



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

دانشکده کشاورزی

گروه علوم باغبانی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی - علوم باغبانی

تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus intraradices*) بر مقاومت به خشکی  
دانهال های پسته رقم 'بادامی ریز زرنند'

استاد راهنما:

دکتر محمد حسین شمشیری

استادان مشاور:

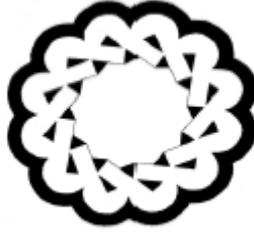
دکتر حمیدرضا کریمی

دکتر سید حسین میردهقان

دانشجو:

منیره بختیاری اسفندقه

اسفند ۸۹



دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

دانشکده کشاورزی  
گروه باغبانی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی - علوم باغبانی  
منیره بختیاری اسفندقه  
تحت عنوان

تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus intraradices*) بر مقاومت  
به خشکی دانه‌های پسته رقم 'بادامی ریز زرنده'

در تاریخ ..... توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.

- |    |                          |                         |                        |       |
|----|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|
| ۱- | استاد راهنمای پایان نامه | دکتر محمد حسین شمشیری   | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |
| ۲- | استاد مشاور پایان نامه   | دکتر حمیدرضا کریمی      | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |
| ۳- | استاد مشاور پایان نامه   | دکتر سیدحسین میردهقان   | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |
| ۴- | استاد داور داخل گروه     | دکتر مجید اسماعیلی زاده | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |
| ۵- | استاد داور داخل گروه     | دکتر حمیدرضا روستا      | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |
| ۶- | نماینده تحصیلات تکمیلی   | دکتر محبوبه سعیدی       | با مرتبه علمی استادیار | امضاء |

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های  
ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه  
ولی عصر (عج) رفسنجان است.

ممنون و سپاسگزارم از:

- ❖ پروردگار مهربانم که کرانه رحمتش را پایانی نیست.
- ❖ پدر و مادر عزیزم که هر چه دارم از آنهاست.
- ❖ استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر شمشیری بفاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در طول پروژه.
- ❖ اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقایان دکتر کریمی و دکتر میردهقان که مق مشاوره را برای اینجانب به کمال رساندند.
- ❖ دوستان و هم اتاقی‌های بسیار عزیزم سرکار خانم‌ها پورایزدی ، جزایری و یزدانی که جزء انسان‌های فراموش نشدنی زندگی‌ام هستند.
- ❖ مسئول متمرکز آزمایشگاه جناب آقای مهندس باقری بفاطر تمامی کمک‌های دلسوزانه‌شان.
- ❖ برادرانم و خواهرم که هیچگاه کمک‌های بی دریغشان را فراموش نخواهم کرد.

تقدیم بہ:

ہمسر مہربانہ

کہ وجودہ با وجود او معنا می‌گیرد.

## اثر قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus intraradices*) بر مقاومت به خشکی دانهال‌های پسته رقم "بادامی ریز زرنده"

### چکیده:

به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز بر روی پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی گیاهان پسته رقم "بادامی ریز زرنده" در شرایط تنش خشکی، آزمایش گلخانه‌ای با دو فاکتور شامل میکوریز (در دو سطح بدون میکوریز به عنوان شاهد و *G. intraradices*) و چهار سطح تنش خشکی (شامل دور آبیاری یکروز در میان به عنوان شاهد، سه روز در میان، شش روز در میان و ده روز در میان) در چهار تکرار انجام پذیرفت. بذور جوانه دار شده در مخلوط خاکی که به نسبت ۲:۱ از خاک مزرعه و ماسه که به میزان ۴ کیلوگرم در هر گلدان ریخته شده بود کاشته شدند. به نیمی از گلدان‌ها حدود ۱۵۰ گرم از مایه تلقیح میکوریزی که شامل قطعات ریشه ذرت میکوریزایی و خاک بود اضافه گردید. در مدت ۵ ماه رشد گیاهان، از آب مقطر برای آبیاری استفاده شد و پس از انجام تست آلودگی، چهار سطح تنش خشکی به مدت ۲ ماه انجام و گلدان‌ها بصورت وزنی تا حد ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. نتایج نشان داد که خصوصیات رویشی مانند ارتفاع ساقه، سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه با افزایش سطوح خشکی بطور معنی‌داری کاهش یافتند. تحت شرایط خشکی میزان فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس در گیاهان پسته کاهش یافت. روابط آبی گیاهان تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت اما گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز روابط آبی بهتری نشان دادند. در پاسخ به تنش خشکی، فرایندهای تنظیم کننده اسمزی در گیاهان پسته فعال و میزان پرولین، فندهای محلول و ترکیبات فنولی در برگ گیاهان افزایش یافت اما از میزان پروتئین کاسته شد. کاربرد میکوریز بطور قابل ملاحظه‌ای رشد و عملکرد گیاهان را در شرایط خشکی افزایش داد و باعث افزایش جذب عناصر فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن و روی در دانهال‌های پسته گردید. نتایج نشان داد که غلظت پرولین و فندهای محلول در گیاهان میکوریزی کمتر از گیاهان بدون میکوریز بود که این نشان دهنده اثر میکوریز در اجتناب از شرایط تنش است. همچنین تنش خشکی باعث کاهش رنگیزه‌های گیاهی و افزایش کارتنوئیدها گردید.

واژگان کلیدی: پسته، قارچ میکوریز، تنش خشکی

## فصل اول

بر خلاف جانوران، گیاهان به علت حضور ثابت در یک مکان ناچار به تحمل تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری، گرما و سرما هستند، از سوی دیگر تنش‌های محیطی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده الگوی پراکنش گیاهان در سطح جهان می‌باشند و تنش خشکی نیز به سهم خود

تعیین کننده بخشی از این پراکنش است. با توجه به محدودیت‌های شدید منابع آبی در اکثر مناطق کشور، تنش خشکی به عنوان مهمترین تنش تاثیرگذار بر گیاهان زراعی معرفی شده است، بطوریکه به تنهایی مسبب ۴۵ درصد از کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌باشد (احمدزاده، ۱۳۷۶).

## ۱-۱- تنش خشکی و نقش آب در کشاورزی :

تنش به عنوان کاهش رشد کمی یا کیفی یک گیاه خاص تعریف می‌شود که در اثر تغییرات خارج از دامنه مطلوب عوامل محیطی ایجاد می‌شود. پاسخ به شرایط کمبود آب به گونه و رقم گیاهی، طول و مدت تنش خشکی، سن و مرحله نموی گیاه، بستگی دارد (لویت و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۸۰). به دلیل کمی ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در ایران، کشور ما در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. از طرف دیگر، به دلیل رشد جمعیت، توسعه بهداشت و گسترش بخش‌های کشاورزی و صنعت و مواردی از این دست، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده و این امر موجب زیاد شدن شکاف میان عرضه و تقاضای این ماده ارزشمند در آینده خواهد شد (علیزاده، ۱۳۸۲). متأسفانه استان کرمان هم از پدیده خشکسالی مستثنی نبوده و به دلیل ده سال خشکسالی پیاپی به یکی از بحرانی‌ترین استان‌های کشور در خصوص کم آبی تبدیل شده است. نکته نگران کننده در این استان برداشت منفی از منابع آب زیرزمینی و کاهش سطح منابع آبی و حفر غیرمجاز چاه‌های آب می‌باشد. افزایش سریع سطح زیر کشت پسته به عنوان مهمترین محصول کشاورزی استان کرمان در قسمت‌های شمالی و غربی استان کرمان که جزو نواحی کویری کشور محسوب می‌شوند و افت شدید سطح منابع آب زیر زمینی، سرمایه گذاری‌های صورت گرفته در زمینه احداث چند صد هزار هکتار باغ پسته از بین رفته و با توجه به نیاز بالای آب در این مناطق استان و اهمیت ویژه پسته برای کشور، توجه به مسئله کاهش اثرهای پدیده خشکسالی و استفاده بهینه از منابع آب بیش از پیش احساس می‌شود (میرزایی خلیل‌آبادی، ۱۳۷۶). یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش‌های

---

<sup>۱</sup>-Levitt et al.

خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته، استفاده از قارچ‌های همزیست ریشه است. قارچ‌های میکوریز باعث افزایش سطح جذب ریشه می‌شوند که به گیاه میزبان کمک می‌کند تا میزان آب بیشتری از خاک جذب نماید (رید<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). پسته از جمله گیاهانی است که دارای سیستم ریشه فرعی کمی می‌باشد و استفاده از قارچ‌های میکوریز در این گیاه باعث افزایش سطح جذب شده و مقاومت گیاه را به شرایط کم آبی افزایش خواهد داد.

#### ۱-۲- پسته:

پسته گیاهی است نیمه گرمسیری از خانواده Anacardiaceae با نام علمی (*Pistacia vera* L.) که در سال ۱۷۳۷ میلادی توسط لینه نامگذاری شده است. تشخیص گونه‌های پسته بر اساس مورفولوژی میوه و خصوصیات برگ صورت گرفته است (زوهاری<sup>۳</sup>، ۱۹۵۲). پسته گیاهی دوپایه و خزان کننده است که ریشه اصلی آن دارای رشد محوری و عمودی است و گاهی تا عمق بیش از شش متر در خاک نفوذ می‌کند. گل‌های نر حدوداً اواسط تا اواخر فروردین ماه به صورت خوشه‌ای ظاهر می‌شوند. گل‌های ماده نیز معمولاً چند روز پس از ظهور گل‌های نر ظاهر می‌شوند. هر یک از گل‌ها فاقد گلبرگ بوده و با کاسبرگ سبزرنگ احاطه شده و دارای ۵ پرچم کوتاه می‌باشد. میوه پسته بعد از تلقیح به سرعت رشد می‌کند و پس از طی دوره ۱۴۰ تا ۱۵۰ روز میوه کامل می‌شود. برگ‌ها مرکب و از ۳ تا ۵ برگچه تشکیل شده است.

میوه پسته از نوع شفت می‌باشد و غالباً به دو تیپ کلی دیده می‌شود:

۱- میوه‌های کشیده و دراز که به پسته بادامی مشهورند.

۲ - میوه‌های گرد و کروی که به پسته فندق‌ی موسومند.

مغز میوه پسته دارای ۵۰ تا ۶۰ درصد چربی، ۱۸ تا ۲۲ درصد پروتئین و ۱۶ تا ۱۷ درصد قند می‌باشد (بهبودیان و همکاران، ۱۳۷۵).

---

<sup>۲</sup>-Read

<sup>۳</sup>-Zohary

## ۱-۲-۱- اهمیت اقتصادی پسته

پسته به عنوان یکی از مهمترین محصولات باغی و اقلام صادراتی کشور از اهمیت اقتصادی و تجاری زیادی برخوردار است. اهمیت پسته نه تنها به عنوان منبع دائمی تهیه ارز، بلکه به لحاظ محدودیت مناطق پسته خیز در دنیا است که امکان رقابت با این محصول خیلی کمتر از سایر محصولات کشاورزی می‌باشد و به جرات می‌توان گفت که پسته ایران در میان معدود کشورهای تولید کننده پسته در جهان بی نظیر است. علاوه بر این، پسته به دلیل ویژگی‌های بالقوه‌ای که از نظر سازگاری با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک، مقاومت به خشکی و کم آبی دارد به عنوان مهمترین محصول اقتصادی برای بسیاری از مناطق کویری و خشک قابل توصیه است. پسته محصولی است که حدود ۸۰ درصد تولید آن صادر می‌شود و از نظر اقتصادی و ارزش آوری برای ایران حائز اهمیت است. ۶۰ تا ۶۵ درصد میزان سطح زیر کشت جهانی این محصول در اختیار ایران است و برای حفظ موقعیت جهانی پسته باید میزان عملکرد در واحد سطح را افزایش داد. در چند سال گذشته شاهد کاهش صادرات پسته به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی بودیم اما پیش‌بینی می‌شود که تولید پسته در ایران تا سال ۲۰۱۴ به حدود ۴۰۵ هزار تن برسد (امامی میبیدی، ۱۳۸۶).

## ۱-۳-۱- همزیستی میکوریز :

### ۱-۳-۱- تاریخچه

واژه یونانی میکوریز از دو واژه میکو<sup>۴</sup> به معنای قارچ و ریزا<sup>۵</sup> به معنای ریشه است. مطالعه روی ساختار میکوریز اولین بار توسط آنگر<sup>۶</sup> در سال ۱۸۸۵ صورت گرفت (سفیر و همکاران<sup>۷</sup>، ۱۹۷۲). این قارچ‌ها از ارتباط متقابل و سودمندی با ریشه‌های گیاهان برخوردارند. ریشه‌های گیاه مواد آلی لازم را به قارچ منتقل می‌کند و قارچ هم در انتقال عناصر غذایی و آب به ریشه گیاه کمک می‌کند.

---

<sup>۴</sup>-Myco

<sup>۵</sup>-Rhiza

<sup>۶</sup>-Aunger

<sup>۷</sup>-Safir *et al.*

ریسه‌هایی که در خارج ریشه های گیاه رشد می‌کنند به مناطق ورای دسترسی ریشه می‌رسند و به جذب عناصر غذایی و انتقال آنها به گیاه بویژه در انتقال یون‌های کم تحرک مثل فسفات، روی، مس و مولیبدن کمک می‌کنند. بیشترین اثر سود آور قارچ های میکوریزایی، بهبود وضع تغذیه گیاه میزبان بخصوص در مورد فسفر است. این قارچ‌ها در خاک‌هایی که غلظت عناصر غذایی آنها (بویژه فسفر) کم تا متوسط باشد قادرند نیاز فسفوری گیاه میزبان را تامین کنند به طوری که نیازی به مصرف کودهای شیمیایی فسفره نباشد. از این رو به قارچ های میکوریزا، کود بیولوژیکی نیز گفته می‌شود (آیوج<sup>۸</sup>، ۲۰۰۰).

### ۱-۳-۲- طبقه بندی میکوریز:

دو نوع اساسی از میکوریز عبارتند از: اکتومیکوریز (میکوریز بیرونی)<sup>۹</sup> و اندومیکوریز (میکوریز درونی)<sup>۱۰</sup>.

رایج ترین نوع میکوریز درونی که در بیشتر گیاهان در جهان دیده می‌شود، میکوریزای نوع آربوسکولار AM<sup>۱۱</sup> است. ریشه AM با رشد در بین و داخل سلول های کورتکس ریشه، ساختار بسیار منشعب درخت مانندی را به نام آربوسکول ( به معنی درخت پاکوتاه ) ایجاد می‌کند. عمر هر آربوسکول بین ۷-۱۴ روز است و پس از این مدت آربوسکول تخریب و جذب سلول گیاهی می‌شود. هرکدام از شاخه‌های آربوسکول توسط غشای پلاسمایی سلول میزبان در بر گرفته می‌شود از این رو ضمن اینکه ریشه به داخل سلول میزبان نفوذ می‌کند ولی به پروتوپلاسم سلول مورد نظر حمله‌ور نمی‌شود. نقش اصلی آربوسکول این است که سطح تماس ریشه با سلول را ۲-۳ برابر افزایش می‌دهد..

---

<sup>۸</sup>-Auge

<sup>۹</sup>-Ecto mycorrhizae

<sup>۱۰</sup>-Endo mycorrhizae

<sup>۱۱</sup>-Arbuscular mycorrhizae

قارچ های میکوریز آربوسکولار جزء سلسله *Glomeromycota* و در دسته *Glomerales* می باشند، که شامل سه خانواده *Gigasporaceae*، *Glomaceae*، *Acaulosporaceae* و شش جنس می باشند.

#### ۴-۱- اهداف اجرای تحقیق

در همین راستا پژوهش حاضر با اهداف زیر به اجرا درآمد:

- ۱- بررسی تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار بر رشد دانه‌های پسته در شرایط تنش خشکی
- ۲- بررسی نقش قارچ میکوریز آربوسکولار در جذب عناصر غذایی توسط پسته تحت شرایط تنش خشکی
- ۳- بررسی مکانیسم‌های ایجاد مقاومت به خشکی در دانه‌های پسته میکوریزی

## فصل دوم

### ۱-۲- نقش میکوریز در کشاورزی

طی سال‌های اخیر تغییر در رژیم غذایی مردم موجب بالا رفتن مصرف میوه‌های تازه و سبزی‌ها شده است. از طرفی همگام با افزایش جمعیت جهان بایستی میزان تولیدات کشاورزی و مواد غذایی افزایش یابد. جهت افزایش تولید از روش‌های گوناگون مانند کاربرد کودهای شیمیایی و اصلاح ژنتیکی گیاهان استفاده شده است، اما بکارگیری مستمر و زیاد کودهای شیمیایی موجب افزایش هزینه‌ی تولید و تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود که این خود باعث تغییر در تعادل اکولوژیک خاک می‌گردد. امروزه به منظور حل این معضل از روش‌های بیولوژیک از جمله

همزیستی ریشه گیاهان با میکروارگانیزمها استفاده می‌کنند که یکی از مهمترین آنها همزیستی ریشه گیاهان با قارچ های میکوریز است. اهمیت بررسی و تحقیق در زمینه میکوریز به علت نقش موثر این نوع همزیستی در اقتصاد کشاورزی است ( زارع فیض آبادی، ۱۳۷۹).

قارچ‌های میکوریز نقش کلیدی در چرخه عناصر غذایی در اکوسیستم، مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی و افزایش فتوسنتز گیاهان داشته و عمدتاً با ریشه‌های باریک و تغذیه کننده ارتباط برقرار می‌کنند. میکوریز یک رابطه‌ی مسالمت آمیز از نوع همزیستی است که فواید زیادی برای گیاه و جامعه گیاهی دارد، اهمیت میکوریز در جذب عناصر غذایی مورد نیاز بویژه فسفر که اغلب خاک‌ها با کمبود آن مواجه هستند می‌باشد. آنها به ریشه‌ی گیاه نفوذ کرده و ریشه خود را در خاک گسترش می‌دهند، به این ترتیب سطح تماس ریشه با خاک را افزایش داده و عناصر غذایی مورد نیاز و آب را در قبال دریافت ترکیبات کربنی که خود قادر به سنتز آنها نیست در اختیار گیاه قرار می‌دهد. یکی از استراتژی‌هایی که گیاهان برای اجتناب از شرایط نامساعد خاک از نظر آب و کمبود مواد غذایی بکار می‌برند افزایش سطح تماس ریشه توسط میکوریز است (آزکون و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۳).

## ۲-۲- جذب فسفر:

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است. این عنصر در تشکیل گل و دانه بندی گیاهان حایز اهمیت است، همچنین یکی از مهمترین عناصر غذایی در تولید محصول به شمار می‌آید. فسفر در فرایندهای بیوشیمیایی زیادی دخالت دارد و به عنوان بخشی از اسیدهای نوکلئیک، نقش ویژه دارد. بنابراین استفاده کارآمد از کودهای فسفر یکی از مدیریت‌ها و ضرورت‌های کشاورزی مدرن به شمار آمده و یکی از پایه های اساسی کشاورزی پایدار را تشکیل می‌دهد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). از جمله روش‌های بالقوه به منظور استفاده کارآمد از فسفر، کاربرد مناسب قارچ های میکوریز می‌باشد. این قارچ‌ها با ریشه گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به درون سلول های کورتکس راه می‌یابند و در عین حال با گسترش ریشه خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر را که از تحرک اندکی برخوردار است افزایش می‌دهند و به این ترتیب فسفر غیر قابل جذب در خاک را به صورت فسفر قابل استفاده برای گیاه در می‌آورند (کاکس و تینکر<sup>۱۳</sup>، ۱۹۷۸).

<sup>۱۲</sup>-Azcon

<sup>۱۳</sup>-Cox and Tinker

در بررسی اثر قارچ‌های میکوریز بر روی کارایی جذب فسفر مشخص گردید که بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ از لحاظ این صفت تفاوت بسیار وجود دارد. به طور کلی کاربرد قارچ سبب افزایش کارایی جذب فسفر نسبت به عدم کاربرد آن گردید. در تفسیر این نتیجه می‌توان اظهار نمود که قارچ از طریق انشعابات میسلومی و ریشه‌ای خود سبب توسعه ریشه گیاه شده و از این طریق امکان استفاده ریشه گیاه از ریزوسفر را گسترده‌تر می‌کند (رید و بوون<sup>۱۴</sup>، ۱۹۷۹). از طرف دیگر با تولید آنزیم فسفاتاز سبب تجزیه فسفات‌های آلی و پیروفسفات‌های غیرآلی شده و به ترتیب موجب فراهم کردن فسفر غیرقابل جذب برای گیاه گردیده است. (بارتلت و لوئیز<sup>۱۵</sup>، ۱۹۷۳).

عوامل متعددی می‌توانند بر توسعه‌ی همزیستی اثر بگذارند که از مهمترین آنها می‌توان به مقدار فسفر خاک اشاره کرد. سطوح بالای فسفر مانع برقراری همزیستی قارچ ریشه‌ای یا کاهش درصد آلودگی ریشه توسط قارچ‌های میکوریز می‌شوند (پاتیل و بوجاپا<sup>۱۶</sup>، ۱۹۸۴). تحقیقات گاه و همکاران<sup>۱۷</sup> (۱۹۹۷) نشان داد که نشاهای گوجه فرنگی آلوده به قارچ *Glumos mossea* در خاکی که فسفر پایینی داشته است بهتر از نشاهای غیرآلوده رشد کرده و گوجه فرنگی‌های میکوریزی وزن خشک بالاتری داشته‌اند. همچنین درصد بقا نشاهای میکوریزی بیشتر از غیر میکوریزی بوده و تعداد گره‌ها، شاخه‌های عمودی و برگ‌های گیاهان در نشاهای میکوریزی تقریباً دو برابر نشاهای غیر میکوریزی بوده است. در دو آزمایش گلخانه‌ای که توسط زاقلوئل و همکاران<sup>۱۸</sup> در سال ۱۹۹۶ انجام گرفت بذره‌های گندم با قارچ میکوریز *G. mossea* و باکتری حل‌کننده فسفات مایه زنی گردیدند، نتایج آزمایش نشان داد که گندم مایه زنی شده با قارچ میکوریز غلظت فسفر بیشتری نسبت به گندم مایه زنی شده با باکتری داشت. در آزمایش دیگری مایه زنی گندم با قارچ میکوریز جذب فسفر را ۱۵۴/۵ درصد نسبت به شاهد (بدون مایه زنی) افزایش داد. همزیستی گندم با قارچ‌های میکوریز سبب افزایش جذب فسفر خاک شد که میزان جذب به نوع خاک، تراکم و طول ریشه‌های قارچ، فعالیت فسفاتاز و مقدار فسفر موجود در خاک بستگی داشت. مطالعه و بررسی فعالیت فسفاتاز قارچ میکوریز در ریزوسفر گندم مایه زنی شده در دو حالت استفاده از فسفر آلی و معدنی نشان داد که در ریزوسفر، فعالیت فسفاتاز اسیدی بیشتر از فسفاتاز قلیایی بود و هردو آنزیم فراهم بودن فسفر آلی را برای گیاه مایه زنی شده با قارچ میکوریز افزایش دادند.

---

<sup>۱۴</sup>-Read and Bowen

<sup>۱۵</sup>-Bartlet and Lewis

<sup>۱۶</sup>-Patil and Bojappa

<sup>۱۷</sup>-Gah

<sup>۱۸</sup>-Zaghlouel

فسفر آلی درصد طول ریشه آلوده را افزایش داد. فعالیت فسفاتاز با طول ریشه قارچ همبستگی داشت و بیشترین فعالیت آن در هیپوسفر بود (ترفدار و مارشنر<sup>۱۹</sup>، ۱۹۹۴).

گرانر و همکاران<sup>۲۰</sup> در سال ۲۰۰۵ گزارش دادند که جذب فسفر در بسیاری از گیاهان زراعی بوسیله همزیستی با قارچ های میکوریز بهبود می یابد البته عملکرد مناسب نیاز به فراهم بودن فسفر کافی برای گیاه از خاک یا از فسفر اضافه شده به خاک دارد.

در آزمایشی که توسط توسلی و اصغرزاد در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت از غده پیاز در دو تیمار بصورت غده تیمار شده با میکوریز و نصف فسفر توصیه شده برای انجام آزمایش و غده بدون تیمار با قارچ و کاربرد کامل فسفر توصیه شده استفاده شد. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد غده در تیمارهای تلقیح شده با قارچ و کاربرد نصف فسفر توصیه شده بیشتر از کاربرد کامل فسفر توصیه شده ولی بدون تلقیح با قارچ است. بنابراین در وضعیت فسفر کم در خاک، تاثیر گذاری مثبت همزیستی میکوریز ممکن است جذب فسفر را بوسیله گیاه در اوایل فصل رشد افزایش دهد و در نتیجه پتانسیل تولید محصول را بهبود بخشیده و جایگزینی برای کاربرد کود فسفر اضافه شده به صورت کامل در اول رشد باشد. آنها اظهار داشتند که جهت تشویق همزیستی میکوریز حد آستانه فسفر محلول خاک که توسعه میکوریز را محدود می کند نبایستی زیاد باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که تلقیح نشاهای پیاز با قارچ های میکوریز می تواند با افزایش جذب عناصر غذایی به خصوص فسفر موجب افزایش عملکرد گیاهان گردد.

به نظر می رسد که، میکوریزها فسفر را از همان منبع جذب می کنند که ریشه های غیر آلوده جذب می نمایند، یعنی از محلول خاک. رد این مطلب که ریشه های میکوریزی منابع بیشتری از فسفر را بکار می گیرند تا ریشه های غیر میکوریزی، دشوار است. در میکوریزهای بیرونی، فعالیت زیاد فسفاتاز در سطح ریشه های قارچ ممکن است عامل دیگر برای افزایش حل پذیری و بکارگیری فسفر چسبیده به ترکیبات آلی باشد. آشکار نیست که آیا تفاوت های پ هاش محیط ریشه میان ریشه های میکوریزی و غیر میکوریزی، در جذب بیشتر فسفر از سوی ریشه های میکوریزی سهم دارند یا خیر (بولان و همکاران<sup>۲۱</sup>، ۱۹۸۴).

---

<sup>۱۹</sup>-Tarafdar and Marschener

<sup>۲۰</sup>-Grant

<sup>۲۱</sup>-Bolan *et al.*

در یک آزمایش که توسط صالحی و مرادی در سال ۲۰۰۸ انجام گرفت نقش قارچ میکوریز در سطوح مختلف فسفر (۰-۳۷) بر روی صفات رویشی نهال و جذب عناصر فسفر، روی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در نهال‌های پسته تحت شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح فسفر، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع نهال‌های پسته افزایش پیدا می‌کند، با این تفاوت که در نهال‌های میکوریزی تا سطح فسفر ۲۷/۸ میلی گرم بر کیلوگرم و در نهال‌های غیر میکوریزی تا سطح فسفر ۳۷ این افزایش وجود دارد. سطح فسفر ۲۷/۸ میلی گرم بر کیلوگرم بهترین سطح جهت آلودگی ریشه است. قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش غلظت عناصر P, K, Mg, Ca, Zn در ماده خشک ریشه و انتقال بهتر عناصر P, K و Zn به اندام‌های هوایی در مقایسه با نهال‌های شاهد شده‌اند. نتایج بدست آمده از این تحقیق همچنین مشخص می‌نماید که سطح فسفر ۲۷/۸ میلی گرم بر کیلوگرم، بهترین تاثیر را جهت بهبود کارایی همزیستی در رابطه با رشد نهال‌های پسته و جذب عناصر دارد.

هانی و نادمیان (۱۳۸۵) به منظور مقایسه تاثیر گونه گیاه و مقدار فسفر خاک بر وابستگی میکوریزی شبدر، سه عامل شامل قارچ (در دو سطح، کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی *Glomus intraradices*)، فسفر (در سه سطح ۰، ۵ و ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منبع  $KH_2PO_4$ ) و گونه شبدر، (شبدر زیرزمینی *Trifolium subterraneum*) و شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*) را مورد استفاده قرار دادند.

نتایج بدست آمده نشان داد که طول ریشه در دو گونه شبدر تفاوت داشت و در شبدر زیرزمینی طولانی تر از شبدر برسیم بود. درصد وابستگی میکوریزی و درصد آلودگی ریشه در شبدر برسیم بیشتر از شبدر زیرزمینی بود. ارتباط منفی بین افزایش میزان فسفر و درصد آلودگی ریشه و وابستگی میکوریزی مشاهده گردید بگونه‌ای که بیشترین درصد آلودگی ریشه در شبدر برسیم و در حالت عدم دریافت فسفر برابر ۵۵٪ و کمترین درصد آلودگی ریشه در حالت دریافت ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک و برابر ۸٪ بود. در حضور قارچ میکوریزی و افزایش غلظت فسفر در خاک وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به تیمار شاهد افزایش قابل توجه یافت ولی در غلظت‌های بالای فسفر (۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) این اختلاف ناچیز بود. همچنین در تیمارهای شاهد (بدون حضور قارچ و فسفر) وزن خشک ریشه در شبدر زیرزمینی بیشتر از شبدر برسیم بود. ارتباط معنی داری بین میزان پتاسیم در گیاه و میزان فسفر مصرفی و آلودگی قارچ میکوریزی مشاهده گردید.

## ۲-۳- سایر عناصر غذایی:

ازت دومین عنصری است که در همزیستی گیاه با قارچ میکوریز اهمیت فراوانی دارد. در ریشه گیاهان خانواده لگومینوز که در آنها همزیستی با باکتری *Bradyrhizobium japonica* وجود دارد اگر مایه زنی میکوریز هم صورت گیرد، اثر توام این دو میکروارگانیزم نه تنها جذب فسفر، ازت و پتاسیم را افزایش می‌دهد، بلکه میزان گره زایی و تثبیت ازت را نیز بهبود می‌بخشد (استریبلی<sup>۲۲</sup>، ۱۹۸۷). مایه زنی خاک زیر کشت گندم با قارچ میکوریز *Glomus mossea* سبب افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم اندام‌های هوایی گردید. نتایج آزمایشی که بوسیله زاقلوئل و همکاران در سال ۱۹۹۶ بدست آمد، نشان داد که همزیستی گندم با قارچ میکوریز سبب افزایش غلظت پتاسیم گیاه گردید. در همزیستی گیاه با قارچ میکوریز، میزان جذب عناصر غذایی تا حدود زیادی تحت تاثیر غلظت نسبی آنها در خاک قرار دارد. همزیستی قارچ‌های میکوریز با گیاهان بویژه در خاک‌هایی که مقدار فلزات سنگین در آنها بسیار کم است، سبب افزایش جذب این عناصر می‌شود (فودز و گرد من<sup>۲۳</sup>، ۱۹۷۸). میکوریز با افزایش پتاسیم و آهن برای گیاه میزبان متابولیسم و رشد آن را افزایش داده بطور مثال در تنش‌های شدید کم‌آبی کارایی جذب پتاسیم بسیار بیشتر از جذب پتاسیم در گیاه غیر همزیست در شرایط تنش ملایم است زیرا قارچ میکوریز به واسطه نقش مثبت در جذب و انتقال آب و همچنین جذب عناصر غذایی، در شرایط کمبود آب سبب بهبود رشد گیاه شده و از این طریق کارایی جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد (بوون<sup>۲۴</sup>، ۱۹۷۹). درباره جذب منیزیم و کلسیم توسط ریشه‌های خارجی میکوریز اطلاعات محدودی وجود دارد. تحقیقات نشان داده است که همزیستی میکوریز می‌تواند میزان منیزیم را در بافت گیاهی افزایش و یا کاهش دهد و یا تحت تاثیر قرار ندهد. در مطالعات محدودی هم نشان داده شده که ریشه‌های خارجی نقش مهمی در جذب منیزیم و کلسیم دارد، ولی هنوز مکانیسم‌های جزئی آن شناخته نشده است (میخاییل و استفانوس<sup>۲۵</sup>، ۱۹۹۷).

محققان مختلف نیز نشان داده‌اند که تلقیح قارچ‌های میکوریز به گیاهان، باعث افزایش وزن اندام‌های هوایی گیاه می‌شود که این افزایش وزن می‌تواند ناشی از تاثیر قارچ میکوریز بر جذب عناصر غذایی متعددی همچون نیتروژن، کلسیم، گوگرد، پتاسیم، مس و روی باشد (کاکس و تینکر، ۱۹۷۸).

<sup>۲۲</sup>-Stribley

<sup>۲۳</sup>-Phodes and Gerdman

<sup>۲۴</sup>-Bowen

<sup>۲۵</sup>-Mikhaeel and Estefanous