رستنیها، جلد ۲، ۱۳۸۰

تاثیر همزیستی میکوریز وسیکولار- آربوسکولار بر رشد گیاه پوآ ❊

The symbiosis effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth of *Poa bulbosa* (bulbos blue grass)

لیلی صفایی، هرمزدیارکیانمهر و محمد حاجیان شهری

دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی

دریافت ۱۳۷۸/۹/۳۰ پذیرش ۱۳۸۰/۱/۲۸

چکیده

در این تحقیق با انجام آزمایشهای گلخانه ای اثرمایه زنی قارچهای میکوریز وسیکولار- آربوسکولار (VAM) روی رشد گیاه *Poa bulbosa* مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور چهار تیمار خاک سترون مایه زنی نشده (شاهد)، خاک سترون مایه زنی شده، خاک غیرسترون مایه زنی نشده (خاک مرتع) و خاک غیرسترون مایه زنی شده استفاده گردید. مایه، سوسپانسیونی از ریشه های آلوده گیاه *Poa* بود (میزان آلودگی آنها حدود ۳۰٪ برآورد شد). پس از گذشت سه ماه گیاهان برداشت شده و رشد آنها مقایسه گردید.

نتایج به دست آمده نشان داد که گیاهان مایه زنی شده در اکثر شاخصهای اندازه گیری در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری با گیاهان مایه زنی نشده داشتند. میزان فسفر موجود در اندام هوایی گیاهان مایه زنی شده بیشتر از گیاهان مایه زنی نشده بود. همچنین میزان فسفر قابل جذب در خاک گیاهان میکوریزه نسبت به گیاهان غیرمیکوریزه در سطح پایین تری قرار داشت. در نتیجه استخراج هاگهای موجود در خاک تیمار سترون مایه زنی شده، سه گونه از جنس *Glomus* به عنوان همزیست دایمی با گیاه پوآ تشخیص داده شدند.

واژه های کلیدی: میکوریز وسیکولار- آربوسکولار، پوآ ، فسفر

❊ خلاصه پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول به راهنمایی دکتر هرمزدیارکیانمهر ارایه شده به دانشگاه فردوسی مشهد.

مقدمه

قارچهای ایجادکننده میکوریز وسیکولار-آربوسکولار (VAM) از جملـه میکوفلـور مهـم خاک محسوب می شوند و تقریباً در تمامی خاکهـا وجـود دارنـد (Jagpal *et al.* 1987) . ایـن قارچها نقش مهمی در افزایش جذب مواد معدنی بویژه فسفر و نیتروژن، افزایش میزان فتوسنتز و افزایش مقاومت به خشکی و عوامل بیماریزا بازی مـی کننـد (Clapperton & Reid 1992). مهمترین نقش آنها کمک به افزایش رشد گیاه است (Jagpal *et al.* 1987). باتوجه بـه اهمیتـی که این قارچها برای گیاهان دارند آزمایشهای مایه زنی از دیرباز مورد توجه محققین قرار گرفته است. نخستین بار از ریشه های آلوده به عنـوان مـاده مایـه زنـی اسـتفاده شـد (Biermann & Lindermann 1983).

آزمایشهای *گردمان* (Gerdeman 1965) نشان داد که مایه زنی گیاه ذرت (*Zea mays*) با گونه ای از قارچهای VAM بـه نـام *Glomus fasciculatum* بـاعث افزایـش رشـد ایـن گیـاه می گردد.

خان (Khan 1975) ثابت کرد که مایه زنی گندم و جو با قارچهای VAM میزان دانـه را افزایش می دهد (Boyetchko & Tewari 1990). نتـایج مشـابه ای هـم توسـط *پـاول*(Powell 1981)، *سیف و خان* (Saif & Khan 1977) ارایه شده است.

تحقیقات انجام شده در دو دهه اخیر تاثیر مثبت قارچهای VAM بر رشد گیاهان را بـه اثبات رسانده است. (Khanizadeh *et al.* 1995, Tarafdar & Praveen 1996, Matsubara *et al.* 1995, Aboul-Nasr 1996, Xiao-Lin *et al.* 1997, Boyetchko & Tewari 1990).

از نقطه نظر اکولوژیکی تحقیقاتی روی دو گونـه پـوآ بـه نامهـای *Poa pratenses* L. و *Poa palustris* L. توسط *رابـاتین* (Rabatin 1979) انجام شده ولی در مورد گونه *Poa bulbosa* L. گزارشی ارایه نشده است.

روش بررسی

خاک لازم جهت کشت بذر پوآ از محیط طبیعی و زیستگاه این گیاه انتخاب شد. پس از انتقال خاک به آزمایشگاه یک دوم آن به مدت دو ساعت بـا فشـار ۱/۵ اتمسـفر توسـط اتوکـلاو سترون گردید.

تعداد ۲۰ گلدان سفالی به دقت شسته و با محلول هیپوکلریت سدیم ۷۰٪ (وای تکـس) ضد عفونی شد. سپس ۱۰ گلدان بـا خـاک سـترون و ۱۰ گلـدان بـا خـاک غیرسـترون (خـاک طبیعی) پر گردید.

بذور گیاه که از موسسه تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خراسان تهیه شده بود بـا محلـول هیپوکـلریت سـدیم ۱٪ بـه مـدت دو دقیقـه ضدعفونـی سـطحی شـد و سـپس بـا

آب مقطر سترون چندین مرتبه شستشو داده شد. بذور به تشتکهای پتری سترون که حاوی کاغذ صافی سترون بود انتقال یافت. در هر تشتک پتری بین ۲۰-۱۵ عدد بذر با فاصله کافی قرار داده شد و کمی آب مقطر به آن اضافه گردید. تشتکهای پتری تا زمان جوانه زنی بذرها در انکوباتور(۱ ± ۱۸ درجه سانتیگراد) نگهداری شد. پس از گذشت زمان لازم، تشتکهای پتری به محیط دارای نور مناسب منتقل شد و نور همانند موقعیت طبیعی برای گیاهان فراهم گردید (۱۱ ساعت نور روزانه). پس از یک هفته گیاهچه های یکنواخت انتخاب شده و به گلدانها منتقل گشتند. در هر گلدان ۱۵ عدد گیاهک کاشته شد. گلدانها به صورت هفتگی با یک چهارم غلظت محلول هوگلند-آرنون آبیاری شد. همچنین در صورت لزوم از آب معمولی استفاده گردید. محلول هوگلند-آرنون کامل از ۱ میلی لیتر فسفات دی هیدروژن پتاسیم (KH_2PO_4) یک مولار، ۵ میلی لیتر نیترات پتاسیم (KNO_3)یک مولار، ۵ میلی لیتر نیترات کلسیم $Ca(NO_3)_2$ یک مولار، ۲ میلی لیتر سولفات منیزیم $MgSO_4$ یک مولار، ۱ میلی لیتر تارتارات آهن ۵٪ و ۱ میلی لیتر عناصر میکرو فاقد آهن، تهیه شد (*حق نیا* و *ریاضی همدانی*۱۹۸۹).

گیاهچه های موجود در پنج گلدان حاوی خاک سترون و پنج گلدان حاوی خاک طبیعی غیرسترون پس از گذشت دو هفته رشد، براساس روش *کیانمهر* (۱۹۹۲)، با استفاده از ریشه پوآی آلوده به میکوریز مایه کوبی شدند. به این ترتیب که ابتدا ریشه های گیاه از طبیعت جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شد، سپس شدت آلودگی ریشه براساس روش *بیرمن* و *لیندرمن* (Biermann & Linderman 1983) اندازه گیری گردید (میزان آلودگی ۳۰٪ بود).

۲۰ گرم ریشه گیاه پوآ که آلوده به میکوریز بود کاملاً شستشو داده شد و با محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شد. ریشه ها به کمک قیچی سترون به قطعات ریز تقسیم شد و با هاون چینی له شدند. سپس سوسپانسیونی از آنها به کمک آب مقطر سترون تهیه شد (حجم ریشه ها توسط آب مقطر به ۵۰۰ سانتی متر مکعب رسانده شد). به هر گیاهک ۵ سانتی متر مکعب مایه اضافه گردید. لازم به ذکر است که در هر گلدان فقط ۱۰ گیاهک را نگهداری کرده و گیاهکهای اضافی خارج شد. به هر یک از گیاهچه های ۱۰ گلدان دیگر فقط ۵ سانتی متر مکعب آب مقطر به عنوان شاهد اضافه گردید. به این ترتیب چهار تیمار به شرح زیر آماده شد:

۱) گلدانهای حاوی خاک سترون، مایه زنی نشده به عنوان شاهد
۲) گلدانهای حاوی خاک سترون، مایه زنی شده
۳) گلدانهای حاوی خاک طبیعی و غیرسترون، مایه زنی شده
۴) گلدانهای حاوی خاک طبیعی و غیرسترون، مایه زنی نشده

پس از سه ماه رشد، گیاهان برداشت شدند. از هر گلدان شش گیاه به طور تصادفی انتخاب شد. برای هر گیاه تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک

اندام هوایی، وزن خشک کل گیاه، میزان فسفر موجود در بافت گیاهی (M.A.F.F. 1986) و میزان فسفر قابل جذب خاک، قبل و بعد از آزمایش (Page 1982) اندازه گیری شد. سپس با استفاده از نرم افزار Mstat-C آزمون آنالیز واریانس (Anova) برای مقایسه میانگین شاخصهای رشد صورت گرفت و با کمک نرم افزار کواتروپرو نمودارهایی رسم گردید. در پایان، خاک سترون مایه زنی شده جهت تعیین گونه های همزیست، خاک شویی شد (Gerdeman & Nicolson 1963).

نتیجه و بحث

مقایسه میانگین ارتفاع، ماده خشک، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، میزان فسفر بافت گیاهی و میزان فسفر قابل جذب خاک در چهار تیمار مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است. همان گونه که مشاهده می شود، گیاهان در خاک سترون مایه زنی شده بیشترین ارتفاع و در خاک سترون مایه زنی نشده کمترین ارتفاع را دارند. همچنین ارتفاع گیاهان در خاک غیرسترون مایه زنی شده و خاک غیر سترون مایه زنی نشده بیشتر از خاک سترون مایه زنی نشده است. این اختلافها از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی دار است.

جدول ۱- شاخصهای رشد گیاهان پوآ در چهار تیمار مورد آزمایش (هر عدد میانگین مقادیر۶ شاخص رشد است)

تیمار	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک کل گیاه (گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	فسفر بافت گیاهی (٪)	فسفر قابل جذب خاک
خاک سترون مایه زنی نشده	۵	۱۲/۵۹	٪۴۷	٪۱۵	٪۶۱	۱۴/۰۶	۱۵/۱۴	۳۵/۸
خاک سترون مایه زنی شده	۱۲	۴۵/۷۲	۰/۱۲۷	۰/۱۶	۰/۲۸	۲۱/۸۱	۵۵/۵۱	۳۲/۹
هاک غیر سترون مایه زنی شده	۸	۲۲/۷۳	۰/۱۱۵	٪۵	۰/۱۷	۱۹/۰۴	۲۲/۹۲	۳۱
خاك غیر سترون مایه زنی	٦	۱۷/٤۳	٪۸۸	٪۲۵	۰/۱۳	۱۷/۲۳	۲۱/۳	۳۱/۳

روند تغییرات ماده خشک، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ و میزان فسفر بافت گیاهی در هر چهار تیمار تا حدود زیادی مشابه روند تغییرهای ارتفاع می باشد. این نتایج حاکی از آن است که اضافه کردن مایه به طور قابل ملاحظه ای باعث رشد گیاه شده است. از طرف دیگر سطح فسفر قابل جذب خاک در گیاهان میکوریزه پایین تر از گیاهان غیرمیکوریزه است.

نتیجه تحقیقات دیگر محققان (Vosatka 1995) نشان داد که میکوریز VA باعث جذب بهتر عناصر غذایی، به ویژه عناصر غیرمتحرک به گیاه می شود، قدرت گیاه را در مقابل خشکی افزایش داده و نسبت به بیماریها مقاوم می سازد، بنابراین امکان رشد بهتری برای گیاه وجود دارد. از طرفی در خاک کاملاً سترون، نیتروژن معدنی و فسفر در حد بالایی وجود دارد ولی به علت عدم وجود میکروارگانیسمها امکان استفاده گیاه از آنها کمتر است. به همین دلیل میزان رشد گیاه در خاکهای سترون نسبت به خاکهای مایه زنی شده و حتی طبیعی مایه زنی نشده بسیار کمتر است (Safir 1987). رشد گیاه شامل افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل گیاه، تعداد برگ و سطح برگ می گردد که در این تحقیق تمامی موارد فوق مشاهده شد.

تحقیقات *گردمان* (Gerdeman 1965) نشان داد که مایه زنی با قارچهای VAM موجب افزایش رشد گیاه ذرت (*Zea mays*) می گردد و این افزایش رشد شامل افزایش ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی گیاهان میکوریزه نسبت به گیاهان غیر میکوریزه است. حتی عمل مایه زنی می تواند وزن خشک اندام هوایی را تا دو برابر افزایش دهد (Khan 1971,Saif & Khan 1977, Powell 1979).گلدهی سریعتر، افزایش در تعداد گلها به همراه افزایش وزن اندام هوایی و وزن کل گیاه، اثرات مثبتی است که مایه زنی با قارچ VAM روی گیاه دارد (Aboul-Nasr 1996) گیاهانی که ریشه آنها با قارچهای میکوریزی همراه است اغلب دارای میزان رشد و مواد معدنی بالاتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزه می باشند (Al-Karaki & Clark 1998).

در گیاهان مرتعی مانند سلمکی (*Atriplex*) و *Chrysothamnus navseosus* عمل مایه زنی با دو قارچ *Glomus mossea* و *G. fasciculatum* باعث افزایش رشد و بقا می شود (کوچکی و همکاران ۱۹۹۵).

همچنین تعداد برگ و سطح برگ در گیاهان میکوریزه بالاتر از گیاهان غیر میکوریزه است(Clark & Mosse 1981 و Matsubara *et al.* 1995, Khanizadeh *et al.* 1995). میکوریز VA باعث افزایش جذب فسفر می گردد. بنابراین میزان فسفر در گیاهان میکوریزی بالاتر از گیاهان غیر میکوریزی است و به همراه آن میزان فسفر خاک در این گیاهان کمتر است. *آزکون* و *اکامپو* (Azcon & Ocampo 1981) روی گندم، *اکهارد* و همکاران (Eckhard *et al.* 1992)

روی شبدر، *کیائو - لین* و همکاران (Xiao-Lin *et al.* 1992) روی *Agropyron*، *کیانمهر* روی لوپن (۱۹۹۶) در تحقیقات خود چنین نتایجی را نیز به دست آورده اند. همچنین می توان به تحقیقات *طرفدار* و *پراویـن* (Tarafdar & Praveen 1996) *بیرمن* و *لیندرمن* (Lindermann 1983) (Biermann &، محمد و همکاران (Mohammad *et al.* 1998) *دی* و *آلن*(Di & Allen (1991، *کویید* و *لی* (Koide & Li 1991) اشاره کرد. در این تحقیق نیز نتایجی مشابه با تحقیقهای بالا به دست آمده است.

میزان آلودگی ریشه و همچنین جمعیت هاگ در گیاهان مایه زنی شده بیشتر از گیاهانی است که مایه زنی در مورد آنها صورت نگرفته است(Menge *et al.* 1978, Hamel *et al.* 1991, Nadian *et al.* 1996, Clark & Mosse 1981).

تحقیقات *برتا* و همکاران (Berta *et al.* 1990) روی گیاه تره فرنگی نشان داد که در گیاهان میکوریزی، نسبت ریشه به اندام هوایی (root/shoot) اغلب پایین تر از گیاهان غیرمیکوریزی است و ریشه ها کوتاهتر، منشعب و متعدد می شوند ولی میزان رشد ریشه در گیاهان پوآی میکوریزی در سطح بالاتری از گیاهان پوآی غیر میکوریزی قرار داشت که می توان دلیل آن را ساختار ریشه در گیاه پوآ دانست، زیرا گیاه در قسمت یقه متورم و پیاز مانند است و از این قسمت پیاز مانند تعداد بسیار زیادی ریشه تولید می کند. این ریشه ها انبوه و افشان می باشند. از طرفی با انجام عمل مایه زنی و افزایش رشدی که در گیاهان مشاهده شده

افزایش قابل توجهی نیز در تعداد بخشهای پیاز مانند به وجود آمد که به همراه آن افزایش ریشه را به همراه داشت.

در این تحقیق، خاکشویی خاک سترون مایه زنی شده نشان داد که احتمالاً سه گونه قارچ VAM متعلق به جنس *Glomus* همزیست با گیاه پوآ هستند و با توجه به این مسئله می توان گفت که گونه های گلوموس مهمترین قارچهای همزیست با ریشه گیاهان علفی به حساب می آیند (Shivcharn 1992).

نشانی نگارندگان: لیلی صفایی، اصفهان، بلوار کشاورز، شهرک امیر حمزه، مرکز تحقیقات کشاورزی، دکتر هرمزد یارکیانمهر، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد و محمد حاجیان شهری، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خراسان، مشهد.

THE SYMBIOSIS EFFECT OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZA ON GROWTH OF *POA BULBOSA* (BULBOS BLUE GRASS)

L. SAFAII, H. KIANMEHR and M. HAJIAN SHAHRI

Department of Biology, Ferdowsi University

Received 21/12/1999 Accepted 17/04/ 2001

Inoculation experiments were carried out in pot culture to determine the effects of VA fungi on the growth of *Poa bulbosa*. In this experiment, four treatments were used: 1. Strile soil without inoculation, 2. Strile soil plus inoculum, 3. Natural soil plus inoculum, and 4. Natural soil without inoculation. Inoculum was prepared from a suspension of mycorrhizal roots of Poa plants (Root colonization was at 30 percent level). Plants were harvested after three months. Inoculation of mycorrhizal plants showed increase in growth. The level of phosphorus was also high in inoculated plants compard with non-inoculated plants. Available phosphorus levels in inoculated soils were the lowest, which indicated increasing phosphorus uptake by inoculated plants. In addition, three species of *Glomus* were extracted from second treatment (strile soil plus inoculum). This matter indicated the direct relationship between these and colonization of roots.

Key words: Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza, *Poa bulbosa*

References

ABOUL-NASR, A. 1996. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on *Tagets erecta* and *Zinnia elegans*. Mycorrhiza 6: 61-64.

AL-KARAKI, G. and CLARK, R. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21: 263-276

AZCON, R. and OCAMPO, G. A. 1981. Factors affection the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. New Phytologist 87: 677-685.

BERTA, G., FUSCONI, A., TROTTA, A. and SCANNERINI, S. 1990. Morphogenetic modification induced by the mycorrhizal fungus *Glomus* strain E3 in the roots system of *Allium porrum* L. New Phytologist 114: 207-215.

BIERMANN, B. and LINDERMANN, R. G. 1983. Use of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots, intraradical vesicles and extraradical vesicles as inoculum. New Phytologist 95: 97-105.

BOYETCHKO, S. M. and TEWARI. J. P. 1990. Root colonization of different hosts by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. Plant and Soil 129: 131-136.

CLAPPERTON, M. and REID, M. A. 1992. A relationship between plant growth and increasing VA mycorrhizal inoculum density. New Phytologist 120: 227-234.

CLARK, C. and MOSSE, B. 1981. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XII. Field inoculation responses of barley at two soil P levels. New Phytologist 87: 695-703.

DI, J. and ALLEN, J. E. B. 1991. Physiological responses of 6 wheat cultivars to mycorrhizae. J. Range. Manage 44: 336-341.

ECKHARA, G. VETTERLEIN, K. V., VETTEREIND, D., GORGUS, E. and MARSCHNER, H. 1992. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. Can. J. Bot. 70: 2130-2137.

GERDEMAN, J. W. and NICOLSON, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 49: 235-244.

GERDEMAN. J. W. 1965. Vesicular-arbuscular Mycorrhizae formed on maize and tulip tree by Endogone fasciculata. Mycologia 57: 562-575.

HAGNIA, G. H. and RIAZI HAMEDANI, A. 1989. Principles and perspectives of plant nutrition. Tehran University Press. 810pp.

HAMEL, C., NESSER, C., BARRANTES-CATRIN, V. and SMITH, D. L. 1991. Enodomycorrhizal fungal species mediate N transfer from soybean to maize in non-fumigated soil. Plant and Soil 138: 41-47.

JAGPAL, R., RANI, R., BALI, N. and MUKERJI, K. G. 1987. Morphology and taxonomy of endomycorrhizal fungi. *In*: Mycorrhiza round table proceedings of a workshop held in New Delhi. 190-120, 13-15 March.

KHAN, A. 1971. Occurrence of Endogone spore in West Pakistan soils. Trans. Br. Mycol. Soc. 56: 217.

KHANIZADEH, S.,HAMEL,C., KIANMER, H., BUSZARD, D. and SMITH, D. L. 1995. Effect of three vesicular-arbuscular mycorrhizae species and phosphorus on reproductive and vegetative growth of three strawberry cultivars. Journal of Plant Nutrition 18: 1073-1079.

KIANMEHR, H. 1992. The effect of vesticular-arbuscular mycorrhiza association of growth of *Festuca ovina* L. in irradiated soils. Iran. J. Plant Path. 28: 27-36 (in Farsi with English summary).

KIANMEHR, H. 1996. Mycorrhiza symbiosis in *Lopinus albus* L. and relation with Rhizobium. Research and Reconstruction 31: 56-58 (in Farsi with English summary).

KOCHEKI, A., ALIKHANI, A., NASIRI, M. and KHIABANI, H. 1995. Exploitation from Pastur. Mashhad University Press. 834pp. (In Farsi).

KOIDE, R. and LI, M. 1991. Mycorrhizal fungi and the nutrient ecology of three old field annual plant species. Oecologyia 85: 403-412.

MINISTRY OF AGRICULTURE FISHING AND FOOD (M.A.F.F.). 1986. The analysis of agricultural materials. Reference book 472. HMSO. London.

MATSUBARA, Y., TAMURA, H. and HARADA, T. 1995. Growth enhancement and *Verticillium* wilt control by vesicular-arbuscular mycorhizal fungus inoculation in eggplant. Journal of the Japanese Society of Horticultural Science 64: 555-561.

MENGE, J. A. STEIRLE, O., BAGYARAJ, D. J., JOHNSON, E. L. V. and LEONARD, R. T. 1978. Phosphorus concentrations in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. New Phytologist 80: 575-578.

MOHAMMAD, M. J., PAN, W. I. and KENNEDY, A. 1998. Seasonal mycorrhiza colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dryland conditions. Mycorrhiza 8: 139-144.

NADIAN, D., SMITH, S., ALSTON, A. and MURRAY, R. 1996. The effect of soil compaction on growth and P uptake by *Trifolium subterraneum*: interactions with mycorrhizal colonization. Plant and Soil 182: 39-49.

PAGE, A. L. 1982. Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison. USA.

POWELL. C. 1979. Inoculation of white clover and ryegrass seed with mycorrhizal fungi. New Phytologist 83: 810.

POWELL, L. 1981. Inoculation of barley with efficient mycorrhizal fungi stimulated seed yield. Plant and Soil 59: 487-489.

RABATIN, S. 1979. Seasonal and edaphic variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of grasses by *Glomus tenuis.* New Phytologist 83: 95-102.

SAFIR, G. R. 1987. Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. CRC Press.

SAIF, S. and KHAN, A. G. 1977. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal association on growth of cereals. III. Effects on barely growth. Plant and Soil 47: 17-26.

SHIVCHARN, S. D. 1992. Evidence for host mycorrhizal preference in native grassland species. Mycologia 95: 359-362.

TARAFDAR, J. C. and PRAVEEN, K. 1996. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on crop tree and grasses grown in an arid environment. Journal of Arid Environments 34: 197-203.

VOSATKA, M. 1995. Influence of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and mycorrhizal infection of transplanted onion. Agriculture Ecosystems and Environments 53: 151-159.

XIAO-LIN, L., ECKHARD, G., MARSCHNER, H. and ZHANG, J. 1997. Phosphorus acquisition from compacted soil by hyphae of a mycorrhizal fungus associated with red clover (*Trifolium pratense*). Can. J. Bot. 75: 723-729.

Addresses of the authors: L. SAFAII , Agricultural Research Center, Amir Hamzeh Township, Keshavarz Blvd., Isfahan, Iran; Dr. H. KIANMEHR, Department

of Biology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, and M. HAJIAN SHAHRI, Khorassan Research Center of Rangeland and Livestock, Mashhad, Iran.