارهای مخلوط «نیتراژین + میکوریزا» و کود شیمیایی و میکوریزا با شیب بیشتری نسبت به نیتراژین و شاهد کاهش یافتند. در تیمارهای کودی بدون استفاده از کود گوسفندی نیز این روند نزولی مشاهده شد با این تفاوت که در ابتدای فصل رشد بیشترین RGR متعلق به تیمار نیتراژین و کم‌ترین متعلق به تیمار شاهد (بدون هیچ گونه کودی) بود. سرعت رشد نسبی بیانگر تغییرات وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه در واحد زمان است، کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در طول فصل رشد به دلیل افزایش بافت‌های ساختمانی مختلف نسبت به بافت‌های متابولیکی است؛ به عبارت دیگر در ابتدای رشد تمام وزن گیاه و تمام سلول‌ها در تولید نقش دارند ولی با گذشت زمان و با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی در طول این دوره، بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقش ندارند، افزایش می‌یابند و سبب کاهش مقدار سرعت رشد نسبی گیاه می‌شود (Akbari et al., 2012). در آزمایشی مشاهده شد که علت روند نزولی در میزان رشد نسبی، پیری اندام‌ها افزایش کربوهیدرات‌های ساختمانی و کاهش فعالیت‌های متابولیکی در محصول بوده و میزان رشد نسبی با سن گیاه رابطه خطی معکوس دارد (Fisher & Wilson., 1975). کاهش سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه، در سایه قرار گرفتن آن‌ها و نیز افزایش رشد بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، در ارتباط است. از طرف دیگر، با زیاد شدن سن گیاه قسمت مهمی از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود و قسمت‌های زیادی از گیاه شامل ساقه و سایر بافت‌ها فعالیت متابولیکی خود را از دست داده و سهم زیادی در رشد گیاه ایفا نمی‌کنند (Koocheki et al., 1988).



شکل ٦- روند تغییرات CGR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 6- Changes in *Aloe vera* CGR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure



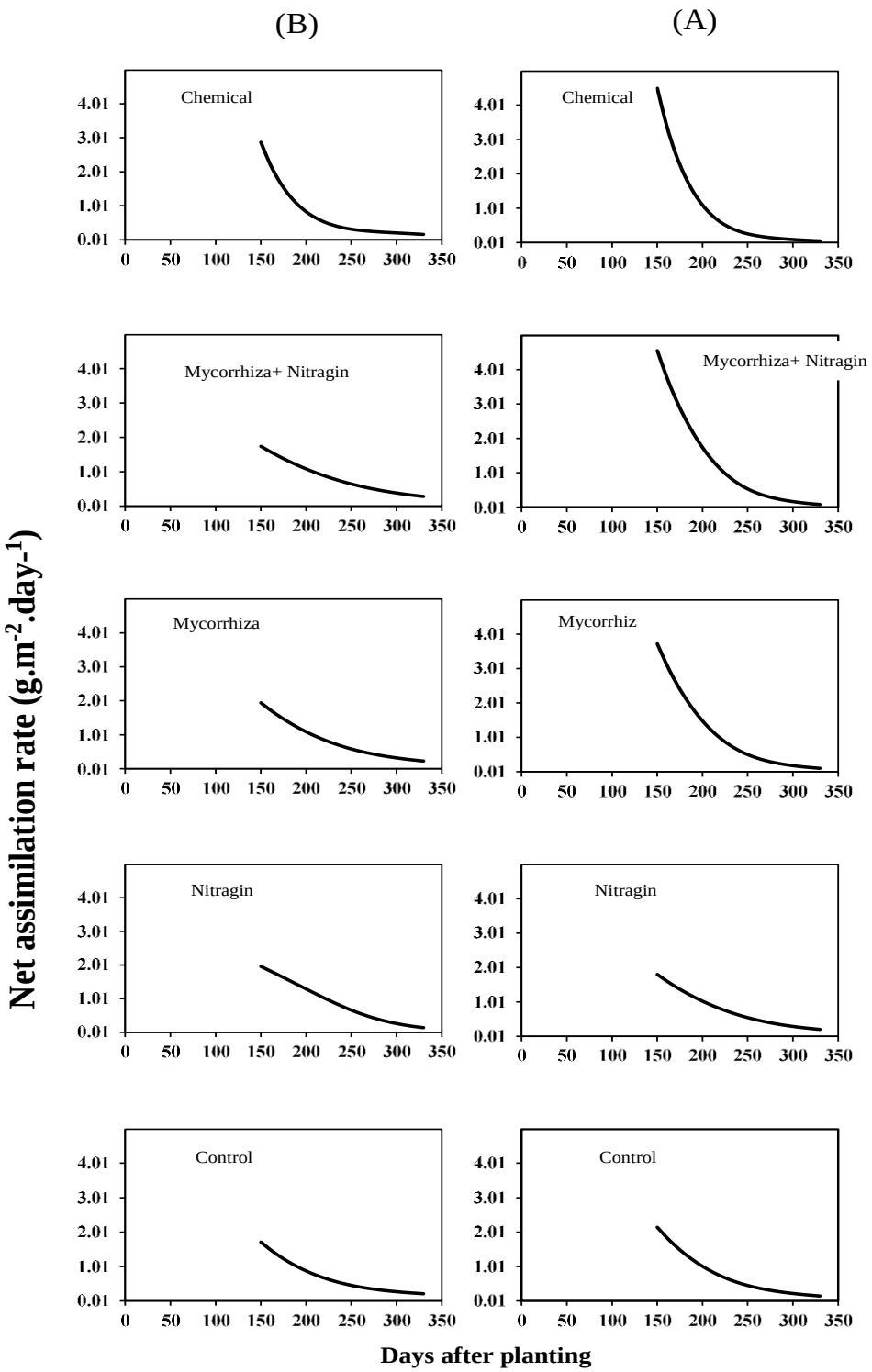
شکل ۷- روند تغییرات RGR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (الف) در ترکیب با کود گوسفندی (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 7- Changes in *Aloe vera* RGR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure

سرعت آسیمیلاسیون خالص: نتایج این آزمایش نشان داد که الگوی تغییرات روزانه میزان آسیمیلاسیون خالص در کلیه تیمارهای کودی دارای روند نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها میزان آسیمیلاسیون خالص کاهش یافت (شکل ۸). اگرچه میزان آسیمیلاسیون خالص در تمام تیمارهای کودی کاهش یافت، اما الگوی تغییرات آن تفاوت‌های با هم داشت، به‌طوری که در تیمارهای تلفیقی با کود گوسفندی این تفاوت‌ها بیشتر بود. در تیمارهایی که کود گوسفندی به‌کار نرفته بود، تیمار کود شیمیایی در اوایل رشد میزان NAR بیشتری داشت که با شیب بیشتری نسبت به بقیه تیمارها با گذشت زمان روند نزولی را طی کرد، اما در تیمارهای تلفیقی با کود گوسفندی مشاهده شد که در ابتدای فصل رشد علاوه بر تیمار کود شیمیایی، تیمار میکوریزا نیز مقدار بیشتری نسبت به بقیه داشت، با این تفاوت که تیمار کود شیمیایی نسبت به بقیه با شیب بیشتری روند نزولی را طی کرد. هر چقدر کود تأثیر بیشتری بر رشد داشته باشد سرعت جذب خالص افت بیشتری پیدا می‌کند، چون سبب سایه‌اندازی برگ‌ها می‌شود (Nazeri et al., 2012). سرعت آسیمیلاسیون خالص عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد زمان.

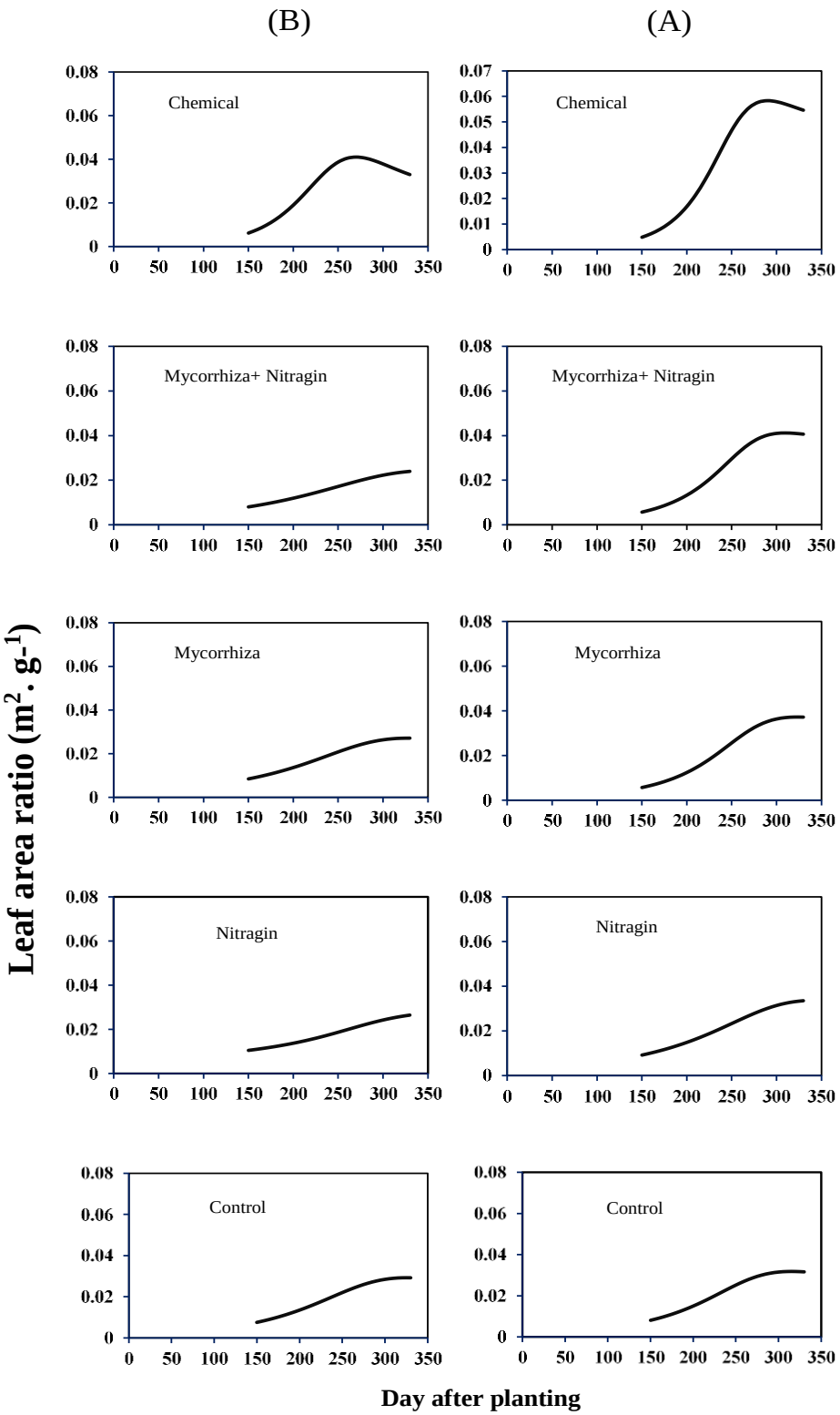
سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. با افزایش رشد، برگ‌های گیاه افزوده شده و برگ‌های بالایی جامعه‌ی گیاهی موجب سایه‌اندازی بر روی برگ‌های پایین‌تر شده و هر قدر سایه‌اندازی بیشتر شود مقدار سرعت جذب خالص کاهش بیشتری نشان می‌دهد. با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبه خود موجب افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص خواهد شد (Sarmadnyia & Koocheki, 1992; Eddowes, 1962). با افزایش دوره رشد و سن گیاه سرعت جذب خالص در تمامی تیمارها کاهش یافت که افزایش شاخص سطح برگ، سایه‌اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و افزایش سن برگ‌ها دلیلی بر این مدعا است. بالاک (Balak, 1993) و ویلیامز (Williams, 1965) عنوان کردند که با افزایش شاخص سطح برگ میزان جذب خالص کاهش می‌یابد و میزان جذب خالص از ابتدا تا انتهای فصل رشد روند نزولی دارد.

نسبت سطح برگ: شکل ۸ روند تغییرات نسبت سطح برگ در تیمارهای مختلف کودی بر روی آلوئه‌ورا را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در شکل دیده می‌شود بر خلاف نتایج گزارش شده از گیاهان دیگر نسبت سطح‌برگ در آلوئه‌ورا روندی صعودی داشته و در دو حالت کاربرد کود گوسفندی و عدم کاربرد کود گوسفندی، تیمار کود شیمیایی بیشترین نسبت سطح برگ را داشت. در واقع چون آلوئه‌ورا گیاهی است که تماماً از برگ تشکیل شده است و اندام غیر برگی ندارد که بخواهد مواد فتوسنتزی را به آن‌ها اختصاص دهد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به اینکه نسبت سطح برگ بیانگر سطح کل برگ به میزان کل ماده خشک گیاه می‌باشد با افزایش سطح برگ، LAR نیز افزایش یافت و زمانی که سطح برگ با رسیدن به حداکثر رشد خود ثابت شد و در مقابل تجمع ماده خشک در حال افزایش بود، این عامل باعث شد که نسبت سطح برگ، ثابت و حتی روند نزولی نیز داشته باشد. بنابراین در شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر وجود سطح برگ بیشتر باعث افزایش نسبت سطح برگ شد. نسبت سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح پهنک برگ (بافت‌های فتوسنتز کننده) به وزن خشک کل گیاه (بافت‌های تنفس کننده) می‌باشد، و واحد آن بر حسب مترمربع بر گرم بیان می‌شود. نسبت سطح برگ نشان‌دهنده میزان پر برگی یک گیاه است (Sarmadnyia & Koocheki, 1992; Yazdi Samadi & Postini, 1994). ادوایس (Eddowes, 1962) چنین روندی را بیانگر این واقعیت دانست که در مراحل اولیه رشد اکثر مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف رشد و گسترش برگ شده و سپس با آغاز رشد سریع سایر اندام‌های گیاهی مواد فتوسنتزی بیشتری به اندام‌های غیربرگی اختصاص می‌یابد.



شکل ۸- روند تغییرات NAR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 8- Change in *Aloe vera* NAR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure



شکل ۹- روند تغییرات LAR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 9- Changes in *Aloe vera* LAR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از پاسخ مثبت گیاه دارویی آلوئه‌ورا به مصرف تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بود. در بین تیمارهای به‌کار رفته، کاربرد کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی بیشترین تأثیر بر شاخص‌های رشدی آلوئه‌ورا داشت و این در حالی بود که ترکیب کود شیمیایی با کود گوسفندی نسبت به کاربرد جداگانه آن تأثیر بیشتری روی خصوصیات آلوئه‌ورا داشت. کودهای بیولوژیک به‌کار برده شده در این آزمایش اگرچه نسبت به کود شیمیایی تأثیر کم‌تری داشتند، ولی با این وجود تمام آن‌ها نسبت به شاهد باعث بهبود خصوصیات آلوئه‌ورا شد که این بهبود در تیمار تلفیقی کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد یا عدم کاربرد کود دامی متفاوت بود، به این صورت که هنگامی که تیمار تلفیقی کود بیولوژیک همراه با کود دامی استفاده شد نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها برتری داشت اما زمانی که بدون کود گوسفندی استفاده شد کاربرد جداگانه نسبت به تلفیق آن‌ها تأثیر مثبت بیشتری داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مهندس ابراهیم فرخی و مهندس کهزاد سرطاوی که در اجرای این تحقیق یاریگر ما بودند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

Adams, S.P., Leitch, I.J., Bennett, M.D., Chase, M.W., and Leitch, A.R. 2000. Ribosomal DNA evolution and phylogeny in Aloe (*Asphodelaceae*). American Journal of Botany 87(11): 1578-1583.

Aeini, M., Yousefi Rad, M., and Ehteshami, S.M. 2012. The effects of growth stimulant bacteria on qualitative and quantitative yield of *Aloe vera*. Annals of Biological Research 3(12): 5669-5673.

Akbari, G., Ghorchiani, M., Alikhani, H.A., Allahdadi, I., and Zarei, M. 2012. Effect of biological and chemical phosphate fertilizers on growth indices and grain yield of maize under deficit irrigation conditions in Karaj region. Journal Science of Soil and Water 22(4): 51-67. (In Persian with English Summary)

Al-Mario Casimir, J., and Morales-Payan, P. 2003. Growth and yield of cilantro fertilized with cow and sheep manures. 1th International Hourticultural Congress: The Future for Medicinal and Aromatic Plants. Metro Toronto Convention Center pp. 91.

Araji, A.A., Abdol, Z.O., and Joyce, P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland-economic analysis. Bioresource Technology 79: 179-191.

Balak, D.G.R. 1993. A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 24: 1184-1191.

Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agriculture Systems. NewYork: Lewis Publishers, U.S.A. 168 pages.

Deng, S.P., Parham, J.A., Hattey, J.A. and Babu, D. 2006. Animal manure and anhydrous ammonia amendment alter microbial carbon use efficiency, microbial biomass and activities of dehydrogenase and amidohydrolases in semi arid agro ecosystems. Applied Soil Ecology 33: 258-268.

Eddowes, M. 1962. Physiological studies of competition in *Zea mays* L. I. Vegetative growth and ear development in maize. Journal of Agricultural Science 72: 85-193.

Farrokhi, E., and Nassiri Mahallati, M. 2013. Situation of *Aloe vera* production in Bushehr province. 8th Congress of Iranian Horticultural Science 2982-1987. (In Persian)

Fisher, K.S., and Wilson, G.L. 1975. Effect of fertilizer on growth and yield in *sorghum bicolor*. Australian Journal of Agricultural Reserarch 26: 31-41.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press. ISBN: 1-57504-043-3, U.S.A 357 pp.

Hamman, J. 2008. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. Molecules 13(8): 1599-1616.

Harshavardhan, P.G., Vasundhara, M., Raviraja Shetty, G., Nataraja, A., Sreeramu, B.S., Chandre Gowda, M., and Sreenivasappa, K.N. 2007. Influence of spacing and integrated nutrient management on yield and quality of essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L). Biomed 2(3): 288.

Hazrati Yadekori, S., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2012. Effects of different nitrogen fertilizer levels and hormone benzyl adenine (BA) on growth and ramet production of *Aloe vera* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 28(2): 210-223. (In Persian with English Summary)

Hernández-Cruz, L.R., Rodriguez-García, R., Rodríguez, D.J. and Angulo-Sánchez, J.L. 2002. *Aloe vera* Response to Plastic Mulch and Nitrogen: 570-574. In: Janick, J. and Whipkey, A., (Eds.). Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press 599 p.

Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil Fertility and Biofertilizers (An Agroecological Approach). Ferdowsi University of Mashhad Press. Publication No. 603, Mashhad, Iran 250 pp. (In Persian)

Kathuli, P., Nguluu, S.N., Musyoki, R., Omari, F., Matimbii S.M., and Mutunga, R. 2010. Effects of fertilizer and manure application on growth and adaptability of three common aloe species in semi-arid eastern Kenya. Proceedings of 12th KARI Biennial Conference held at KARI Hqts, 8-12 Nov. 1043-1048, Nairobi, Kenya.

Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakouti, M.J. 2005. Production of bio-fertilizers in Iran. Ministry of Agriculture. (In Persian)

Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jahad Mashhad University Press, Iran 740 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Sadr Abadi, R. 1988. Physiological basis of crop growth and development. Razavi Cultural Foundation. (In Persian)

Krishna Moorthy, S., and Malliga, P. 2012. Plant characteristics, growth and leaf gel yield of *Aloe barbadensis* miller as affected by cyanopith biofertilizer in pot culture. International Journal of Civil and Structural Engineering. 2(3): 884-892.

Mali, A.L., and Patidar, M. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghom bicolor*). Indian Journal of Agronomy 4(2): 117-120.

Manjunatha, H.M., Sreeramu, B.S., Raviraja Shetty, G., Vasundhara, M., and Chandre Gowda, M. 2007. Influence of irrigation regimes and fertility levels on growth of long pepper (*Piper longum* L.). Biomed 2(3): 272.

Mirza, H., Kamal Uddin, A., Khalequzzaman, K.M., Shamsuzzaman, A.M.M., and Kamrun, N. 2008. Plant characteristics, growth and leaf yield of *Aloe vera* as affected by organic manure in pot culture. Australian Journal of Crop Science 2(3): 158-163.

Morton, J.F. 1961. Folk uses and commercial exploitation of Aloe leaf pulp. Economic Botony 15: 311- 319.

Mossedaq, F., and Smith, D.H. 1994. Timing nitrogen application to enhance spring-wheat yields in a mediteranian climate. Agronomy Journal 86: 221-226.

Mota-Fernández, S., Álvarez-Solis J.D., Abud-Archila, M., Dendooven, L., and Gutiérrez-Miceli, F.A. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus concentration on plant growth and phenols in micropropagated *Aloe vera* L. plantlets. Journal of Medicinal Plants Research 5(27): 6260-6266.

Omidbaigi, R. 2010. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Publications (Behnaashr Co.), Volume four, Mashahd, Iran 423 pp. (In Persian)

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A. and Tavakoli, A. 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk). Electronic Journal of Crop Production 3(2): 193-213. (In Persian with English Summary)

Ramachandra, C.T., and Srinivasa, P. 2008. Processing of *Aloe Vera* gel: a review. American Journal Agricultural and Biological Science 3(2): 502-510.

Rodriguez-Garcia, R., Jasso de Rodriguez, D., Gil-Marin, J.A., Angulo-Sanchez, J.L., and Lira-Saldivar, R.H. 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potential. Industrial Crops and Products 25: 123-128.

Russel, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., and Power, J.F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science 24: 28-32.

Sabahi, H., Takafooyan, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Liyaghati, H. 2010. Effects of integrated application of farmyard manure, plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on production of canola (*Brassica napus* L.) in saline soil of Qum. Journal of Agroecology 2(2): 287-291. (In Persian with English Summary)

Sarmadnyia, G., and Koocheki, A. 1989. Crop Physiology. Jahad Mashhad University Press, Mashhad, Iran 400 pp.

Sarmadnyia, G., and Koocheki, A. 1992. Physiological Aspects of Dryland Farming. Jahad Mashhad University Press, Mashhad, Iran 424 pp. (In Persian)

Srtavi, K. And Gholamian, F. 2004. Medicinal plants of Bushehr Province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20(2): 213-227. (In Persian with English Summary)

Thierfelder, C., Amézquita, E., and Stahar, K. 2004. Effects of intensifying organic manuring and tillage practices on penetration resistance and infiltration rate. Soil and Tillage Research 68: 101-108.

Wallace, J. 2001. Organic field Crop Handbook. Canadian Organic Growers. Ottana, Ontario 292 pp.

Williams, W.A. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density on yield and component yield of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Science 5: 215-219.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trail. Geoderma 125: 155-166.

Yazdani, D., Rezaei, M.B, Kyanbakht, S., and Khosravani, S. 2006. Overview of various aspects of medicinal *Aloe vera* (L.) Burm.f. Journal of Medicinal Plants 5(19): 1-8.

Ziaee, A.A., Mesgarpur, B., and Shabestary, A. 2005. Medicinal Plants: Evidence-based: Contraindications and Drug Interactions. Publications Tymurzadh, Iran 456 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 1-21

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱-۱

The Effect of Manure, Chemical and Biological Fertilizers on *Aloe vera* Growth in Boushehr Province

E. Farrokhi[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and R. Khademi[3]

Submitted: 27-10-2013
Accepted: 08-06-2014

Farrokhi, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khademi, R. 2018. The effect of manure, chemical and biological fertilizers on *Aloe vera* growth in Boushehr province. Journal of Agroecology. 10(1): 1-21.

Introduction

Food production to meet the demand for the world's growing population will be more difficult in the second half of the century than the first half. The increase in world population will result to greater pressure on agricultural lands in order to produce more crops. Therefore, the idea of increasing production per unit of area is inevitable by the applying chemical fertilizers which consecutively leads to serious environmental consequences. The same is true for production of cosmetics and pharmaceutical species including *Aloe vera* gel which is attracting excessive interest during the recent years. Scientific investigations of *A. vera* show that when it is prepared as a gel, it is more effective in treating stomach ailments, gastrointestinal problems, skin diseases, constipation and radiation injury. In most of the experiments conducted on *Aloe vera*, only the morphological characteristics were considered and the physiological aspects as well as the growth indices have been overlooked. On the other hands there is a limited number of published scientific resources regarding the application of manure and biological fertilizers on *Aloe vera*. The aim of this study was to evaluate different nutritional management methods in production of *Aloe vera* as a medicinal plant under the climatic conditions of Bushehr province so as to replace the chemical fertilizers by the manure and biological ones. Introducing such ecological methods could take a step forward towards the sustainable production of this valuable medicinal species.

Materials and Methods

The experiment was arranged as split plots based on randomized complete block design with three replications on a land area of 500 m^2. The main plot factor included the application of manure (0 and 20 tons per ha) and the sub plot factor was the application of biological and chemical fertilizers in five levels: 1- Chemical fertilizer (80 kg triple superphosphate per ha and 200 kg urea per ha), 2- biological fertilizer Mycorrhiza, 3- bio-fertilizer Nitragin which contained three genus of *Azotobacter* spp., *Pseudomonas* spp. and *Azospirillum* spp. 4- the combination of two biological fertilizers (Mycorrhiza+Nitragin), and 5- the unfertilized control. Leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM) were measured 150 days after planting in monthly intervals. The measured values of LAI and TDM were subjected to functional growth analysis and growth indices including crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) were calculated.

Result and Discussion

The results showed that the interaction between manure and either of chemical or biological fertilizers on leaf area index and maximum dry matter production of *Aloe vera* was significant. Application of manure improved nearly all growth indices in comparison with plants did not receive manure. Manure combined with chemical fertilizer had the greatest impact on the growth of *Aloe vera*. So that integration of manure with chemical fertilizer was led to the highest values of LAI (6.1), CGR (0.79 g m^{-2} d^{-1}) and TDM (111.57 g m^{-2}). Finally, the results showed that chemical fertilizers can be replaced with combination of manure and biological fertilizers for higher and more quality of *Aloe vera* yield.

1, 2 and 3- MSc. Graduated, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Deputy of research, Agriculture and Natural Resources Research Center of Bushehr province, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.26900

Conclusion

The results achieved in this study showed that *Aloe vera* had responded positively to different methods of nutrient management. Chemical fertilizer had a greater impact on the growth indices of *Aloe vera* than other fertilizers, furthermore when it used in combination with manure, growth was more pronounced in comparison with individual application. Although biological fertilizers used in this experiment were less effective than chemical fertilizer, all of them were improved *Aloe vera* properties compared to the control. Likewise, this improving properties was different in combination of biological treatments with or without manure. When manure was used, combination of biological treatments wiht manure was better than their separate application. When manure was not used, separate application was better than their integrated.

Acknowledgment

We are grateful to Ebrahim Farrokhi and Kohzad Sartavi for their help with the field experiments, collecting field data and providing necessary advices to carry out this work.

Keywords: Crop Growth Rate, Leaf Area Index, Mycorrhizal, Nitragin, Relative Growth Rate